

TESI DOCTORAL

**ÚS DE WEARABLES I APLICACIONS MÒBILS DE
SALUT A L'ATENCIÓ PRIMÀRIA: EFECTIVITAT
PER A MODIFICAR EL COMPORTAMENT
SEDENTARI D'ADULTS AMB DIABETES TIPUS 2**

Francesc Alòs Colomer

Dirigida per:

Dra. Anna Puig-Ribera

Dr. Yoseba Cánovas Zaldúa

Programa de Doctorat en Cures Integrals i Serveis de Salut

2023



**ESCOLA
DE DOCTORAT**
UVIC-UCC



UNIVERSITAT DE VIC
UNIVERSITAT CENTRAL
DE CATALUNYA

Agraïments

Vull transmetre un agraïment especial a la Dra. Anna Puig-Ribera, directora de la tesi, per la seva confiança, suport en tot moment, paciència, perseverança, afecte i oferir-me aprenentatge constant.

Al Dr. Yoseba Cánovas Zaldúa, codirector de la tesi, pel seu suport constant, guiatge docent i assistencial. El més sincer agraïment als directors.

A la Dra. M Àngels Colomer per la seva professionalitat, experiència, suport metodològic i personal immens.

Al Dr. Carlos Martín per la seva experiència, capacitat de fer equip, per posar-me en contacte amb la Dra. Anna Puig-Ribera i fer possible la realització de la tesi.

Als meus pares i família, pel seu estímulo, estima incondicional i constant ajut, sense ells no hagués sigut possible.

Participants del projecte, pacients, companys de feina (infermers/-es, metges/-ses, administratius/-ves).

Membres del grup de recerca en Esport i Activitat Física (GREAF) en especial a la Dra. Judit Bort, pel seu suport en la línia d'investigació.

A l'Institut d'Investigació en Atenció Primària (IDIAP) Jordi Gol i en especial a la Fundació Red de Grupos de Estudio de la Diabetes en Atención Primaria de Salud (RedGDPS) pel suport i col·laboració en la línia de recerca..

A tots ells el més gran dels agraïments

Resum

Introducció. La diabetis tipus 2 (DM2) es una malaltia crònica altament prevalent, mortal i amb elevats costos sanitaris, socials i econòmics. La inactivitat física i el comportament sedentari (CS, romandre llargs períodes de temps assegut de forma perllongada) són dos dels principals factors de risc modificables que contribueixen al desenvolupament i control inadequat de la DM2. Malgrat presentar una baixa adherència a les recomanacions d'activitat física moderada i vigorosa i un major volum de CS en comparació a la població en general, el CS en adults amb DM2 no s'aborda habitualment a l'atenció primària de salut (APS). Els sensors wearables i els programes de salut mòbil o mHealth tenen el potencial de modificar la inactivitat física i CS de la població clínica. Tot i així, hi ha escassetat d'assajos clínics controlats que determinin l'eficàcia d'aquestes intervencions sobre variables clíniques.

Objectius. Objectiu principal: avaluar l'eficàcia d'un programa mHealth per a modificar el patró de CS d'adults amb DM2 des de la pràctica clínica a l'APS sobre variables clíniques. Objectius específics: (I) Estudi I. Descriure i identificar l'estat de l'art en tecnologia mòbil per modificar estils de vida inactius i sedentaris des de l'APS; (II) Estudi II. Dissenyar un protocol per avaluar l'eficàcia d'un programa mHealth prescrit des de l'APS per reduir i limitar el CS laboral, sobre l'activitat física, CS i variables clíniques en personal d'oficina amb DM2; (III). Estudi III. Identificar i caracteritzar els components principals del patró del CS d'adults amb DM2 en comparació amb adults sense DM2; (IV) Estudi IV. Desenvolupar un model matemàtic senzill per a la pràctica clínica que permeti la identificació precoç d'adults amb diagnòstic de DM2 o amb risc de presentar-la a partir de mesures objectives del patró de CS; (V) Estudi V. Avaluar la eficàcia del programa mHealth Walk@Work-App-Diab, prescrit des de l'APS- sobre les variables de control glucèmic, clíniques, activitat física i CS en persones amb DM2 que tenen feines d'oficina.

Metodologia. Estudi I. Revisió narrativa seguint els criteris de qualitat SANRA; Estudi II. Protocol d'estudi seguint les recomanacions per Intervention Trials (SPIRIT); Estudi III. Anàlisi de Components Principals; Estudi IV. Estudi transversal utilitzant un Model Lineal Generalitzat. Estudi V; Assaig aleatori controlat seguint les recomanacions CONSORT.

Resultats. Estudi I. Es van identificar i descriure els principals dispositius de salut mòbil (mHealth) que existeixen al mercat i els models teòrics i tècniques de canvi de comportament en què es sustenten per a canviar els estils de vida inactius i sedentaris. La falta d'evidència científica sobre la seva efectivitat suposa el principal obstacle per a la implementació plena a l'APS; Estudi

II. Va descriure el protocol d'estudi d'un assaig clínic aleatori multicèntric per avaluar l'eficàcia del programa mHealth Walk@Work-App-Diab des de l'APS sobre el CS habitual i laboral, l'activitat física, l'HbA1C, perfil lipídic, variables antropomètriques i tensió arterial diastòlica i sistòlica en adults amb DM2 als 3, 6 i 12 mesos de seguiment; Estudi III. Els components principals del patró del CS amb personal d'oficina amb DM2 tant en horari laboral, fora de la feina com els caps de setmana es van caracteritzar per un menor nombre d'interrupcions/dia del temps sedentari en intervals de temps inferiors als 20 minuts. De mitjana, els adults amb DM2 van presentar 31 interrupcions sedentàries/dia menys que els adults sense DM2; Estudi IV. El model matemàtic senzill - desenvolupat a partir del nombre de interrupcions/diàries del CS en períodes inferiors als 20 minuts, sexe, edat, índex de massa corporal i hores de son- va classificar correctament el 88,89% dels participants. A partir del perfil antropomètric dels participants, va permetre el disseny d'una eina preventiva per modificar el patró de CS dels adults amb DM2; Estudi V. El grup d'intervenció (n = 49), a més de l'atenció estàndard, va rebre un programa de mHealth automatitzat Walk@Work-App-Diab durant 13 setmanes. En comparació amb el grup control (n=50, va rebre només l'atenció estàndard), el grup d'intervenció van presentar una reducció significativa i clínicament rellevant d'HbA1c $\leq -0,5\%$, glucèmia (p <0,01), nivells de triglicèrids (p <0,01), PAS i PAD. (p <0,01) als 12 mesos de seguiment. Es va produir una reducció del CS laboral als 6 mesos (p <0,01) i 12 mesos de seguiment (p<0,05) i del CS fora de l'horari laboral els dies feiners fent activitats de lleure als 6 i 12 mesos de seguiment (p<0,05).

Conclusions. Els adults amb DM2 amb treballs d'oficina presenten un patró del CS característic i diferenciat dels adults sense DM2. Les intervencions efectives per abordar el CS des de la pràctica clínica haurien de focalitzar en l'increment del nombre diari d'interrupcions totals de CS sobretot en intervals menors a 20 minuts. Així mateix, incorporar un algorisme que contingui una expressió matemàtica als dispositius mòbils per identificar i controlar el patró del CS permetria abordar la detecció precoç i el control integral de la DM2 en la pràctica clínica habitual a l'APS. Els programes mHealth, prescrits des de la pràctica clínica com a complement de l'atenció clínica habitual, poden ser una eina eficaç per modificar estils de vida sedentaris, i millorar el control glucèmic i factors de risc cardiovascular en adults amb DM2. Futurs estudis haurien d'explorar les barreres i el factors facilitadors per integrar els programes mHealth a la pràctica clínica a l'APS.

Paraules clau: Aplicacions mòbils; wearables; programes de salut mòbil; comportament sedentari; atenció primària, Diabeti Mellitus Tipus 2

Publicacions del compendi d'articles

- **ESTUDI I. Alòs, F.,** Puig-Ribera, A. (2021). Clinical use of wearables and Mobile Apps (mHealth) to change patient's lifestyles through a primary care-based approach: A narrative review. *Atención Primaria Práctica*, 3(1), 100122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.appr.2021.100122>

Revista indexada a Scopus. Índex SJR: 0.103 (2021). Quartil i categoria SJR: Q4 – Family Practice (2021)

- **ESTUDI II. Alòs, F.,** Colomer, M. À., Martín-Cantera, C., Solís-Muñoz, M., Bort-Roig, J., Saigi, I., Chirveches-Pérez, E., Solà-Gonfaus, M., Molina-Aragonés, J. M., & Puig-Ribera, A. (2022). Effectiveness of a healthcare-based mobile intervention on sedentary patterns, physical activity, mental well-being and clinical and productivity outcomes in office employees with type 2 diabetes: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC public health*, 22(1), 1269. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13676-x>

Revista indexada a WoS Core Collection. JIF del JCR: 4.135 (2021). Quartil i categoria JCR: Q2 - Public, Environmental & Occupational Health (83/210) (2021)

- **ESTUDI III. Alòs, F.,** Colomer, M. À., Bort-Roig, J., Chirveches-Pérez, E., Zaldúa, Y. C., Martín-Cantera, C., Franch-Nadal, J., & Puig-Ribera, A. (2022). Differences in Free-Living Patterns of Sedentary Behaviour between Office Employees with Diabetes and Office Employees without Diabetes: A Principal Component Analysis for Clinical Practice. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), 12245. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912245>.

Revista indexada a WoS Core Collection. JIF del JCR: 4.614 (2021). Quartil i categoria JCR SCIE/SSCI: Q1 Public, Environmental and Occupational Health in SSCI (45/182).

- **ESTUDI IV. Alòs, F.,** Puig-Ribera, A., Bort-Roig, J., Chirveches-Pérez, E., Martín-Cantera, C., Franch-Nadal, J., & Colomer, M. À., (2023). Incorporating objective measures of sedentary behaviour into the detection and control methods of type 2 diabetes mellitus: development of a mathematical model for clinical practice. *Acta Diabetológica* (En revisió).

- *ESTUDI V. Alòs, F., Colomer, M. À., Bort-Roig, J., Martín-Cantera, C., Minaya, A., Saigi, I., Sitjar-Suñer, M., & Puig-Ribera, A. (2023). Impact of a primary care-based mobile health intervention to ‘sit less and move more’ on glycemic control, HbA1c and cardiovascular risk factors in office employees with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. Journal of Medical Internet Research (En revisió).*

Producció científica associada

Altres publicacions

- **Alòs, F., Puig-Ribera, A. (2021).** Inactividad física y sedentarismo. Los principales problemas de salud. *Actualización en Medicina de Familia*;18(2):66-75.

Material educatiu per a pacients

- **Alòs, F., Puig-Ribera, A. (2022).** El Sedentarisme. Un risc per a la salut. *Fulls d'informació per a pacients. Societat Catalana de Medicina Familiar i Comunitària.* <http://www.camfic.cat/Fullspacientsie8.aspx>

Ponències a congressos i jornades

- **Alòs, F., Solà-Gonfaus, M., Molina-Aragonés, J.M., Saigí-Ullastre, I., Martín-Cantera, C., & Puig-Ribera, A. (2020, 15 de setembre a 6 d'octubre).** ‘Sentarse menos y moverse más’ en el trabajo: Impacto de un programa mHealth sobre el control glucémico y perfil antropométrico en personal de oficina con DM2. Ensayo Clínico Aleatorizado. [Comunicació oral]. *XL Congreso y 1º Virtual de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria*, Valencia, Espanya.
- **Alòs, F. (2020, 15 de setembre a 6 d'octubre).** ‘Sentarse menos y moverse más’ en el trabajo: Impacto de un programa mHealth sobre el control glucémico y perfil antropométrico en personal de oficina con DM2. Ensayo Clínico Aleatorizado. [Comunicació oral]. *Foro de Investigación- Becas Doctorales Isabel Fernández. XL Congreso y 1º Virtual de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria*, Valencia, Espanya.
- **Alòs, F., Martínez-Martínez, A., Amorós, A., Monclús-Astudillo, A., & Puig-Ribera, A. (2021, 7 a 9 d'octubre).** Walk@WorkApp-Diab: percepciones y experiencias de pacientes con DM2 y profesionales sobre la implementación de un programa mHealth para cambiar el comportamiento sedentario en situación de teletrabajo en atención

primaria de salud en ámbito urbano. [Comunicació oral]. *XLI Congreso de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria*, Palma de Mallorca, Espanya.

- **Alòs, F.** (2021, 10 de novembre). Ús d'un programa mHealth per augmentar l'activitat física i reduir el comportament sedentari en pacients amb patologia crònica a l'atenció primària. [Xerrada]. *Seminari d'Investigació. 4t curs del Grau de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport. Facultat d'Educació, traducció, esports i psicologia. Universitat de Vic UVIC-UCC*, Vic, Espanya.
- **Alòs, F.** (2022, 24 de febrer). Experiencia CAMFiC: implementación de programas mHealth. [Ponència]. *mHealth BCN Conference 2022. Fundación iSYS, con el apoyo del eHealth Center de la UOC y la Societat Catalana de Medicina Familiar i Comunitària*, Barcelona, Espanya.
- **Alòs, F.**, Martínez, A., Sala, L., Mateo, A., Cánovas, Y., & Puig-Ribera, A. (2022, 28 d'abril a 30 d'abril). Experiència de pacients amb diabetis tipus 2 (DM2) en la prescripció d'un programa de salut mòbil (mHealth) per augmentar l'activitat física i reduir el comportament sedentari des de les consultes d'atenció primària. [Comunicació oral]. *XXVIII Congrés d'Atenció Primària de la Societat Catalana de Medicina Familiar i Comunitària*, Girona, Espanya.
- **Alòs, F.**, Alarcón-Belmonte, I., & Puig-Ribera, A. (2022, 28 d'abril a 30 d'abril). Empitjorament de la dísnea en el pacient MPOC: fonamental identificar la inactivitat física i el comportament sedentari. [Pòster]. *XXVIII Congrés d'Atenció Primària de la Societat Catalana de Medicina Familiar i Comunitària*, Girona, Espanya.
- **Alòs, F.** (2022, 30 de juny al 2 de juliol). Como médico de Medicina Familiar y Comunitaria, ¿qué app debo prescribir a mis pacientes para ayudar a autogestionar su salud y fomentar cambios en sus estilos de vida? ¿Todas valen?. Actualización. [Ponència]. *XLII Congreso de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria*, Sevilla, Espanya.
- **Alòs, F.**, Cánovas-Zaldúa, Y., Martín-Cantera, C., & Puig-Ribera, A. (2022, 30 de juny al 2 de juliol). Caracterizar el patrón del comportamiento sedentario en adultos con DM2. [Pòster amb defensa], *XLII Congreso de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria*, Sevilla, Espanya.

- **Alòs, F.**, Cánovas-Zaldúa, Y., & Puig-Ribera, A. (2022, 30 de juny al 2 de juliol). Receta de una aplicación móvil junto a los consejos de actividad física y dieta habitual como primer eslabón de tratamiento de la DM2: un caso clínico, [Pòster], *XLII Congreso de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria*, Sevilla, Espanya.
- **Alòs, F.**, Cánovas-Zaldúa, Y., Illamola-Martín, L., Alarcón-Belmonte I., Martín-Cantera, C., & Puig-Ribera, A. (2022, 30 de juny al 2 de juliol). Situación actual de la salud móvil en la atención primaria. Evaluación del impacto e integración de su uso para cambiar estilos de vida físicamente inactivos y sedentarios desde la práctica clínica, [Comunicació oral], *XLII Congreso de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria*, Sevilla, Espanya.
- **Alòs, F.** (2022, 20 d'octubre). Quina aplicació mòbil (app) he de prescriure als pacients per ajudar a autogestionar la seva salut i canviar els estils de vida des de la pràctica clínica?. [Ponència]. *II Jornada d'innovació Sindicat d'Infermeria SATSE "Emprendre, innovar, liderar en Infermeria"*, Lleida, Espanya.
- **Alòs, F.**, Colomer, M. À., Bort-Roig, J., Berenguera-Ossó, A., Martínez-Satorres, A., Sanjuan García, M., & Puig-Ribera, A. (2022, 21 de novembre). Effectiveness of a healthcare-based mobile intervention on mental well-being and productivity outcomes of office employees with type 2 diabetes during COVID-19. [Pòster]. *13a Jornada de Recerca de l'Institut Català de la Salut, L'Hospitalet del Llobregat*, Espanya.

Ajuts i Premis

- **Alòs, F.** (2020). `Sentarse menos y moverse más` en el trabajo: Impacto de un programa mHealth sobre el control glucémico y perfil antropométrico en personal de oficina con DM2. Ensayo Clínico Aleatorizado. Ayudas 2020 para la realización de tesis doctorales "Isabel Fernández" en materia de Medicina de Familia y Comunitaria de la Sociedad Española de Medicina Familiar y Comunitaria. *XL Congreso y 1º Virtual de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria*, Valencia, Espanya.
- **Alòs, F.**, Martínez, A., Sala, L., Mateo, A., Cánovas, Y., & Puig-Ribera, A. (2022). Experiència de pacients amb diabetis tipus 2 (DM2) en la prescripció d'un programa de salut mòbil (mHealth) per augmentar l'activitat física i reduir el comportament sedentari des de les consultes d'atenció primària. Primer premi a la millor comunicació oral. *XXVIII*

Congrés d'Atenció Primària de la Societat Catalana de Medicina Familiar i Comunitària, Girona, Espanya.

- **Alòs, F.** (2022). Impacto de un programa mHealth sobre el control glucémico y perfil antropométrico en personal de oficina con diabetes tipo 2 (DM2). Ensayo Clínico Aleatorizado. 2ª Convocatoria Beca de apoyo José Luis Torres a la Investigación. *Red de grupos de estudio de la Diabetes en Atención Primaria de la Salud (redGDPS)*, Barcelona, Espanya.

- **Alòs, F.** (2022). Impacto de un programa mHealth sobre el control glucémico y perfil antropométrico en personal de oficina con diabetes tipo 2 (DM2). Ensayo Clínico Aleatorizado. 8ª convocatòria per a la realització de la tesi doctoral entre els professionals d'atenció primària convocada per *l'Institut d'Investigació d'Atenció Primària (IDIAP) Jordi Gol* i promoguda per la *Càtedra de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)-Novartis* de docència i investigació en Medicina de Família, Barcelona, Espanya.

Glossari d'abreviacions i acrònims

ABS Àrea Bàsica de Salut

ADA American Diabetes Association

AF Activitat física

AFM Activitat Física Moderada

AFMV Activitat Física Moderada o Vigorosa

AFV Activitat Física Vigorosa

APS Atenció Primària de Salut

App Aplicació per a dispositius mòbils o tauletes

CAP Centre d'atenció primària

CS Comportament sedentari

CV Coeficient de Variació

DCCT Diabetes Control and Complications Trial

DE Desviació estàndard

DM Diabetis Mellitus

DM2 Diabetis Mellitus tipus 2

EAP Equip d'Atenció Primària

ECAP Estació Clínica d'Atenció Primària

eHealth salut electrònica

EUA Estats Units d'Amèrica

GBA Glucèmia basal alterada

GC Grup control

GEDAPS Grup d'Estudi per a la Diabetis a l'Atenció Primària

GI Grup intervenció

HbA1c Hemoglobina glicosilada o Glicohemoglobina

HTA Hipertensió Arterial

IC Interval de confiança

ICS Institut Català de la Salut.

IMC Índex de Massa Corporal

ITG Intolerància a la glucosa

LADA Diabetis autoimmune latent de l'edat adulta

MeSH Medical Subject Headings, és el tesaurus de MEDLINE

MCG Monitorització Contínua de la Glucosa

MCG-TR Sistemes de monitorització contínua de glucosa en temps real

MET Metabolic Equivalent of Task

NGSP National Glycohemoglobin Standardization Program

mHealth Salut mòbil

NHS National Health Service

NICE National Institute for Health and Care Excellence

MODY Maturity-onset diabetes of the Young

OMS Organització Mundial de la Salut

p Nivell de significació estadística

PTOG Prova de tolerància oral a la glucosa

PVP Preu de Venta Pública

RI Resistència a la insulina

TC Tècniques de canvi de comportament

SBPAAT Spanish Brief Physical Activity Assessment Tool

UE Unió Europea

Índex de figures

Figura 1. Exemple de l'horari d'una persona treballadora que dorm 8 hores i fa mitja hora d'AFMV cada dia. S'hi representa els diferents contextos de la vida diària, laboral, la llar, els desplaçaments, o el temps de lleure. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. 2018). (Pàgina 21).

Figura 2. Representació de les activitats diàries d'un adult que dorm 8 hores en un cicle de 24 hores. La resta d'hores (16h) es poden ocupar amb activitats recreatives i activitats de la vida diària (Dunstan, D. W., et al. 2021) (pàgina 21).

Figura 3. Il·lustració del model conceptual final de la terminologia relacionada amb el CS basada en el cicle de moviment organitzat en un període de 24 hores. (x). (Tremblay, M.S., et al. 2017) (pàgina 22)

Figura 4. Guies canadenques de moviment de 24 hores per a adults de 18 a 64 anys: una integració de l'AF, el CS i el son. (Ross, R., et al. 2020) (pàgina 23).

Figura 5. La inactivitat física s'associa a un increment de 35 malalties cròniques. (Booth., et al. 2012) (pàgina 26).

Figura 6. Exemple de col·locació de l'inclinòmetre ActivPAL. (pàgina 32).

Figura 7. Dades d'activitat física d'un sol dia generades des del dispositiu ActivPAL (Dunstan et al., 2021). (pàgina 33)

Figura 8. La importància de l'AF i CS les 24 hores del dia per a la DM2. Recomanacions saludables d'AF, del CS i del son. (Davies MJ., et al. 2022) (pàgina 44).

Índex de taules

Taula 1. Criteris per al diagnòstic de la diabetis (adaptada de ElSayed NA, et al. 2023) (pàgina 35).

Taula 2. Principals factors de risc de la DM2 (adaptada de ElSayed NA, et al. 2023) (pàgina 37).

Taula 3. Recomanacions d'AF i interrupció del CS d'adults amb DM2 (adaptada de ElSayed NA, et al. 2023) (pàgina 45).

Índex

Resum	3
Publicacions del compendi d'articles	4
Producció científica associada	6
Ajuts i premis	8
Glossari d'abreviacions i acrònims	10
Índex de figures	12
Índex de taules	13
Introducció	16
Estat del tema i revisió de l'estat de l'art	19
1. L'activitat física i el comportament sedentari	19
1.1. Definicions de terminologia bàsica.....	19
1.1.1. Activitat física.....	19
1.1.2. Comportament sedentari.....	20
1.1.3. El model de moviment de les 24-hores: recomanacions que integren l'activitat física i el comportament sedentari en persones adultes.....	22
1.2. Prevalença d'inactivitat física i comportament sedentari en la societat moderna.....	23
1.3. Associacions entre activitat física, comportament sedentari i salut.....	25
1.4. Intervencions per limitar i reduir el comportament sedentari: Rellevància de les intervencions en el context laboral.....	27
1.5. Intervencions per limitar i reduir el comportament sedentari des de l'Atenció Primària de Salut.....	28
1.6. Instruments de mesura de l'activitat física i el comportament sedentari a l'Atenció Primària de Salut.....	29
1.6.1. Mètodes subjectius.....	29
1.6.2. Mètodes objectiu.....	31
1.7. Resum de punts clau i llacunes d'evidència.....	33
2. La diabetis mellitus tipus 2	34
2.1. Definició de diabetis mellitus tipus 2.....	34
2.1.1. Definició de la diabetis mellitus.....	34
2.1.2. Criteris diagnòstics i classificació.....	34
2.2. Epidemiologia de la diabetis mellitus tipus 2 i la prediabetis.....	36
2.3. Etiopatogènia i factors de risc de la diabetis mellitus tipus 2 i prediabetis.....	36

2.4. Identificació d'individus amb risc de desenvolupar diabetis mellitus tipus 2.....	38
2.5. Diabetis mellitus tipus 2 i atenció primària de salut: Rellevància de promoure comportaments saludables.....	39
2.6. Resum de punts clau i llacunes de recerca.....	41
3. Activitat física, comportament sedentari i diabetis mellitus tipus 2.....	42
3.1. Prevalença d'inactivitat física i comportament sedentari en persones amb diabetis mellitus tipus 2.....	42
3.2. El model de moviment de les 24-hores en persones amb diabetis mellitus tipus 2: Recomanacions saludables d'activitat física i comportament sedentari..	42
3.3. Associacions entre activitat física, comportament sedentari i salut en persones amb diabetis mellitus tipus 2.....	45
3.4. Intervencions per limitar i interrompre el comportament sedentari en persones amb diabetis mellitus tipus 2 des l'atenció primària de salut.....	47
3.5. Resum de punts clau i llacunes de recerca.....	49
4. La salut mòbil (mSalut) per a modificar la inactivitat física i comportament sedentari a l'atenció primària.....	49
4.1. La salut mòbil (mSalut).....	50
4.1.1. Definicions de terminologia bàsica.....	50
4.2. La salut mòbil a l'atenció primària de salut.....	50
4.2.1. Estudi I: La salut mòbil (mSalut) per a modificar la inactivitat física i comportament sedentari des de l'atenció primària.....	51
4.3. Salut mòbil, activitat física i comportament sedentari en persones amb diabetis mellitus tipus 2.....	60
4.4. Resum de punts clau i llacunes d'evidència.....	62
Justificació, objectius generals i específics de recerca.....	63
Estudi II.....	68
Estudi III.....	87
Estudi IV.....	106
Estudi V.....	126
Discussió.....	150
1. Principals contribucions.....	152
2. Fortaleses i limitacions.....	154
3. Implicacions a la pràctica clínica i recomanacions per a la recerca futura.	155
Conclusions.....	157
Bibliografia.....	158

Introducció

La diabetis es una malaltia metabòlica crònica altament prevalent, costosa i amb tendència a desenvolupar comorbiditats (Ahlqvist et al., 2018; Pigeire et al., 2022). Es caracteritza per una hiperglucèmia crònica associada a un alteració del metabolisme dels hidrats de carboni, lípids i proteïnes amb un dèficit de secreció d'insulina i una resistència de l'acció de l'hormona en els teixits perifèrics (Seshasai et al., 2011). Va afectar el 10,5% de la població mundial entre 20 a 79 anys a l'any 2021, amb una previsió d'augment al 12,2% al 2045 (Sun et al., 2022). Globalment, el 90% de les persones amb diabetis presenten una diabetis mellitus tipus 2 (DM2). L'any 2016, la prevalença de diabetis diagnosticada a Espanya va ser del 6,7% de la població total assignada a l'atenció primària de salut (APS) del Sistema Nacional de Salut. Va ser més gran en homes que en dones (7,27 vs. 6,06%) i va augmentar amb l'edat fins als 80 anys (Menéndez Torre et al. 2021). Però, si es mesura directament la prevalença de DM2 seguint els criteris de l'Associació Americana de Diabetis (ADA), al mateix any aquesta va afectar el 14% de la població espanyola, el que confirma que la DM2 es troba infradiagnosticada a la població general (Soriguer et al., 2012; Ruiz-Garcia et al., 2020) i que la prevenció primària, secundària i el tractament de la DM2 són actualment un dels principals objectius de les polítiques de salut pública.

La importància de la DM2 ve donada per les seves complicacions. Entre els adults amb DM2, les malalties cardiovasculars són la principal causa de morbiditat i mortalitat precoç (Seshasai et al., 2011). La esperança de vida es redueix aproximadament sis anys (Seshasai et al., 2011), en part a causa del risc duplicat de patir malalties cardiovasculars (Kelsey et al., 2022). Les complicacions cardiovasculars inclouen la malaltia macrovascular (cardiopatia isquèmica, accident vascular cerebral i l'arteriopatia perifèrica) i la malaltia microvascular (nefropatia, retinopatia i neuropatia) (Farooqui et al., 2018; Seshasai et al., 2011). Així mateix, els adults amb DM2 presenten un augment del risc de càncer, com ara fetge, pàncrees, ovari, colorectal, pulmó, mama i biliar (Seshasai et al., 2011) i problemes psicosocials (Goldney et al., 2004). Per tant, en adults amb DM2 resulta fonamental la prevenció de les complicacions i el control metabòlic.

Tot i que la predisposició genètica determina en part la susceptibilitat individual de la DM2, el comportament sedentari (CS) i la inactivitat física, promoguts per feines cada vegada més sedentàries (treballs d'oficina) (Rockette-Wagner et al., 2015), són dos dels principals factors de risc modificables per a la prevenció, desenvolupament i maneig de la intolerància a la glucosa (IGT o prediabetes), la DM2 i la reducció de la incidència de complicacions de la diabetis (Wilmot et al. 2012). El CS i la inactivitat física tenen una elevada prevalença en adults amb DM2 (van der Berg et al., 2016; Jarvie et al., 2019). Un control intensiu de la glucèmia i dels principals

factors de risc associats a la DM2 permetria reduir significativament la possibilitat de presentar complicacions i, per tant, garantir una qualitat de vida similar a la de la població sense diabetis (Vinagre et al., 2012; Gaede et al., 2008).

La inactivitat física i el CS no afecta només a la salut de les persones i famílies sinó als serveis de salut i a la comunitat en el seu conjunt (Organització Mundial de la Salut 2022). L'Organització Mundial de la Salut (OMS) estima que els costos econòmics i sanitaris de les persones suficientment actives són un 30% inferiors dels que són insuficientment actius (Organització Mundial de la Salut 2022). A nivell mundial, l'OMS estima que entre 2020 i 2030, si la prevalença d'inactivitat física actual no canvia, es diagnosticaran gairebé 500 milions de nous casos de malalties cròniques evitables (com malalties cardíaques o diabetis), el que suposaria uns costos de tractament superior a US\$ 300.000 milions de dòlars (524.000 milions de dòlars internacionals). El major cost econòmic es produiria als països d'ingressos alts, que representaria el 70% del cost mundial en atenció en salut per al tractament de les malalties derivades de la inactivitat física (OMS 2022). Tanmateix, l'OMS considera que la càrrega sanitària i econòmica de la inactivitat és evitable i afirma que la majoria dels països i sistemes sanitaris no estan implementant les suficients mesures per ajudar a les persones a reduir la inactivitat física. En concret, l'any 2021 sol un 40% dels països a nivell mundial van fomentar l'activitat física (AF) en els protocols nacionals per revertir la inactivitat física a l'APS i més de la meitat dels països no va fomentar l'AF en els desplaçaments a peu o en bicicleta, en iniciatives de salut mòbil o en iniciatives a la feina. Per aquest fet, la OMS recomana més inversions i implementació d'intervencions a nivell poblacional i del sistema sanitari per reduir la inactivitat física i el CS per ajudar a reduir la càrrega de malalties cròniques per a l'any 2030 (OMS 2022).

La majoria dels pacients amb DM2 són controlats pels professionals d'APS, per les seves característiques d'accessibilitat, coordinació, atenció integral y longitudinalitat (Franch-Nadal et al., 2017). Els estils de vida no saludables poden modificar-se amb intervencions de promoció de la salut dirigides a millorar la salut, benestar i prevenir malalties. Augmentar l'AF i reduir el CS té un paper clau en la prevenció i gestió de la DM2 (Dempsey et al. 2016). Malgrat això, la majoria de les persones amb DM2 no compleixen les recomanacions d'AF saludables i de reducció i limitació del CS (Unick et al. 2016). Les intervencions preventives i terapèutiques actuals en els estils de vida en adults amb diabetis mostren una evidència modesta (Tricco et al., 2012) i diversos estudis observacionals realitzats a l'APS a Espanya (Vinagre et al., 2012; Franch-Nadal et al., 2010; Mata-Cases et al., 2012) i a altres llocs (McFarlane et al., 2002; Braga et al., 2010) han demostrat que hi ha una bretxa entre les recomanacions i la pràctica clínica diària. Alguns estudis han indicat que només el 7-9% dels pacients diabètics aconseguixen un control òptim de tots els factors de risc cardiovascular (Franch-Nadal et al., 2010).

Els resultats reflecteixen les dificultats inherents per assolir les recomanacions d'AF i reducció del CS des de la pràctica clínica. Per tant, és un repte, l'enfocament òptim per millorar l'atenció als adults amb diabetis i fer efectiva les intervencions per canviar el comportament inactius i sedentaris en vista de l'alta prevalença i el cost creixent de la gestió dels adults amb DM2.

La salut mòbil (o mHealth), l'ús de dispositius mòbils o sense fil per millorar la salut i prestar atenció en salut (Bashshur et al., 2011; World Health Organization 2011), s'han proposat com a noves oportunitats per oferir intervencions de salut amb el potencial de promoure comportaments saludables poc abordats des de la pràctica assistencial, com la inactivitat física i el CS, prevenir malalties cròniques o promoure l'autogestió de la malaltia (World Health Organization 2011). Això es concebible, tenint en compte l'alta disponibilitat i la tendència cada vegada més a l'alça en el seu ús entre la població les dues darreres dècades (Statistica 2023; Rivero 2022). L'informe Ditrendia 2022 (Rivero 2022) destaca que entre els usuaris a internet, un 92,4% dels adults al món utilitza un telèfon mòbil per connectar-se a internet. A Espanya durant el 2022, el 100% dels domicilis comptaven amb un dispositiu mòbil i els usuaris dedicaven unes 4,8 hores diàries a les aplicacions mòbils, existint més línies mòbils al país que habitants (Rivero 2022). Malgrat el nombre creixent de dispositius i programes de salut mòbils dissenyades per a població amb DM2, a la pràctica clínica el seu ús continua sent baix (Gagnon et al., 2016) i existeix una escassa evidència sobre l'efectivitat per canviar el patró del CS i activitat física en població amb DM2 des de la pràctica clínica.

Estat del tema i revisió de l'estat de l'art

1. L'activitat física i el comportament sedentari.

En aquest primer apartat es proporciona un plantejament general sobre la inactivitat física i el CS, es defineixen els conceptes bàsics, la rellevància i les implicacions o associacions que presenten en la salut a nivell poblacional. Es descriu la importància de les intervencions per limitar i reduir el CS focalitzades en el context laboral i a nivell de l'APS. Finalment s'exposen els principals instruments de mesura de l'AF i el CS a nivell de la pràctica clínica a l'APS.

1.1. Definicions de terminologia bàsica.

1.1.1. *Activitat física.*

L'AF es defineix com qualsevol moviment corporal intencionat realitzat mitjançant el sistema múscul-esquelètic que comporta una despesa energètica superior a la basal (Bouchard et al., 1990). L'AF consta de diferents dimensions que la integren (Kujala et al., 2017): el tipus, la freqüència, la durada, la intensitat i els contextos on es realitza. Els tipus són la modalitat específica d'AF que la persona realitza. Generalment són activitats lúdiques o no planificades, encara que poden tenir aspectes formatius o socials (caminar, jugar, ballar, anar d'excursió, tenir cura del jardí) o més estructurades, com en els casos de l'exercici físic i l'esport. L'exercici físic es aquella AF planificada, estructurada, repetitiva i realitzada a fi de mantenir o millorar un o més components de la forma física (Caspersen et al., 1985). La forma física, condició, capacitat o aptitud física (en anglès "physical fitness") és un conjunt d'atributs físics i avaluable que tenen les persones i que es relacionen amb la capacitat de realitzar AF (Caspersen et al., 1985). En l'esport, l'exercici físic es competitiu i segueix unes normes. La freqüència és el nombre de vegades o nivell de repetició que es duu a terme una AF durant un temps determinat (exemple, nombre sessions/setmana, sèries, repeticions). La durada o període és el termini de temps que s'inverteix en una AF determinada. La intensitat es el nivell d'esforç que implica l'AF. La despesa energètica que produeix cada AF es mesura en MET (metabolic equivalent of task, equivalent metabòlic de la tasca). Un MET és la quantitat d'energia consumida mentre s'està assegut en repòs i és igual a $3,5\text{ml d'O}_2 \times \text{Kg de pes corporal} \times \text{minut}$ (Ainsworth et al., 2011). Els MET consumits en una determinada activitat, són la proporció (múltiples o submúltiples) de l'energia gastada durant el repòs en posició asseguda. Per exemple, una activitat que consumeixi el doble d'energia que estan assegut i en repòs equival a 2 MET. Així, considerant la despesa d'energia que produeix cada AF, l'AF es pot classificar (Ainsworth et al., 2011) en diferents intensitats:

- AF Lleugera: consum energètic entre 1,6 i 2,9 METs (per exemple, caminar a poc a poc).
- AF Moderada: consum energètic entre 3 i 5,9 METs (per exemple, caminar ràpid).

- AF Intensa o vigorosa: consum energètic ≥ 6 METs (per exemple, córrer).

Els dominis o contextos de l'AF fan referència als entorns on es desenvolupa l'AF. Els principals dominis inclouen l'AF ocupacional (feina o estudis), a la llar o domèstica, al transport o als desplaçaments actius i de lleure (Crespo-Salgado et al., 2015). A més, té en compte l'AF entre setmana o en cap de setmana. La diferenciació entre els diferents dominis de l'AF permet l'anàlisi i caracterització complet dels patrons d'AF de les persones (Bauman et al., 2006).

La inactivitat física o ser insuficientment actiu es la realització d'un nivell d'activitat física moderada (AFM) o vigorosa (AFV) insuficient per complir amb les recomanacions d'AF actuals de l'OMS per a cada grup d'edat (Bull et al., 2020; Tremblay et al., 2017). La inactivitat física en el cas de les persones entre 18 i 64 anys, és quan no aconsegueixen el mínim de 150 minuts/setmana de AFM, 75 minuts/setmana de AFV o una combinació equivalent de AF moderada i vigorosa (AFMV) (Bull et al., 2020; Tremblay et al., 2017).

1.1.2. Comportament sedentari.

El comportament sedentari (CS) es defineix com qualsevol comportament durant el temps de vigília caracteritzat per una despesa energètica $\leq 1,5$ vegades la taxa metabòlica basal o MET, en una posició asseguda, reclinada o estirada (Tremblay et al., 2017). S'inclouen diferents tipus d'activitats com l'ús de dispositius electrònics (p. exemple, la televisió, ordinador, tauleta, telèfon) mentre s'està assegut, reclinat o estirat; llegir, escriure, parlar mentre s'està assegut, estar assegut en un autobús, automòbil o tren. El CS, igual que l'AF, es pot dur a terme en tots els àmbits de l'activitat humana i està condicionat per factors ambientals, socials, polítics i culturals (Owen et al., 2011). Els diferents contextos o dominis de la vida diària inclouen el CS a nivell ocupacional (feina o estudis), la llar, els desplaçaments o el temps de lleure (Crespo-Salgado et al., 2015). Així mateix, també es té en compte el CS entre setmana o en cap de setmana. A la Figura 1 i figura 2 s'hi mostra en cadascuna un exemple del patró del CS d'una persones adulta.

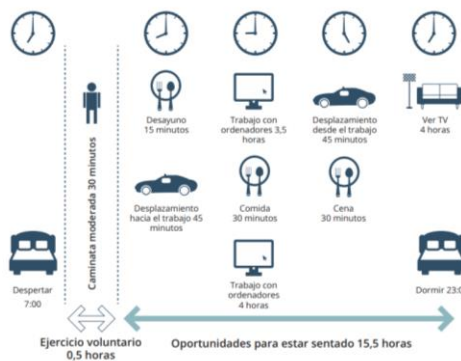


Figura 1. Exemple de l'horari d'una persona treballadora que dorm 8 hores i fa mitja hora d'AFMV cada dia. S'hi representa els diferents contextos de la vida diària, laboral, la llar, els desplaçaments, o el temps de lleure (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2018).

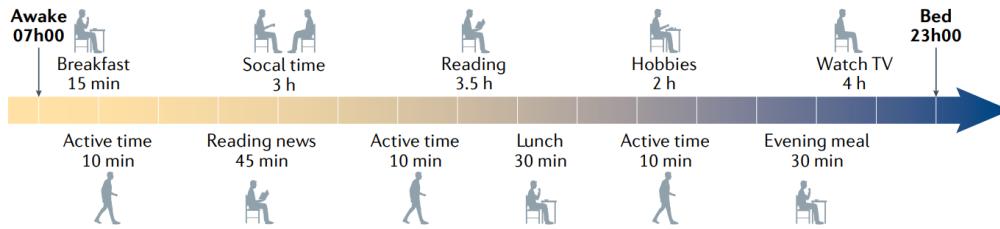


Figura 2. Representació de les activitats diàries d'un adult que dorm 8 hores en un cicle de 24 hores. La resta d'hores (16h) es poden ocupar amb activitats recreatives i activitats de la vida diària (Dunstan et al., 2021).

El patró del CS és la forma com s'acumula el CS al llarg del dia o de la setmana mentre s'està despert. Aquest inclou el temps sedentari, que es refereix a qualsevol durada de temps dedicat al CS (per exemple, minuts al dia) en qualsevol context (per exemple, a l'escola o a la feina), els períodes sedentaris (en anglès, sedentary bouts) que són els períodes ininterromputs de temps sedentari (per exemple, els podem agrupar en períodes sedentaris menors a 20 minuts, 20-40minuts, 40-60 minuts i superiors a 60min) i les pauses o interrupcions sedentàries (en anglès, sedentary breaks) que són els períodes no sedentaris que succeeixen entre dos períodes sedentaris, és a dir, les vegades que una persona s'aixeca del seient (Tremblay et al., 2017). Per tant, es poden trobar dos patrons generals del CS.

- Patró de comportament sedentari perllongat: Algú que acumula temps sedentari en períodes continus i perllongats.
- Patró de comportament sedentari interromput: Algú que acumula temps sedentari amb interrupcions freqüents i en curts períodes de temps.

L'OMS recomana que tots els adults entre 18 i 64 anys haurien de limitar la quantitat de temps sedentari i substituir el temps sedentari per AF de qualsevol intensitat (inclosa la intensitat lleugera) donat que proporciona beneficis per a la salut (Bull et al., 2020). Algunes guies internacionals, com la guia de moviment de 24 hores canadenca per adults de 18 a 64 anys i adults de 65 o més, proposa limitar el temps sedentari a ≤ 8 hores al dia, que inclou no més de 3 hores de temps de pantalla en el context de lleure i trencar amb la major freqüència possible els períodes sedentaris (Ross et al. 2020). No obstant això, es considera que no hi ha evidència suficient per especificar els límits quantitius del CS, per determinar si els beneficis específics per a la salut varien segons el tipus o domini del CS o per determinar la influència de la freqüència i la durada de les interrupcions en el CS en l'impacte en salut (Bull et al., 2020).

1.1.3. El model cicle de l'activitat les 24-hores: recomanacions que integren l'activitat física i el comportament sedentari en persones adultes.

El model cicle de l'activitat o el moviment de les 24 hores (24-HAC) estableix que qualsevol comportament o activitat durant les 24 hores del dia d'una persona té conseqüències importants en la seva salut i qualitat de vida (Buman et al., 2014). Planteja un enfoc ampli i holístic, que inclou les activitats realitzades fent AF a intensitats lleugera, moderada i vigorosa, el CS (temps sedentari assegut, reclinat i/o estirat), les hores de son i el temps dempeus.

La figura 3 organitza els moviments que tenen lloc al llarg del dia en dos components: el cercle intern representa les categories del comportament principal en termes de despesa energètica (inclou AF a intensitats lleugera, moderada i vigorosa, CS, les hores de son). El cercle extern proveeix categories generals segons la posició (temps assegut, reclinat, estirat o dempeus). La proporció d'espai ocupada per cada comportament en aquesta figura no és prescriptiva del temps que s'hauria de fer servir en aquests comportaments cada dia

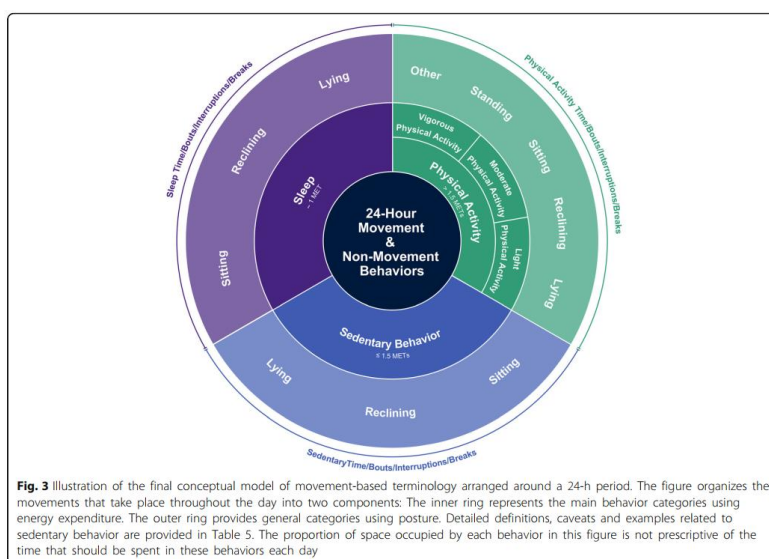


Figura 3. Il·lustració del model conceptual final de la terminologia basada en moviment organitzat en un període de 24 hores (Tremblay et al. 2017).

El model de les 24 hores de moviment integra i classifica tots el diferents tipus de moviment i ofereix la oportunitat per comprendre i explicar la presència o no d'AF i CS en el dia a dia de les persones. Per exemple, la quantitat diària recomanada de AFMV representa <3% de les 24 hores diàries. Així, una persona pot ser físicament activa però també presentar un CS elevat si no acumula un nivell suficient d'AF d'intensitat lleugera en substitució de CS durant les hores diàries restants.

D'aquest model de les 24-hores de moviment han sorgit recomanacions dels nivells òptims de temps (durada i freqüència) d'assignació a l'AF, al CS i al son durant les 24 hores del dia per millorar la salut i qualitat de vida en diferents grups d'edat. En adults (18 a 64 anys) (Figura 4), les recomanacions de moviment de les 24-hores inclouen realitzar AFMV, de manera que hi hagi una acumulació d'almenys 150 minuts d'AFM per setmana, activitats d'enfortiment muscular utilitzant els principals grups musculars com a mínim dues vegades per setmana i diverses hores d'AF lleugera. Així mateix, recomana dormir de 7 a 9 hores de son de bona qualitat de forma regular, amb horaris constants per anar a dormir i despertar-se. Limita el temps sedentari a menys de 8 hores al dia, cosa que inclou no més de 3 hores de temps de pantalla de lleure i trencar amb la major freqüència possible els períodes perllongats d'estar assegut. La substitució del CS per AF addicional i el canvi d'AF lleugera per una activitat física més moderada a vigorosa, alhora que es preserva el son suficient, pot proporcionar majors beneficis per a la salut (Ross et al. 2020).

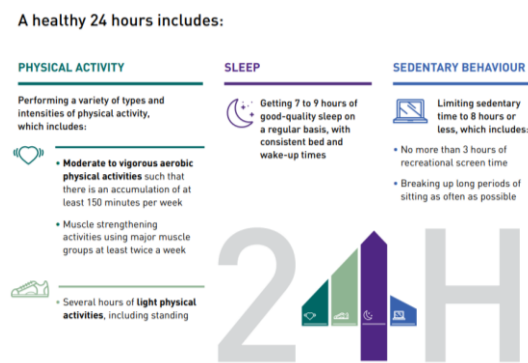


Figura 4. Pautes canadenques de moviment de 24 hores per a adults de 18 a 64 anys: una integració de l'AF, el CS i el son (Ross et al., 2020).

1.2. Prevalença d'inactivitat física i comportament sedentari en la societat moderna.

Tant la inactivitat física com el CS s'han incrementat en els darrers anys, en particular la inactivitat física va augmentar en un 5% en la població adulta (del 31,6% al 36,8%) als països d'ingressos alts entre el 2001 i el 2016 (Guthold et al., 2018). La inactivitat física predomina en països occidentals, en àrees urbanes i difereixen segons sexe i classe social, afectant més a les dones que als homes, les classes socials més baixes i les persones amb malalties cròniques (Guthold et al., 2018). A nivell mundial, el 28% dels adults majors de 18 anys (el 32% de les dones i el 23% dels homes) no complien les recomanacions d'AFMV establertes per l'OMS a l'any 2018 (World Health Organization 2018). A Espanya a l'any 2020, un 36,4% d'adults de 15 i més anys (el 40,34% de dones i el 32,27% dels homes) van referir no realitzar AF regular en el context de lleure i van presentar un elevat CS en el temps d'oci (Instituto Nacional de Estadística 2020). Les persones amb malalties cròniques, com les malalties cardiovascular, la DM2 o el càncer presenten

nivells més alts d'inactivitat física respecte la població en general (Cao et al., 2022; Hallal et al., 2012), situant-se fins al 70% en supervivents de càncer (Cao et al., 2022).

El CS es cada vegada més prevalent i motivat per l'entorn (Owen et al., 2012). En adults s'estima que més del 50% de les activitats diàries durant les hores de vigília es realitzen en posició asseguda (van der Berg et al., 2016). Als Estats Units d'Amèrica, es van revelar les conclusions de l'estudi NHANES a partir de mesures subjectives autoinformades on la proporció d'adults que no complien les recomanacions d'AFMV i seien més de 6 hores al dia va augmentar del 16,1% 2007–2008 al 18,8% el 2015–2016 (Du et al., 2019). Mitjançant estimacions objectives, basades amb sensors de moviment, van mostrar que la mitjana de temps assegut podria estar entre les 7,7-11,5 hores/dia (Ekelund et al., 2019). A la Unió Europea, a l'any 2016 un terç de la població (32%) va declarar un temps sedentari superior a 7-8 hores/dia i un de cada quatre superior a 11 hores/dia (Bauman et al., 2017). Amb una tendència creixent en els darrers anys, concretament entre el 2002 i el 2017, el nombre d'adults europeus que passaven més de 4 hores i mitja al dia asseguts va augmentar un 8%, afectant més als homes que a les dones. El 52,2% dels homes respecte el 49,5% de les dones estaven asseguts més de quatre hores i mitja al dia (López-Valenciano et al., 2020). Utilitzant mesures objectives, es va estimar que els adults passaven una mitjana de 8,2h al dia asseguts (rang de 4,9 a 11,9 h al dia), amb un temps sedentari de visualització de televisió de mitjana de 2,2h al dia (Bauman et al., 2017).

El CS incrementa amb l'edat, amb el tipus d'ocupació, sobretot en adults amb feines d'oficina i ocupacions a temps complert amb estudis superiors i amb presència de comorbiditats (Bauman et al., 2017). Les persones amb més estudis, classe social més alta o amb un nivell educatiu més alt presenten un augment del CS, principalment impulsat pel temps assegut relacionat amb la feina (Bennie et al., 2013; Mielke et al., 2014), mostrant la major prevalença del CS en edat laboral. Respecte l'edat, en major de 60 anys es va estimar que el 77% presentava un CS, amb un temps assegut superior a 8,5 h/dia (Harvey et al., 2013). L'Enquesta canadenca de salut al 2015 va mostrar taxes encara més altes, un 93,6% dels adults de 60 a 79 anys, presentaven un CS igual o superior a 8 hores al dia (Copeland et al., 2015). Pel que fa a l'increment del CS amb la presència de comorbiditats, les persones que presenten patologia crònica presentaven índexs més alts de CS respecte la població general, per exemple, en un estudi de cohorts d'una mostra de 1535 supervivents de càncer, el 60% presentaven elevats períodes de CS (Cao et al., 2022). Tot i així, la majoria d'estimacions sobre el CS es basa en autoinformes que tendeixen a subestimar el temps de CS, cosa que suggereix la necessitat de mesures objectives coherents en els estudis de població (Bauman et al., 2017).

1.3. Associacions entre Activitat física, Comportament Sedentari i Salut.

La inactivitat física i el CS perllongat són un problema de salut important pel seu impacte en els principals problemes de salut. Tant la inactivitat física com el CS s'associen de manera independent amb un augment de la mortalitat per qualsevol causa, mortalitat per malalties cardiovasculars, risc d'hospitalització, discapacitat laboral i constitueixen els principals factors de risc de les malalties cròniques més prevalents, com ara les malalties cardiovasculars, alguns càncers específics (bufeta, mama, colorectal, endometri, adenocarcinoma d'esòfag, càncers gàstrics i renals) (Gilchrist et al., 2020; Guo et al., 2020), la obesitat, la DM2, les dislipèmies, i l'osteoporosi, entre d'altres (Guo et al., 2020; OMS 2018). Les persones que compleixen les recomanacions d'AFMV poden atenuar els riscos associats del CS (Katzmarzyk et al., 2009). De fet, una metaanàlisi revela que es requereix més d'una hora diària d'AFM per atenuar, però no evitar, l'associació entre temps sedentari i mortalitat (Ekelund et al., 2016)

La inactivitat física es troba entre els cinc principals factors de risc cardiovascular (Bull et al., 2020). Segons l'OMS, les persones amb un nivell insuficient d'AF tenen un risc de mort entre un 20% i un 30% més gran en comparació amb les persones que assoleixen un nivell suficient d'AF (World Health Organization 2018). En els adults de 18 o més anys, els nivells suficients d'AF milloren, la mortalitat per qualsevol causa, la mortalitat cardiovascular (reducció del risc d'HTA, cardiopaties coronàries, accidents cerebrovasculars), la incidència de DM2, càncers específics, la salut òssia i funcional, el risc de caiguda i fractura (maluc i vertebrals), la salut mental (reducció dels símptomes d'ansietat i depressió), la salut cognitiva, el son o els nivells d'adipositat i el manteniment d'un pes corporal saludable d'AF (World Health Organization 2018). En concret, l'activitat física és reconegut com la intervenció terapèutica més eficient, rentable i accessible per prevenir, tractar i rehabilitar 35 malalties associades a la inactivitat física (Figura 5) que inclouen malalties cardiovasculars i els seus principals factors de risc (Booth et al., 2017; Pareja-Galeano et al., 2015).

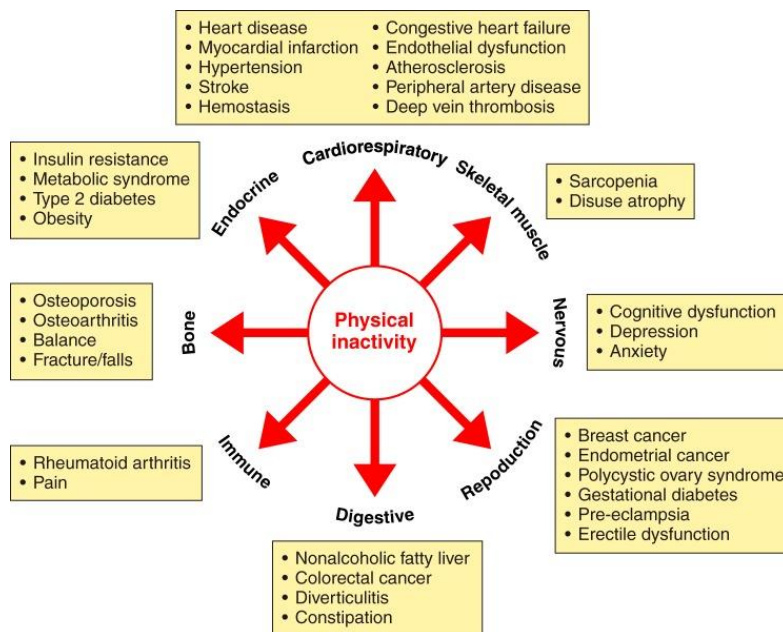


Figura 5. La inactivitat física s'associa a un increment de 35 malalties cròniques (Booth et al., 2017).

El CS es un factor de risc de malaltia cardiovascular, independent dels nivells d'AF (Healy et al., 2015; Vasankari et al., 2017). La evidència científica ha demostrat associacions desfavorables entre la quantitat de temps sedentari total i, el major risc de mortalitat per qualsevol causa (Biswas et al., 2015, de Rezende et al., 2014; Chau et al., 2013), circumferència de la cintura i obesitat (Guo et al., 2020; Lätt et al., 2015), la síndrome metabòlica (van der Berg et al., 2016), malaltia cardiovascular, nivells de colesterol i triglicèrids (Brocklebank et al., 2015), marcadors de resistència a la insulina i incidència de DM2 (Guo et al., 2020), alguns tipus de càncer (Gilchrist et al., 2020), menor sensació de benestar mental, distrés psicològic, símptomes d'ansietat (Bélair et al., 2018; Teychenne et al., 2015) i major risc de depressió (Vallance et al., 2011), millor qualitat de vida i salut autopercebuda (Hrafnkelsdottir et al., 2018; Pengpid et al., 2019). Tot i la sòlida evidència de les associacions, els mecanismes etiopatogènics a través dels quals el CS condueix a la morbiditat i mortalitat cardiovascular estan poc documentats, però les hipòtesis apunten a defectes en el metabolisme de la lipoproteïna, aterosclerosi precoç, resistència a la insulina i desenvolupament de la síndrome metabòlica (Same et al., 2016; Dunstan et al., 2021).

Els riscos per a la salut augmenten significativament quan es supera les 7 hores al dia del temps sedentari (Chau et al., 2013). En adults insuficientment actius amb 9 hores de temps sedentari al dia, 1 hora addicional al dia durant un període de 8 dies s'associa a un augment del 22% de probabilitats de desenvolupar DM2 (van der Berg et al., 2016). A més, el CS està relacionat amb la hiperglucèmia independent de l'aptitud aeròbica (Cooper et al., 2014). Per tant, hi ha indicis per establir les 7 hores com el llindar a partir del qual augmenta el risc de mort per qualsevol

causa (Chau et al., 2013). A més de la quantitat total de temps sedentari, els riscos per a la salut depenen també del patró del CS, és a dir, de la durada i la freqüència dels períodes ininterromputs sedentaris i de les interrupcions del temps sedentari. Tant una alta durada del temps sedentari com uns períodes ininterromputs sedentaris prolongats s'associen a un risc de malaltia cardiovascular en forma dosi-resposta (Bellettiere et al., 2019). A la població en general i especialment en adults insuficientment actius, substituir períodes sedentaris ininterromputs en períodes de 30-60 minuts d'AF de qualsevol intensitat (lleugera o AFMV) s'associa a una reducció de la mortalitat cardiovascular per totes les causes i dels marcadors cardiometabòlics (Del Pozo-Cruz et al., 2018; Rees-Punia, et al. 2019). En concret, interrompre amb freqüència el temps sedentari (cada 20 o 30 minuts) per episodis breus, regulars i freqüents d'AF d'intensitat lleugera com caminar o activitats de resistència simple, atenua la glucosa postprandial, C-peptid i triglicèrids, redueix la circumferència de cintura i la pressió arterial (Healy et al., 2008; Dunstan et al., 2012). Els efectes beneficiosos són encara més evidents quan es reemplaça el temps sedentari per AFMV (Ballin M et al. 2021).

1.4. Intervencions per limitar i reduir el comportament sedentari: Rellevància del context laboral.

A nivell mundial, des dels anys 1960, amb els avenços tecnològics i els canvis socials i econòmics han augmentat les feines d'oficina i s'ha reduït més d'un 30% l'AF a nivell ocupacional (Alkhajah et al., 2012). Aquesta reducció de l'AF ocupacional s'atribueix a l'augment del temps sedentari al lloc de treball. Els treballadors d'oficina passen entre el 70 i el 85% del temps a la feina asseguts (van Dommelen et al., 2016), amb més d'un terç del temps sedentari acumulat en períodes sedentaris ininterromputs de 30 minuts o més (van Dommelen et al., 2016) i un 25% del temps total sedentari en períodes sedentaris superiors a 55 min (Ryan et al., 2011). Altrament, els treballadors que romanen gran part del temps en el context laboral asseguts també presenten un CS en el temps de lleure (Clemes et al., 2014).

Dels diferents contextos de la vida diària es calcula que el 60% de la població mundial passa de mitjana el 60% de les seves hores de vigília a la feina (World Health Organization & World Economic Forum 2008). Els estudis han demostrat que romandre assegut un temps excessiu a la feina augmenta el risc de malalties cardiovasculars, obesitat, diabetis i mortalitat per totes les causes, fins i tot, en adults que compleixen amb les recomanacions d'AFMV (Shrestha et al., 2018). En concret, cada dues hores d'augment del temps sedentari a la feina s'incrementa un 5% el risc d'obesitat i un 7% del risc de diabetis (Hu et al., 2003). Així mateix, substituir el temps assegut a la feina per AF de qualsevol intensitat millora els marcadors de salut cardiometabòlica, els nivells de la glucosa, la insulina, els lípids i paràmetres inflamatoris (Healy et al., 2015).

Tenint en compte l'alta prevalença del CS i l'alt volum de temps sedentari en els diferents contextos i en especial a nivell ocupacional, en la última dècada hi ha un creixent interès en estudis d'assajos clínics d'avaluació d'intervencions per limitar o reduir el CS en adults (Peachey et al., 2020). Aquestes intervencions es poden classificar en tres tipus: a) intervencions ambientals, que impliquen adaptacions o canvis en entorns particulars (per exemple, incloure *sit-stand-desks* a la feina per interrompre el temps assegut fent activitats laborals dempeus o bé, dispositius limitadors del temps sedentari mirant l'ordenador); b) intervencions comportamentals, educatives i motivacionals dirigides a modificar el CS de l'individu (per exemple, aplicacions i programes de salut mòbils) i; c) intervencions multicomponents, que combinen ambdós tipus (ambientals i comportamentals) (Peachey et al., 2020).

Els darrers metanàlisis d'intervencions de reducció del CS a la feina en adults en general, ha demostrat una reducció significativa global del temps sedentari en -30,4 minuts/dia (Peachey et al., 2020). Les intervencions ambientals van produir la reducció més gran (-40,6 minuts/dia), seguit de les intervencions multicomponent (-35,5 minuts/dia) i comportamentals o motivacionals (-23,8 minuts/ dia) (Peachey et al., 2020). Tot i la major reducció del CS en intervencions ambientals respecte les intervencions comportamentals, ambdós estratègies s'estudien de forma limitada en poblacions clíniques (Nieste et al., 2021).

La majoria dels resultats d'intervencions focalitzades en la reducció del CS en el context laboral, provenen d'estudis on la població diana són adults sans, existint una limitada representació dels adults amb patologia crònica relacionada amb la salut cardiovascular (per exemple, malalties cardiovasculars o DM2) (Dunstan et al., 2021). Consegüentment, es una prioritat avaluar l'efectivitat de les intervencions per reduir el CS en el context laboral en treballadors amb patologia crònica. Així mateix, existeix la necessitat d'avaluar l'efecte de les intervencions a llarg termini (12 mesos) per considerar la sostenibilitat i eficàcia a llarg plaç d'aquestes (Dunstan et al., 2021).

1.5. Intervencions per limitar i reduir el comportament sedentari des de l'Atenció Primària de Salut.

L'APS s'ha descrit com "la pedra angular" del sistema sanitari. A Anglaterra, el sistema nacional de salut (en anglès, el National Health Service -NHS), estima que l'APS genera més de 300 milions de consultes de pacients a l'any (Lewith et al., 2016). La majoria de la població està en contacte amb els professionals de la salut d'APS almenys una vegada a l'any (Jeannin et al., 2005). A Espanya, al 2020 es van registrar 243,5 milions de consultes amb els professionals de medicina, 135,7 milions de consultes anuals amb els professionals d'infermeria i 5,3 consultes

per persona i any als professionals d'APS (Instituto Nacional de Estadística 2020). Això evidencia la importància del paper que tenen els professionals de salut de l'APS en la prevenció primària i secundària, al proporcionar orientació basada en l'evidència científica sobre els estils de vida als pacients. Els professionals poden reforçar importants missatges de salut pública entre els pacients, fent-los més individualitzats, focalitzant-los a persones amb patologia crònica, específics i personalment rellevants i facilitar canvis de comportament de forma sostinguda (Williams et al., 2014).

La majoria d'intervencions comportamentals a la pràctica clínica, tant en prevenció primària com secundària de malaltia cardiovascular o altres patologies cròniques prevalents a l'APS, es centren en la reducció del consum de tabac, dietes saludables i la inactivitat física, sense abordar el CS (Tissot et al., 2021; Patnode et al., 2017). Per una banda, el consell per promoure l'AF a nivell assistencial a l'APS té un efecte limitat en el comportament dels pacients i pot ser que, per si sol, no sigui suficient per canviar el comportament de l'AF (van der Wardt et al., 2021). D'altra banda, existeix poca evidència sobre la efectivitat de les intervencions per reduir o limitar el CS a l'AP, principalment per l'escassetat dels estudis, les limitacions metodològiques, baixa qualitat de l'evidència i heterogeneïtat entre els estudis (Tissot et al., 2021). A més, la majoria de les intervencions efectives en la reducció del CS només s'han mesurat en adults sans o adolescents immediatament després de finalitzar la intervenció, per tant no permet conclusions en població clínica i a llarg termini (Tissot et al., 2021). Una revisió sistemàtica sobre la efectivitat de les intervencions en la prevenció del risc cardiovascular en grups d'adolescents a l'APS va suggerir que les intervencions destinades a disminuir el CS tendien a tenir més efectes significatius sobre el CS que les intervencions dirigides a l'AF o la dieta (Tissot et al., 2021). Tampoc existeix recomanacions sobre quin tipus d'intervencions (un follet informatiu, recordatoris telefònics, ús d'app's mòbils, intervencions multicomponents) són més efectives en aquest àmbit sanitari (Tissot et al., 2021). Per tant, manca evidència sobre l'efectivitat de les intervencions per limitar o reduir el CS en població clínica a l'APS.

1.6. Instruments de mesura de l'activitat física i el comportament sedentari a l'atenció primària de salut.

Les eines de mesura i detecció de la inactivitat física i el CS són fonamental per poder establir un pla d'intervenció adaptat a cada pacient. Els instruments de mesura de l'AF a les consultes d'APS poden ser subjectius o objectius. Combinar ambdós mètodes pot fer que es tingui una visió més integral del comportament dels pacients (Healy et al., 2011).

1.6.1. Mètodes subjectius.

Els qüestionaris validats són els mètodes més utilitzats a les consultes d'AP pel fàcil, ràpid i cost d'aplicació, però estan subjectes a una sèrie de limitacions, concretament la subjectivitat, podent induir errors en estar influenciats per la capacitat per recordar l'AF de manera retrospectiva, així com la percepció personal dels subjectes, amb tendència a la infravaloració en el CS o sobrevaloració en l'AF (Healy et al., 2011). Actualment, per identificar la inactivitat física, tenint en compte la limitació de temps a les consultes i la necessitat de simplificar els procediments, s'utilitza la versió espanyola del qüestionari Brief Physical Activity Assessment Tool (SBPAAT) (Puig-Ribera et al., 2012), la qual està inclòs a l'Estació Clínica d'Atenció Primària (ECAP), el programa d'història clínica informatitzada que utilitzen la majoria dels professionals de la salut a Catalunya.

A continuació, es detallen alguns dels principals qüestionaris validats al nostre entorn per identificar la inactivitat i el CS laboral.

- La versió espanyola de la SBPAAT: permet identificar de manera ràpida (menys de 2 minuts) els pacients que no compleixen les recomanacions d'AFMV. El realitza el professional sanitari. Permet classificar als pacients en funció de si són suficientment o insuficientment actius (Puig-Ribera et al., 2012). El SBPAAT ha demostrat una validesa moderada ($k = 0,454$, IC 95%: 0,402-0,505) i una especificitat i sensibilitat del 74,3% i 74,6%, respectivament. La validesa és suficient per identificar els minuts diaris d'AFM ($r = 0,215$, IC del 95%: 0,156 a 0,272) i AFV ($r = 0,282$, IC del 95%: 0,165 a 0,391) (Puig-Ribera et al., 2015).

- La versió curta del Qüestionari Internacional d'Activitat Física (IPAQ) consta de 6 preguntes, i identifica el temps diari o setmanal (minuts/dia; minuts/setmana) realitzant AFV, AFM, caminant i temps assegut durant els darrers 7 dies. Encara que és un qüestionari autoadministrat, pot ser dirigit pel personal del centre de salut a aquelles persones amb dificultats de comprensió. El seu emplenament porta aproximadament 5 min (Román Viñas et al., 2013). Ha obtingut una moderada correlació per AF total ($r=0,27$; $p<0,05$), temps dedicat a AFV ($r=0,38$; $p<0,01$) i la sensibilitat del 75% i la especificitat del 75% ($\kappa=0,33$) (Román Viñas et al., 2013) i també s'ha utilitzat per mesurar el temps assegut en diversos estudis internacionals de prevalença (Bennie et al., 2013; Bauman et al., 2011; Rosenberg et al., 2008).

- La versió espanyola del Workforce Sitting Questionnaire, WSQ (Marshall et al., 2010). Avalua el CS (minuts/dia) en un dia laboral i no laboral durant els darrers 7 dies. Està dissenyat per a treballadores i treballadors amb feines d'oficina i avalua el temps assegut diari en 5 dominis diferents: (1) desplaçaments, (2) a la feina, (3) veure TV, (4) fer servir l'ordinador a casa, (5) realitzar altres activitats de lleure. Aquest qüestionari té una validesa i fiabilitat en la població adulta per al temps assegut a la feina entre setmana ($r = 0,69-0,74$), mentre que és més baix per als dies de cap de setmana en tots els dominis ($r = 0,23-0,74$) (Karasek et al., 1998).

1.6.2. Mètodes objectius.

Els mètodes objectius permeten avaluar el nivell d'AF i CS amb precisió i la possibilitat de quantificar la intensitat, la freqüència i el temps del moviment/assegut, però no aporten informació sobre el tipus d'activitats o els contextos on transcorren, necessitant l'ús de mètodes subjectius. Tot i això, s'ha començat a substituir els mètodes subjectius clàssics o indirectes com a qüestionaris per l'ús de sensors de moviment (Plasqui et al., 2013).

Els sensors de moviment converteixen una senyal mecànica (per exemple, la vibració) en una senyal elèctrica i es poden classificar en podòmetres, acceleròmetres i inclinòmetres (Li et al., 2016). Hi ha un interès creixent en l'entorn sanitari, ja que els professionals poden monitoritzar i avaluar les variables fisiològiques de moviment del pacient, en temps real i de forma remota, sense interferir en les activitats de la vida diària (Li et al., 2016).

Els podòmetres són els dispositius més senzills, barats i utilitzats dels sensors de moviment, d'ús fàcilment comprensible que informen del nombre de passos caminant, però són incapaços de percebre canvis de direcció i són indicadors pobres de la despesa energètica (Li et al., 2016). Mesuren el número de passes de l'individu per mitjà d'un càlcul indirecte, el mecanisme detecta un moviment i mitjançant un algoritme matemàtic es tradueix aquest moviment en un número. Tenen una fiabilitat i validesa acceptable per al seguiment del recompte de passos en l'entorn ambulatori en adults amb diferents grups d'IMC durant la marxa a velocitat constant i variable (Hasson et al., 2009).

Els acceleròmetres són sensors que permeten mesurar i quantificar els patrons de CS i d'AF (freqüència, duració i intensitat del moviment). Mesuren el moviment (velocitat i temps) o les acceleracions fins a tres dimensions (antero-posterior, mig-lateral i longitudinal) (Krasnoff et al., 2008). Utilitzen un dispositiu piezoelèctric i microprocessadors que mesuren l'acceleració del cos i el converteixen en una senyal digital quantificable (counts). L'acceleració fonamenta els seus resultats en l'existència d'una relació lineal entre la integral de l'acceleració corporal i el consum d'oxigen, fet que permet el càlcul de la despesa energètica associada al moviment (Garatachea et al., 2010). Són un mètode més precís de mesura que els podòmetres, degut a que són sensibles a la AF lleu o les activitats sedentàries. Una de les limitacions de l'ús d'aquests dispositius a la pràctica clínica, és l'avaluació de les dades obtingudes, donat que requereixen un tractament i anàlisi de dades. Així mateix, és necessari definir el protocol i la configuració de l'acceleròmetre tenint en compte el temps d'emmagatzematge de la informació (epoch), hores de registre diari, número de dies i dies de la setmana en els que s'analitzarà el nivell d'AF (Heil et al., 2012). Tot i que els acceleròmetres aporten informació sobre el temps, la durada i la intensitat dels

moviments ambulatoris (que permet realitzar estimacions del temps sedentari), no aporta dades sobre els canvis de posició (de peu, assegut o estirat). Un exemple d'acceleròmetre es l'ActiGraph que existeixen diferents models que han demostrat tenir una bona validesa per al recompte de passos i avaluació de diverses velocitats de caminar i córrer (Ngueleu et al., 2022). A nivell comercial, a causa del seu disseny i portabilitat de baix cost, l'accelerometria ha impulsat el desenvolupament de dispositius de polsera portàtils que han experimentat un augment significatiu de l'aptitud personal en els darrers anys. Dispositius com FitBit (FitBit Inc; www.fitbit.com), Jawbone Up (Jawbone; jawbone.com/up), Nike Fuelband (Nike; www.nike.com/us/en_us/c/nikeplus-fuel), i Microsoft Band (Microsoft; www.microsoft.com/microsoft-band/en-us) proporcionen dades sobre una sèrie de paràmetres fisiològics i de moviment, com ara la freqüència cardíaca, la despesa calòrica, el seguiment del son i els passos caminant que després es transmeten sense fil a un compte d'usuari personal (Li et al., 2016).

Els inclinòmetres son dispositius que es col·loquen a la cuixa, pel que permeten una avaluació més detallada del temps específic durant el qual l'individu està en posició asseguda, estirada, dempeus o en moviment (Chastin et al., 2010). Permeten caracteritzar millor el temps dempeus versus el temps sedentari que els monitors de canell o de cintura. Un dels inclinòmetres més utilitzats és l'activPAL3™ (PAL technologies, Glasgow, Scotland). El dispositiu activPAL3™ és una mesura vàlida per quantificar la posició corporal i els patrons d'activitat diària (Lyden et al., 2017). El dispositiu es col·loca a la cuixa dels participants mitjançant una funda de nitril flexible i una pel·lícula transparent (10 × 10 cm d'apòsit adhesiu d'escuma Tegaderm™ hipoalergènic), Figura 6. La coberta impermeable de l'activPAL3™ permet als participants portar el monitor contínuament durant 24 hores al dia durant 7 dies complets, inclòs en activitats aquàtiques. Les dades obtingudes de l'activPAL3™ són: temps sedentari total, temps total dempeus, nombre total d'interrupcions sedentàries i nombre de d'interrupcions sedentàries agrupades en diferents períodes de temps (< 20 min, 20–40 min, 40-60 min). i > 60 min), el temps acumulat en els diferents períodes sedentaris, l'AF d'intensitat lleu i l'AFMV.



Figura 6. Exemple de col·locació de l'inclinòmetre ActivPAL.

En la figura 7 es mostra les dades d'AF obtingudes d'un sol dia mitjançant el dispositiu ActivPAL. A la part superior es pot objectivar un exemple de patró del CS perllongat (una persona que interromp de forma poc freqüent els períodes sedentaris) i a la part inferior un patró del CS interromput (una persona que interromp de forma freqüent els períodes sedentaris). Els dos patrons tenen un temps total assegut similar (~ 13 hores) i d'AFMV, però patrons contrastats del CS i AF lleugera.

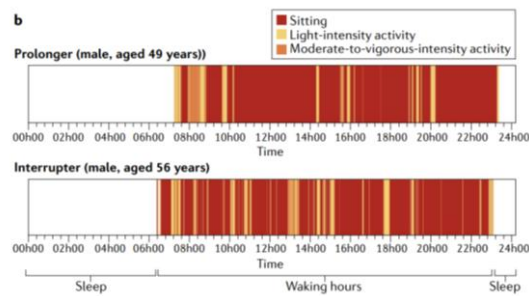


Figura 7. Dades d'activitat física d'un sol dia generades des del dispositiu ActivPAL. (Dunstan et al., 2021).

1.7. Resum de punts clau i llacunes d'evidència.

La inactivitat física i el CS són un problema de salut important, tant per la seva prevalença a nivell poblacional com pel seu impacte ens els principals problemes de salut. S'associen de manera independent amb un augment de la mortalitat per qualsevol causa, la mortalitat per malalties cardiovasculars i constitueixen els principals factors de risc de les malalties cròniques prevalents, com ara les malalties cardiovasculars, alguns càncers específics, la obesitat, la DM2, les dislipèmies, l'osteoporosi, entre d'altres. Ser insuficientment actiu no és el mateix que ser sedentari, ja que es refereix a una persona que acumula una quantitat insuficient d'AFMV segons les recomanacions actuals de la OMS (és a dir, <150 min/setmana). Per contra, els individus sedentaris són aquells que passen llargs períodes de temps assegut de forma perllongada (generalment > 7 h/dia) en qualsevol comportament de vigília caracteritzat per una despesa energètica $\leq 1,5$ MET. Substituir períodes sedentaris ininterromputs en períodes de 30-60 minuts d'AF de qualsevol intensitat s'associa a una reducció de la mortalitat cardiovascular per totes les causes i dels marcadors cardiometabòlics. El CS es cada vegada més prevalent, motivat per l'entorn. El context laboral es el principal contribuïdor del temps sedentari diari total en treballadors d'oficina que romanen el 70 i el 85% del temps a la feina asseguts. Existeix evidència limitada sobre intervencions que resultin efectives per limitar o reduir el temps sedentari entre els adults amb patologia crònica i en el context laboral. També hi ha evidència limitada sobre l'efectivitat d'intervencions per abordar el CS des de l'APS, el qual és rarament abordat en la pràctica assistencial. Per tant, es necessari dissenyar, implementar i avaluar intervencions des de

la pràctica clínica que abordin la limitació o reducció del CS centrades en l'àmbit laboral en persones amb patologia crònica.

2. La Diabetis mellitus tipus 2

Aquest apartat es centra en el problema d'estudi, la DM2, es detalla els criteris diagnòstics, la etiopatogènia i factors de risc de la DM2 i prediabetis i els principals mètodes no invasius d'identificació d'individus amb risc de desenvolupar diabetis. Es descriuen les principals intervencions no farmacològiques, educatives i en els estils de vida, que es duen a terme actualment en l'abordatge de la DM2 a l'Atenció Primària de Salut.

2.1. Definició de diabetis Mellitus tipus 2

2.1.1. Definició de la Diabetes Mellitus .

La Diabetis Mellitus (DM) representa a un grup de trastorns metabòlics caracteritzats per una hiperglucèmia mantinguda, independentment de l'etiologia subjacent (ElSayed ET AL., 2023).

2.1.2. Criteris diagnòstics i classificació.

El diagnòstic de la DM es pot dur a terme mitjançant qualsevol dels tres criteris establerts: els valors de glucosa plasmàtica en dejú o el valor de glucosa plasmàtica a les 2 hores de la prova de tolerància oral a la glucosa (PTOG) de 75g o bé amb la determinació de la hemoglobina glucosilada (HbA1c) (Taula X). La concordança entre la PTOG a les 2h i la HbA1c no es perfecta; per tant, el diagnòstic de DM requereix 2 resultats anormals diferents (glucosa en dejú o HbA1c), ja sigui de la mateixa mostra o 2 resultats anormals en mostres de diferents dies. Un nivell de glucosa $\geq 200\text{mg/dl}$ y la presència de símptomes d'hiperglucèmia com la poliúria i la polidípsia confirmen el diagnòstic (ElSayed et al., 2023).

Les mateixes proves es poden utilitzar per detectar individus amb prediabetis (taula 1). La diabetis es pot identificar a qualsevol part de l'espectre d'escenaris clínics: en individus aparentment de baix risc que es fan proves de glucosa, en individus examinats segons l'avaluació del risc de diabetis i en pacients simptomàtics.

Taula 1. Criteris per al diagnòstic de la diabetis (adaptada ElSayed et al., 2023)

Glucosa plasmàtica en dejú ≥ 126 mg/dL (7,0 mmol/L). El dejuni es defineix com la no ingesta calòrica durant almenys 8 h.*
o
Glucosa plasmàtica a les 2 hores de la PTOG ≥ 200 mg/dL (11,1 mmol/L). La prova s'ha de realitzar tal com descriu l'OMS, utilitzant una càrrega de glucosa que contingui l'equivalent a 75 g de glucosa anhidra dissolta en aigua.*
o
HbA1C $\geq 6,5\%$ (48 mmol/mol). La prova s'ha de realitzar en un laboratori utilitzant un mètode certificat NGSP i estandarditzat per a l'assaig DCCT.*
o
Glucosa plasmàtica aleatòria ≥ 200 mg/dL (11,1 mmol/L) en un pacient amb símptomes clàssics d'hiperglucèmia o crisi hiperglucèmia.

DCCT, Diabetes Control and Complications Trial; PTOG, prova de tolerància oral a la glucosa; NGSP, National Glycohemoglobin Standardization Program; OMS, Organització Mundial de la Salut; *En absència d'hiperglucèmia inequívoca o símptomes d'hiperglucèmia, el diagnòstic requereix dos determinacions anormals de la prova de la mateixa mostra o en dues mostres de prova separades.

El terme prediabetis, també anomenat hiperglucèmia intermèdia reconeix a un grup de persones amb nivells de glucosa que no compleixen criteris per al diagnòstic de diabetis però són massa alts per a ser considerats normals (ElSayed ET AL., 2023), una glucosa basal entre 100 i 125mg/dl -anomenada glucèmia basal alterada (GBA)-; una PTOG de 75g d'hidrats de carboni a les 2 hores entre 140-199mg/dl- anomenada intolerància a la glucosa (ITG); o una HbA1c entre 5,7-6,4%.

La diabetis es pot classificar en les següents categories generals:

1. Diabetis tipus 1 (a causa de la destrucció de cèl·lules β autoimmunes, que normalment condueix a una deficiència absoluta d'insulina, inclosa la diabetis autoimmune latent de l'edat adulta o LADA)
2. Diabetis tipus 2 (a causa d'una pèrdua progressiva no autoimmune de la secreció adequada d'insulina de cèl·lules β amb freqüència en el context de la resistència a la insulina i la síndrome metabòlica)
3. Diabetis mellitus gestacional (diabetis diagnosticada en el segon o tercer trimestre de l'embaràs que no era clarament una diabetis manifesta abans de la gestació)
4. Altres tipus específics de diabetis deguts a altres causes, per exemple, síndromes de diabetis monogènica (com la diabetis neonatal i la diabetis d'inici de la maduresa dels joves, en anglès, maturity-onset diabetes of the Young o MODY), malalties del pàncrees

exocrí (com la fibrosi quística i la pancreatitis) o les induïdes per fàrmacs o productes químics (com amb l'ús de glucocorticoides, en el tractament del VIH o del trasplantament d'òrgans)

Aquesta classificació repassa les formes més comuns de diabetis, però no és exhaustiva. Per obtenir informació addicional, es pot consultar la declaració de posició de l'American Diabetes Association (ADA) "Diagnòstic i classificació de la diabetis mellitus" (ElSayed ET AL., 2023).

2.2.Epidemiologia de la DM2 i la prediabetis.

La DM2 constitueix un important problema de salut pública, amb una tendència creixent en els darrers anys relacionada amb l'envelliment de la població i l'adopció d'estils de vida poc saludables (International Diabetes Federation 2021). A nivell mundial, va afectar al 10,5 % de la població entre 20 a 79 anys l'any 2021, amb una previsió d'augment al 12,2% el 2045, va ser el responsable del 11% de las morts anuals i va ocupar una important càrrega econòmica en costos en atenció mèdica inclosa l'atenció ambulatoria, hospitalària, els productes farmacèutics i l'atenció a les emergències (International Diabetes Federation 2021). Espanya es el segon país d'Europa amb més persones amb DM2, concretament a l'any 2021 i va haver un increment del 42% de les persones amb DM2 respecte el 2019, amb una prevalença del 14,8% (International Diabetes Federation 2021). A més, gairebé la meitat de les persones que viuen amb DM2 no estan diagnosticades (Cho et al., 2018) el que representa un risc més alt de desenvolupar complicacions. Les complicacions de la DM2 són les responsables de les principals causes de mort i la majoria de despeses derivades de la malaltia, tant de costos directes (complicacions agudes, empitjorament de les cròniques, ingressos hospitalaris, visites, fàrmacs i apòsits), com indirectes (baixes laborals , jubilació anticipada i mort prematura), així com costos intangibles o psicològics (patiment del pacient i qualitat de vida) (Mata et al., 2022). A Espanya al 2019, el grup de fàrmacs utilitzats en la DM2 va ser el que va facturar un major import a Preu de Venta Pública, 1.705,2 milions d'euros, el 13,5% del total (Instituto Nacional de estadística 2020). Per tant, intervenir sobre els principals factors de risc modificables de la DM2 podria atenuar o reduir les complicacions macro i microvasculars, repercutint favorablement en la qualitat de vida dels pacients i els costos de la malaltia.

2.3.Etiopatogènia i factors de risc de DM2 i prediabetis.

La DM2 es caracteritza per un dèficit progressiu de la secreció de la insulina iniciat després d'un procés de resistència insulínica (RI) condicionat per diferents factors genètics i ambientals. La RI es defineix clínicament com la incompetència d'una concentració determinada d'insulina (endògena o exògena) per incrementar la utilització cel·lular de glucosa (Lebovitz 2001). A partir d'un substrat genètic, diversos condicionants ambientals poden motivar una expressió diferent de la malaltia en cada individu. Entre els principals factors ambientals i estils de vida s'inclouen la

inactivitat física, el CS, dietes occidentals denses en energia, la obesitat (principalment abdominal), la exposició al soroll o pols fina, les alteracions del son, el tabaquisme, l'estrès, la depressió i un baix nivell socioeconòmic (Kolb et al., 2017).

Dels factors de risc no modificables l'edat es el principal factor de risc. Tot i que la DM2 incrementa amb la edat, sobretot a partir dels 70 anys, es considera fonamental un abordatge intens, sobretot en població més jove (en edat laboral), atès que existeix un excés de mortalitat cardiovascular major en edats més primerenques (per sota dels 55 anys). En canvi, en majors de 75 anys no s'objectiva aquest increment, havent un pitjor control glucèmic en edats més joves (Tancredi et al., 2015). A més, en l'estudi de Rawshani (Rawshani et al., 2018), després d'analitzar 1,6 milions de persones dels quals 240.000 presentaven DM2, els pacients amb diagnòstic de DM2 en edats més primerenques (<40 anys) presentaven el doble de mortalitat total i mortalitat no cardiovascular, i quasi tres vegades més de mortalitat cardiovascular respecte el grup control. Aquestes xifres disminuïen progressivament fins no diferenciar-se amb població sense diabetis a partir dels 70 i 80 anys d'edat (Rawshani et al., 2018). A la taula 2 es descriuen els principals factors de risc de la DM2. L'ADA recomana la caracterització d'individus d'alt risc de desenvolupar DM2 per prevenir el desenvolupament i millorar el maneig de la malaltia a través d'intervencions en els estils de vida (ElSayed et al., 2023).

Taula 2. Principals factors de risc de la DM2 (adaptada de ElSayed et al., 2023).

<p>Factors de risc no modificables</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Edat: edat adulta i tercera edat. - Antecedents familiars de primer grau - Antecedents diabetis mellitus gestacional (DMG) - Raça/ètnia d'alt risc (p. ex., afroamericà, llatí, nadiu d'Amèrica, asiàtica) - Síndrome d'ovari poliquístic (SOP)
<p>Factors de risc modificables</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inactivitat física - Comportament sedentari - Obesitat, sobrepès i obesitat abdominal: l'obesitat (índex massa corporal (IMC) ≥ 30 kg/m²) i sobrepes (IMC de 25-30 kg/m²) augmenten el risc d'ITG i DM2 en totes les edats. - Tabaquisme: el consum de tabac s'associa a un risc més gran de DM2 de manera dosi dependent (com més cigarrets, més risc). - Patrons dietètics: la dieta pot influir en el desenvolupament de DM2 en afectar el pes corporal. Una dieta caracteritzada per un alt consum de carns vermelles o precuinades, productes lactis alts en greix, refrescos ensucrats, dolços i postres s'associa amb un risc

	<p>més gran de DM2 independentment de l'IMC, activitat física, edat o antecedents familiars de DM2.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trastorns de regulació de la glucosa: també anomenats prediabetis o estats intermedis d'hiperglucèmia, inclouen glucèmia basal alterada, tolerància alterada a la glucosa i elevació de l'hemoglobina glucosilada.
	<p>Condicionants clínics associats a major risc de DM2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Malaltia coronària, insuficiència cardíaca avançada i/o malaltia vascular. - Hipertensió ($\geq 140/90$ mmHg o en tractament per a la hipertensió) - Nivell de colesterol HDL < 35 mg/dL (0,90 mmol/L) i/o nivell de triglicèrids > 250 mg/dL (2,82 mmol/L) - Fàrmacs: esteroides, diürètics tiazídics, antiretrovirals o antipsicòtics. - VIH i teràpies antiretrovirals. - Pes alt o baix al nàixer.

2.4. Identificació d'individus amb risc de desenvolupar diabetis amb mètodes no invasius.

A nivell mundial, s'estima que gairebé la meitat de totes les persones (49,7%) que viuen amb diabetis no estan diagnosticades (Cho et al., 2018). La durada desconeguda de la malaltia augmenta els riscos associats. Per tant, el diagnòstic i l'abordatge precoç és fonamental per retardar i aturar la progressió de la DM2 i l'evolució de les complicacions associades. La detecció precoç permet la implementació de mesures correctores que han demostrat ser efectives per reduir la morbimortalitat de la malaltia amb una reducció de les complicacions agudes i cròniques i de la mortalitat cardiovascular (American Diabetes Association 2021).

Existeixen situacions de risc per al desenvolupament de la DM2 descrites anteriorment (taula 2). Actualment, s'ha suggerit utilitzar estratègies de cribratge oportunista amb glucèmia basal cada 4 anys en majors de 45 anys, dins del context de detecció d'altres factors de risc cardiovascular (Mata-Cases et al., 2015). Es disposa de mètodes invasius per a identificar la DM2 desconeguda com la glucèmia basal, la PTOG de 75g i la HbA1c.

La majoria dels models de predicció o instruments de cribratge de DM2 existents es basen en mètodes invasius amb variables de laboratori (nivells de glucosa, HbA1c, PTOG, àcid úric, osmolalitat sanguínia, sodi, nitrogen ureic en sang, triglicèrids, colesterol LDL, entre d'altres), o bé, combinacions de mesures no invasives i bioquímiques (glucèmia, insulinèmia, components

de la síndrome metabòlica) que són complexes i costoses d'obtenir, donat que requereixen anàlisis de sang al laboratori (Dinh et al., 2019)

Tot i així, en els darrers anys s'han proposat nous models predictius o eines de cribratge més senzilles, en forma de qüestionaris curts, que inclouen factors de risc tradicionals (per exemple, antecedents familiars de diabetis, antecedents personals d'alteració glucídica prèvia, edat, pes, IMC o circumferència abdominal) o d'estils de vida (per exemple, tabaquisme, consum d'alcohol, AF) però no tenen en compte les característiques objectives dels patrons de l'AF ni del CS. Aquests models es basen en autoinformes o mètodes subjectius (Dinh et al., 2019; Deberneh et al., 2021). És per això que resulta cabdal en l'àmbit de l'APS i també des de la perspectiva de salut pública, desenvolupar eines, adaptades a la pràctica clínica, per a la detecció i l'abordatge precoç d'adults amb DM2 o en situació de risc de DM2, que incorporin dades no invasives del patró de l'AF i el CS, objectives, de baix cost i que estiguin a l'abast de la majoria de la població.

2.5. Diabetis tipus 2 i Atenció Primària de Salut: Rellevància de promoure comportaments saludables.

Al voltant del 90% de les persones diagnosticades de DM2 tenen dues o més comorbiditats, sent les més freqüents el sobrepès, l'obesitat, la hipertensió arterial (HTA) i la dislipèmia. Això comporta que en molts casos presentin complicacions cardiovasculars o malaltia renal crònica en el moment del diagnòstic (Iglay et al., 2016). Les persones amb DM2 tenen entre dos i quatre vegades més risc de malaltia cardiovascular en comparació amb les persones que no tenen DM2, i aquestes complicacions apareixen de forma més precoç (Haffner et al., 1990). Concretament, s'estima que almenys el 20% dels pacients amb DM2 presenten algun tipus d'alteració neuropàtica; el 15 - 50 % retinopatia; i el 3 - 35 %, nefropatia (Goday 2002). És per això que un control glucèmic adequat, associat al control dels factors de risc cardiovascular, disminueix la probabilitat d'aparició de complicacions macro i microvasculars i evita la progressió de les complicacions (García et al., 2018). A nivell de la pràctica clínica, per al control glucèmic s'utilitza la determinació de la HbA1c i la glucèmia capil·lar. Tot i així, en els darrers anys s'han incorporat dispositius de monitorització contínua de la glucosa (MCG), que permeten tenir un major registre de dades i conèixer el comportament glucèmic en temps real (Sodi et al., 2018).

L'abordatge i seguiment del pacient amb DM2 per part de l'equip d'APS té com a estratègia una intervenció multidisciplinària i integral en què participen professionals d'infermeria i medicina familiar i comunitària que inclou consultes periòdiques amb actuacions terapèutiques i de promoció de la salut que van dirigides al control estricte metabòlic, del pes i factors de risc cardiovascular, les comorbiditats per prevenir o retardar les complicacions de la malaltia i mantenir o millorar la qualitat de vida del pacients (Mata-Cases et al., 2013). El tractament no

farmacològic i de promoció de la salut són els pilars fonamentals sobre els quals s'ha de basar el tractament de la DM2 (Programa d'Harmonització Farmacoterapèutica 2019).

La promoció de la salut és el procés que permet a les persones incrementar el control sobre la salut per millorar-la (WHO 2012). La promoció de la salut reconeix la salut com un concepte positiu i se centra en els factors que hi contribueixen. Busca que totes les persones desenvolupin el seu major potencial de salut tenint en compte els actius de la comunitat i les condicions socials subjacents que determinen la salut - els Determinants Socials de la Salut (WHO 2012). L'abordatge de la promoció de la salut implica accions dirigides a fomentar els estils de vida saludables, augmentar les habilitats i les capacitats (empowerment o empoderament) de les persones i comunitats així com també modificar les condicions socials, ambientals i econòmiques que tenen impacte en els determinants de salut (Davies et al., 1998).

Segons l'ADA, facilitar comportaments saludables i mantenir el benestar psicològic és fonamental per assolir els objectius de tractament de la DM2 i maximitzar la qualitat de vida de les persones que el pateixen (Young-Hyman et al., 2016; Powers et al., 2020). Considera que l'educació i el suport per a l'autogestió de la diabetis, l'AF diària, la teràpia nutricional, l'assessorament per deixar de fumar quan sigui necessari, l'assessorament sobre comportaments de salut i l'atenció psicosocial són elements essencials per millorar la salut dels adults amb DM2 (ElSayed et al., 2023). Per tant, recomana que les persones amb DM2 i els professionals de la salut participin en una atenció integral, col·laborativa i centrada en la persona (ElSayed et al., 2023), on tots els pacients amb DM2 rebin educació i suport sobre l'autocontrol de la DM2 que faciliti la presa de decisions en la selecció del pla de tractament, en la selecció de recursos mèdics, comportamentals, psicosocials i tecnològics segons sigui necessari i també en l'acord i seguiment d'objectius comportamentals que s'incloguin en els plans de tractament (Greenwood et al., 2020).

Actualment, el CS no s'aborda de forma habitual en les visites inicials i de seguiment del pacient amb DM2 a la pràctica clínica de l'APS ni s'inclou en el contingut de les principals guies de pràctica clínica (Mata-Cases et al., 2013; RedGDPS 2018). A nivell de la pràctica clínica, les principals intervencions no farmacològiques inclouen les activitats educatives i de compliment del tractament centrades sobretot en l'alimentació i la pràctica regular d'exercici físic (Mata-Cases et al., 2013). La majoria d'intervencions es centren en el consell breu d'exercici físic, és a dir, en l'AFMV estructurada, planificada i repetitiva en el temps de lleure. Aquestes estratègies actuals d'autocura centrades en l'exercici físic són insatisfactòries i tenen una escassa adherència en persones amb DM2 (da Rocha et al., 2020).

El cribratge del CS i la inactivitat física és el primer pas per dissenyar i implementar una intervenció eficaç de reducció i limitació del CS. De manera que la incorporació d'eines de

detecció del CS i l'AF adaptades a les característiques clíniques dels pacients crearia una oportunitat perquè els professionals d'APS proporcionessin assessorament personalitzat per modificar aquest estil de vida. Tot i així, la detecció i avaluació del CS i dels nivells d'AF actualment és poc habitual a nivell assistencial (Lobelo et al., 2014), motiu pels quals les recomanacions no són adaptades a població clínica específica i, no inclouen el CS, l'AF lleugera ni la informació dels dominis o contextos del CS o l'AF.

Així doncs a l'APS, es important integrar noves eines assequibles per a la majoria de la població per fer efectives les recomanacions de reducció i interrupció del CS en les activitats de seguiment, control, i tractament no farmacològic del pacient amb DM2 des de la pràctica clínica. A més es requereix integrar mesures objectives de CS no invasives per detectar i abordar precoçment els adults amb DM2 o en situació de risc de DM2, així com també implementar intervencions efectives de reducció i interrupció del CS en les persones amb DM2 des de la pràctica assistencial.

2.6. Resum de punts clau i llacunes d'evidència.

La DM2 es una malaltia crònica complexa altament prevalent, mortal i costosa resultat d'un dèficit progressiu de la secreció de la insulina iniciat després d'un procés de resistència perifèrica a l'acció de l'hormona, condicionat per diferents factors genètics i ambientals, que ocasiona hiperglucèmia i condueix a l'aparició de complicacions microvasculars i macrovasculars. A més, s'estima que gairebé la meitat de les persones que viuen amb DM2 no estan diagnosticades. Existeix una clara relació entre les complicacions i el control glucèmic. En els pacients amb DM2, el control estricte dels factors de risc cardiovascular i la detecció precoç és essencial per disminuir l'aparició de complicacions i la mortalitat. La inactivitat física i el CS son dos dels principals factors de risc modificables que contribueixen al seu desenvolupament i control inadequat. Els adults amb DM2 són controlats per l'equip d'atenció primària de salut. D'una banda, la majoria de models de predicció o instruments de cribratge de DM2 a l'APS es basen amb variables de laboratori (nivells de glucosa, HbA1c) que resulten complexes i costoses d'obtenir a nivell poblacional. Es necessari incloure variables no invasives objectives, fàcils i econòmiques d'obtenir, per millorar l'infradiagnòstic de la malaltia. D'altra banda, els aspectes fonamentals en la gestió de la DM2 i la prevenció de complicacions, inclou la promoció de comportaments saludables, entre els que es troben la promoció de l'AF i la reducció del CS amb un enfoc integral. No obstant, a la pràctica clínica el tractament no farmacològic del pacient amb DM2 es focalitza amb l'alimentació i la pràctica regular d'exercici físic al context de lleure, sense abordar el CS ni la resta de contextos de l'AF (laboral, desplaçaments, a la llar). Integrar mesures objectives de CS no invasives a la pràctica assistencial permetria tenir una visió integral del comportament dels pacients, detectar i abordar precoçment els adults amb DM2 o en situació de risc de DM2, així

com també implementar intervencions efectives de promoció de la salut mitjançant de reducció i interrupció del CS en les persones amb DM2 des de la pràctica assistencial.

3. Activitat Física, Comportament Sedentari i DM2.

Aquesta secció es centra en la rellevància de la inactivitat física i el CS en la població clínica d'estudi, les persones amb DM2. S'especificaran les recomanacions actuals d'AF i reducció del CS així com també les intervencions a l'àmbit de L'APS per limitar i interrompre el CS en persones amb DM2.

3.1. Prevalença d'inactivitat física i comportament sedentari en població amb DM2.

Les persones amb DM2 presenten una baixa adherència a les recomanacions d'AFMV. A nivell mundial, més de la meitat de les persones amb DM2 no compleixen amb els nivells d'AFMV recomanats per setmana (150 minuts de AFM o 75 minuts de AFV) (Bazargan-Hejazi et al., 2017; van der Berg et al., 2016; Jarvie et al., 2019) i presenten un major volum de CS en comparació a la població general (Falconer et al., 2015). A Espanya, un estudi realitzat a 100 centres d'AP va objectivar que el 44% de persones amb DM2 i el 43% amb prediabetis/diabetis desconeguda presentaven uns nivells baixos d'AF, en comparació al 38% d'adults amb metabolisme normal de la glucosa (Brugnara et al., 2016). No obstant, no hi ha dades descriptives específiques del patró del CS en adults amb DM2. La majoria de dades de prevalença del CS es basen en adults de la població global sense descriure dades d'AF i CS en població clínica (adults amb DM2, síndrome metabòlica, síndromes coronàries cròniques, etc) (Instituto Nacional de Estadística 2021).

L'OMS en el darrer informe sobre la situació mundial de la AF 2022 (Milton et al., 2023) va identificar llacunes en els sistemes actuals de dades mundials i nacionals per fer un seguiment dels nivells d'AF en grups poblacions específics com per exemple en persones amb patologia crònica com la DM2 o persones amb discapacitat. A més, va identificar que no hi ha dades sobre els contextos específics de l'AF de la vida diària, com el transport o desplaçament actiu (Milton et al., 2023). Per tant, existeix la necessitat de conèixer el patró del CS en població amb DM2 donat que no hi ha dades sobre en aquesta població clínica.

3.2. El model de moviment de les 24-hores en persones amb DM2: Recomanacions saludables d'activitat física i comportament saludable per a persones amb DM2.

La OMS i l'ADA recomanen que les persones amb DM2 realitzin AF aeròbica (activitats físiques de caràcter rítmic que utilitzen grans grups musculars com per exemple caminar, nedar, anar en bicicleta o utilitzar màquines de treball cardiovascular com cicloergòmetres o cintes rodants) d'intensitat moderada a vigorosa (AFMV) i de resistència muscular (qualsevol AF que utilitzi el propi pes corporal de la persona o treballi contra una resistència) amb regularitat (Davies et al.,

2022; Bull et al., 2020; Colberg et al, 2016). A més, recomana substituir el temps sedentari per AF d'intensitat lleugera tant com sigui possible i interrompre el temps sedentari per activitats físiques de qualsevol intensitat.

Un altre comportament clau en l'estil de vida és el temps i la qualitat del son. Els trastorns del son són freqüents en la DM2 i causen alteracions en la quantitat, la qualitat i el moment de conciliació del son. Els exercicis de flexibilitat (capacitat que té un cos per estirar-se, allargar-se i doblegar-se sense arribar a trencar-se) i equilibri (capacitat de mantenir una posició estàtica o dinàmica, en contra de la gravetat) poden ser especialment importants en adults amb DM2 per mantenir l'amplitud de moviment d'una articulació (la distància, normalment expressada en graus de llibertat, que pot recórrer una articulació des de la seva posició neutra fins a un límit màxim en la realització del moviment, entenent que cada articulació mostra un o diversos graus de llibertat possibles), la força (capacitat d'un múscul o grup de músculs de generar tensió intramuscular sota condicions específiques) i l'equilibri (Colberg et al., 2016) (figura 8).

IMPORTANCE OF 24-HOUR PHYSICAL BEHAVIORS FOR TYPE 2 DIABETES

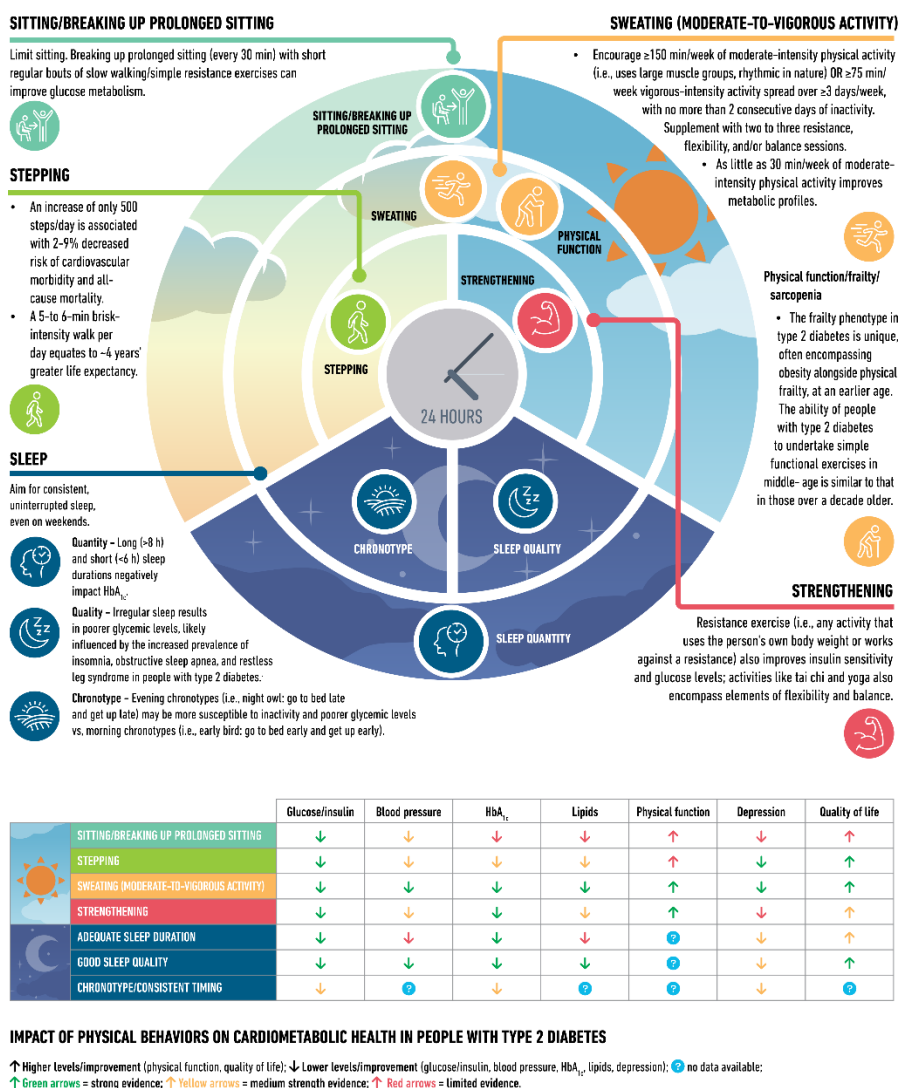


Figura 8. La importància de l'activitat física i comportament sedentari les 24 hores del dia per a la DM2. Recomanacions d'activitat física, del comportament sedentari i del son (Davies et al. 2022).

En relació a la durada i la freqüència de l'AF aeròbica, l'ADA recomana que les sessions d'activitat aeròbica durin almenys 10 minuts, amb l'objectiu d'aproximadament 30 minuts al dia o més la majoria dels dies de la setmana. Recomana fer AF aeròbica a diari, o almenys no deixar que passin més de 2 dies entre sessions d'AF, per disminuir la resistència a la insulina (Jelleyman et al., 2015; Little et al., 2011). Amb el temps, les activitats aeròbiques haurien de progressar en intensitat, freqüència i/o durada fins a almenys 150 min/setmana d'AF d'intensitat moderada. L'ADA també recomana realitzar AF de resistència muscular almenys 2 sessions/setmana en dies no consecutius (Davies et al., 2022). Cada sessió hauria de constar d'almenys un conjunt de cinc o més exercicis de resistència muscular diferent que involucri els grans grups musculars (Kanaley

et al., 2022). Tot i que un entrenament de resistència muscular més intens amb peses lliures i màquines de peses pot millorar el control glucèmic i la força (Willey et al., 2003), es recomana l'entrenament de resistència muscular a qualsevol intensitat per millorar la força, l'equilibri i la capacitat de participar en activitats de la vida diària al llarg de la vida (Ahmad et al., 2022).

L'ADA recomana reduir la quantitat de temps assegut i interrompre'l de forma freqüent, cada 30 minuts, amb episodis breus i regulars, durant 3 minuts, d'AF lleugera (caminata lenta, tasques domèstiques, jardineria) o AF de resistència muscular (Dempsey et al., 2016). Les principals recomanacions d'AF, limitació i interrupció del CS en adults amb DM2 es mostren a la Taula 3.

Taula 3. Recomanacions d'AF i interrupció del comportament sedentari d'adults amb DM2 (adaptada de ElSayed, et al. 2023).

Activitat física	Realitzar 150 minuts o més d'activitat aeròbica d'intensitat moderada a vigorosa a la setmana, distribuïts en almenys 3 dies/setmana, sense més de 2 dies consecutius sense activitat (grau de recomanació B). Durades més curtes (mínim 75 min/setmana) d'entrenament d'intensitat vigorosa o intervàliques poden ser suficients per a persones més joves i amb més aptitud física.
	Participar en 2-3 sessions/setmana d'exercici de resistència muscular en dies no consecutius. (grau de recomanació B)
	Es recomana l'entrenament de la flexibilitat i l'equilibri entre 2 i 3 vegades per setmana. El ioga i el tai-txi es poden incloure en funció de les preferències individuals per augmentar la flexibilitat, la força muscular i l'equilibri (grau de recomanació C).
Comportament sedentari	Disminuir la quantitat de temps dedicat al CS diari (grau de recomanació B). El temps assegut prolongat s'ha d'interrompre cada 30 minuts per obtenir beneficis de glucosa en sang (grau de recomanació C).

3.3. Associacions entre activitat física, comportament sedentari i salut en població amb DM2.

Les característiques del patró de l'AF i CS durant les 24 hores del dia té un impacte significatiu en el control glucèmic i els factors de risc cardiovascular dels adults amb DM2 (Homer et al., 2021; Yates et al., 2014). Per exemple, un augment de 60 minuts del temps sedentari augmenta el risc de mortalitat un 13% (Riegel et al., 2017). Els efectes beneficiosos per la salut són evidents en tot el continu del moviment humà, des de interrompre el temps assegut prolongat amb activitat lleugera (Homer et al., 2021) fins a l'entrenament intervàlic d'alta intensitat (de Mello et al., 2022).

Una àmplia gamma d'activitats físiques (per exemple, un programa d'exercicis basat en ioga o un programa d'exercici de caminada a intensitat moderada, 3 vegades/setmana en sessions de 30 min de duració o caminades curtes de 2 minuts per interrompre el temps sedentari) poden reduir significativament els nivells d'HbA1c (Guo et al., 2021; Moguetti et al., 2020).

Els volums moderats o elevats d'AF aeròbica s'associen a menors riscos cardiovasculars i de mortalitat en adults amb DM2 (Sluik et al., 2012). L'AF aeròbica regular pot produir una millora del control glucèmic amb reduccions del temps diari d'hiperglucèmia i reduccions (0,6%) en la HbA1c en adults amb DM2 (Delevatti et al., 2019) i de la capacitat cardiorespiratòria, la capacitat de resistència a la fatiga durant activitats en què la síntesi de ATP es produeix fonamentalment per mitjà del metabolisme aeròbic (Wilmore 2004), (Pan et al., 2018), fins i tot sense un canvi significatiu en l'IMC (Boulé et al., 2001). Els beneficis en la reducció de la HbA1C i de l'aptitud cardiorespiratòria es poden maximitzar fent exercici físic estructurat a nivells més alts d'intensitat (Boulé et al., 2003) o fent AF en períodes postprandial i participant en activitats de 45 minuts (Borror et al., 2018). Les millores sostingudes en l'aptitud cardiorespiratòria i la pèrdua de pes també s'han associat amb un menor risc d'insuficiència cardíaca (Pandey et al., 2020). Altres beneficis inclouen la desacceleració de la disminució de la mobilitat entre les persones amb DM2 que tenen sobrepès (Rejeski et al., 2012).

Així mateix, existeix evidència científica en la millora de la glucosa, flexibilitat, equilibri i reducció de l'HbA1C amb l'entrenament de resistència muscular, utilitzant el propi pes corporal o treballant contra una resistència (peses lliures o màquines de peses), en adults amb DM2 (Colberg et al., 2016; Pan et al., 2018) i d'un benefici afegit al combinar l'AF aeròbica i de resistència muscular en adults amb DM2 (Church et al., 2010). Aquests exercicis físics de resistència muscular són importants atès l'augment de risc de deteriorament funcional en edats primerenques de la DM2 (Ahmad et al., 2022).

Participar en activitats d'oci i evitar períodes de CS prolongats pot ajudar a prevenir la DM2 per a les persones amb risc (Wang et al., 2019; Schellenberg et al., 2013) i també pot ajudar a la gestió de la glucèmia per a les persones amb DM2. Interrompre el temps assegut de forma freqüent atenúa els nivells de glucosa postprandial, insulina, pèptid C i triglicèrids (Dempsey et al., 2016) i redueix la circumferència de cintura, índex de massa corporal (IMC) (Healy et al., 2015), i pressió arterial. Malgrat això, existeix evidència limitada en la reducció de la HbA1C o la millora del perfil lipídic (Dempsey et al., 2018). Així mateix, substituir el temps assegut per estar dempeus (2,5 h/d) i caminar amb intensitat lleugera (un total de 2,2 h/d) cada 30 min pot millorar els nivells de glucosa de 24 hores i la sensibilitat a la insulina més que l'exercici estructurat (Duvivier et al., 2017). L'activitat de pujar escales durant un període curt de 3 minuts també ha estat eficaç per atenuar la glucèmia postprandial (Honda et al., 2016; Honda et al., 2017), però no en la reducció

de la HA1c (Godkin et al., 2018). Les pauses curtes de 5 minuts cada hora durant 12 hores van reduir de manera més eficaç els nivells de glucosa i insulina que 1 hora d'exercici continu d'intensitat moderada al començament del dia en persones amb tolerància a la glucosa alterada (Holmstrup et al., 2014). Petites "dosis" d'AF per interrompre el temps asseguts atenuen moderadament els nivells de glucosa i insulina postprandials, en una major proporció que l'AF contínua moderada, amb majors efectes en persones amb resistència a la insulina i un IMC més alt (Loh et al., 2020). Malgrat els beneficis d'interrompre el temps assegut en petites dosis d'activitat física lleugera, manca evidència científica dels beneficis glucèmics clínicament rellevants a llarg termini de les pauses d'AF a la vida quotidiana en població amb DM2 (Blankenship et al., 2019). Així mateix un augment del nombre de 500 passes/dia s'associa a una disminució del 2-9% del risc cardiovascular i la mortalitat per totes les causes en adults amb DM2 (Rowlands et al., 2021; Saint-Maurice et al., 2020; Yates et al., 2014).

3.4. Intervencions per limitar i interrompre el comportament sedentari en persones amb DM2 des l'atenció primària.

Les intervencions dirigides a la limitar i reduir el CS s'han centrat en població general, adults sans, fora de l'àmbit sanitari, conseqüentment l'eficàcia d'aquestes estratègies en població clínica no són clares (Hadgraft et al., 2021; Martin et al., 2015).

Les intervencions en població general han mostrat una reducció significativa del CS (-22 a -30,4 min/dia) (Peachey et al., 2020; Martin et al., 2015). Per exemple, les intervencions que utilitzen tecnologies com dispositius portables i telèfons intel·ligents redueixen significativament el CS en població general (Peachey et al., 2020; Stephenson et al., 2017). Tot i així, la interpretació dels efectes de la intervenció està limitada per la inclusió en els metanàlisi d'intervencions multifactorials, és a dir, intervencions que combinaven educació sobre diferents factors de risc (per exemple, el tabaquisme, la dieta, AFMV i CS) i amb mesures subjectives del CS (Blackburn et al., 2020; Prince et al., 2020). Es suggereix que les intervencions que es centren únicament en el CS produeixen reduccions molt més grans en el temps sedentari que les intervencions d'AF o combinacions d'AF i CS en població general (Prince et al., 2014). Tot i així, la evidència en població clínica es limitada.

Les intervencions per limitar o reduir el CS centrades en població amb DM2 tenen una limitada representació en els estudis (Hadgraft et al., 2021) i inclouen intervencions comportamentals, basades en una combinació d'estratègies individuals (entrevista motivacional) o grupals (sessió d'educació grupal orientada a coneixements i percepcions de factors de risc per a la DM2 i promoció del canvi de CS), amb diferents formats: sessions presencials, mitjançant trucades telefòniques (des de 1 trucada de seguiment fins a 7), l'ús d'un lloc web o dispositiu portàtils (podòmetres) o aplicació mòbil i diferents tècniques de canvi de comportament (establiment

d'objectius, autocontrol, assessorament motivacional, autoeficàcia, estratègia de resolució de problemes, suport o facilitació social, discussions grupals) (Nieste et al., 2021). Un metaanàlisi, Nieste, I, et al. 2021, que es va centrar en l'efectivitat d'intervencions per reduir el CS en població clínica va incloure persones amb diferents perfils clínics, persones amb sobrepès/obesitat, DM2, malaltia cardiovascular, malalties neurològiques/cognitives o trastorns múscul-esquelètics. Utilitzava diferents estratègies i tècniques, amb mesures objectives del CS, i va mostrar una reducció significativa del CS en -65 min/dia, una major reducció del que s'informa per la població en general amb intervencions comportamentals similars (-30 a -56,86 min/dia) (Nieste et al., 2021). No obstant, els adults amb DM2 representaven una part reduïda de la mostra amb 135 individus i l'alta heterogeneïtat dels resultats podia indicar una resposta diferent segons els subgrups clínics inclosos en el metaanàlisi (Nieste et al., 2021). D'aquesta reduïda mostra, tots els estudis es centraven en adults amb DM2 reclutats a nivell hospitalari (Miyamoto et al., 2017; De Greef et al., 2010). Únicament un dels estudis inclosos en adults amb risc de DM2 (amb obesitat i un o més factors de risc addicional de DM2 com presentar una HbA1c $\geq 5,8\%$ o tenir antecedents familiars de DM2) es va implementar des de l'APS (Biddle et al., 2015), el que limita poder extrapolar els resultats en població atesa a l'APS. A més, la variable resultat relacionades amb el CS recollida en els estudis era únicament el temps sedentari, sense tenir en compte altres variables del patró del CS (la reducció del nombre d'interrupcions sedentàries o el temps dels períodes sedentaris), on tant sols un estudi en adults amb risc de DM2 va recollir dades sobre del número d'interrupcions del CS (Biddle et al., 2015).

La no inclusió de pacients amb DM2 seguits a l'APS pot provocar un biaix de representació, ja que els que presenten mala evolució clínica són derivats a l'àmbit hospitalari i poden estar suprarepresentats en els estudis. Es necessari avaluar les intervencions en adults amb DM2 que viuen a la comunitat i són controlats a l'APS, és a dir, no estan institucionalitzats i presenten un estat clínic o gravetat de la malaltia homogeni entre ells i diferencial als adults amb DM2 que consulten a nivell hospitalari, per poder realitzar un abordatge terapèutic adaptat a les necessitats dels pacients que consulten a l'APS.

Per tant, existeix una evidència limitada d'intervencions per reduir o limitar el CS en adults amb DM2 a l'APS. A més, es necessari més estudis per avaluar els efectes de la reducció del CS en la salut cardiometabòlica incloent perfil de lípids, control glucèmic, pressió arterial i mesures antropomètriques en població amb DM2. Higgins et al. 2003 informen una considerable heterogeneïtat estadística en el metaanàlisi degut a diversitat clínica i metodològica (Higgins et al., 2003).

3.5. Resum de punts clau i llacunes de recerca

Les persones amb DM2 presenten una baixa adherència a les recomanacions d'AFMV i presenten un major volum de CS en comparació a la població en general. Manquen dades de prevalença del CS i dades descriptives específiques del patró del CS en adults amb DM2. En persones amb DM2, l'AF i el CS es un aspecte important de l'autocura i gestió de la malaltia i forma part del tractament de primera línia. La OMS i l'ADA recomanen substituir i interrompre el temps sedentari perllongat per AF tant com sigui possible, perquè aquestes interrupcions proporcionen beneficis metabòlics independentment del temps dedicat a APMV. Es recomana reduir la quantitat de temps assegut i interrompre'l de forma freqüent, cada 30 minuts, amb episodis breus i regulars, durant 3 minuts, d'AF lleugera (caminada lenta, tasques domèstiques, jardineria) o AF de resistència muscular, flexibilitat o equilibri. No obstant, existeix evidència limitada d'intervencions que es focalitzin en la reducció i interrupció del CS en persones amb DM2 a l'APS. A més, es necessari més estudis per avaluar els possibles beneficis de la interrupció del temps assegut en la millora del perfil cardiometabòlic incloent, una reducció de la HbA1C, millora del perfil lipídic, pressió arterial i paràmetres antropomètrics, així com els beneficis glucèmics clínicament rellevants a llarg termini en població amb DM2 que viuen a la comunitat. Per tant, es requereix avaluar l'efectivitat d'intervencions comportamentals centrades en la limitació i reducció del CS des de la pràctica clínica a l'APS sobre el control glucèmic i els factors de risc cardiovascular de persones amb DM2. Per maximitzar l'efectivitat de les intervencions que limiten i interrompen el CS en persones amb DM2, es requereix caracteritzar el patró de CS i AF en individus d'alt risc de desenvolupar diabetis o amb DM2 per prevenir el desenvolupament de la malaltia o millorar el control de la mateixa. En aquest sentit, es clau desenvolupar models de detecció precoç d'adults DM2 o amb risc de desenvolupar-la amb mesures no invasives, en les quals s'introdueix el patró de CS, per l'ús massiu a nivell de les consultes d'AP.

4. La salut mòbil (mSalut) per a modificar la inactivitat física i comportament sedentari a l'atenció primària.

En aquest apartat s'integraran els conceptes tractats en els apartats anteriors amb la salut mòbil com a eina per canviar el CS d'adults amb DM2 des de pràctica clínica a l'APS. En primer lloc, es descriuran els conceptes bàsics de la salut mòbil, es descriuran i identificaran de forma àmplia les investigacions actuals en tecnologia mòbil per canviar els estils de vida inactius i sedentaris des de la pràctica clínica en APS i finalment, es posarà el focus en l'efectivitat de la prescripció de programes de salut mòbils des de l'APS per a modificar el CS en la població d'estudi, els adults amb DM2.

4.1. La salut mòbil (mSalut).

4.1.1. Definicions de terminologia bàsica.

La salut mòbil o mSalut (en anglès *mobile Health* o *mHealth*) és definit per la OMS com les pràctiques mèdiques i de salut pública recolzades per dispositius mòbils, com ara telèfons mòbils, dispositius de monitorització de pacients, assistents digitals personals i altres dispositius sense fil (World Health Organization. Global Observatory for eHealth 2011). La mSalut es un subconjunt de la salut electrònica (en anglès *eHealth*) que inclou qualsevol informació i tecnologia de la comunicació utilitzades en l'àmbit de la salut (Bashshur et al., 2011). Es poden utilitzar per registrar, analitzar, regular i intervenir en temps real en el manteniment de la salut o en el tractament de malalties amb suport de diverses tecnologies d'identificació, detecció, connexió, serveis al núvol i emmagatzematge (Haghi et al., 2017). Poden promoure l'autodiagnòstic i l'autocontrol (Guk et al., 2019).

Aquests dispositius mòbils presenten 5 característiques principals: (1) mobilitat sense fil; (2) interactivitat i intel·ligència; (3) sostenibilitat i durabilitat; (4) funcionament senzill i miniaturització; i (5) portabilitat. L'aplicació de dispositius portàtils en el camp de la medicina segueix el model mèdic 4P caracteritzat per la medicina preventiva, predictiva, personalitzada i participativa (Lin 2019).

Els programes de salut mòbils (definitos com a intervencions mèdiques d'atenció a la salut realitzades a través de telèfons mòbils (Bashshur et al., 2011) presenten avantatges sobre els programes eHealth (com per exemple missatges de text, trucades de telèfons mòbils, ordinador estàtic, ús de línia fixa) donat que milloren l'accessibilitat als serveis de salut, milloren l'accés a la informació (Jeong et al., 2019), subministren informació a temps real als pacients i permeten la monitorització contínua i longitudinal dels paràmetres de salut, proporcionant la base per a la retroalimentació individualitzada i ajustament dels objectius fora de les consultes (Wang et al., 2014). Els programes mHealth suposen un avenç de la medicina de precisió, en permetre la mesura de paràmetres clínicament rellevants que mostren l'estat de salut de les persones.

4.2. La salut mòbil a l'atenció primària de salut.

L'APS està conformada per les següents característiques bàsiques: la accessibilitat, la coordinació, la integralitat i la longitudinalitat (Starfield 1994). Una d'aquestes característiques és exclusiva de l'atenció primària - la longitudinalitat - que es el seguiment de diferents problemes de salut d'un pacient pel mateix professional. La longitudinalitat precisa, a més de registres de qualitat, mantenir una estabilitat personal en el temps i en l'espai de la interrelació metge-pacient en el seguiment dels seus problemes de salut, que difícilment poden oferir altres serveis de salut (Starfield 1994; Gervas et al., 1987). Així mateix, el 70% de la població és visitada almenys una vegada a l'any (Fina et al., 2008) i d'aquestes visites un 80% de les consultes venen motivada pel

control i seguiment de malalties cròniques (malaltia cardiovascular, diabetis, obesitat, hipertensió arterial, càncer) (Ham 2008).

A l'APS, complementar l'atenció habitual amb la implementació de programes mHealth podria incrementar l'efectivitat de les intervencions per canviar els estils de vida en pacients amb patologia crònica. Si aquestes intervencions de baix cost fossin efectives per millorar l'impacte en salut, garantiria la sostenibilitat del sistema nacional de salut mitjançant un abordatge més efectiu del pacient amb patologies cròniques. Els programes mHealth tenen el potencial per superar les barreres que tenen els professionals sanitaris per promoure l'AF i reduir el CS als seus pacients, com poden ser la manca de temps o la manca de formació específica. No obstant, aquests professionals reporten barreres d'usabilitat com a problemes tècnics i complexitat dels programes mHealth que superen la utilitat percebuda d'aquestes intervencions (Wattanapisit et al., 2020). Per aquest motiu, és fonamental que els programes mHealth s'adaptin als contextos i particularitats dels centres d'atenció primària amb un objectiu final pragmàtic d'optimitzar els recursos assistencials per modificar els estils de vida inactius i sedentaris a la nostra societat (Wattanapisit et al., 2020).

Els programes mHealth poden proporcionar un enfocament complementari a la pràctica clínica habitual, com una oportunitat per potenciar les tasques de promoció i prevenció de la salut que es duen a terme a l'APS, abordant factors de risc poc tractats a la pràctica clínica com el CS (Hamilton et al., 2014) i poden monitoritzar i avaluar als pacients de forma remota sense interferir en les activitats diàries tenint en compte els diferents contextos de la vida diària (Guk et al., 2019). El fet de disposar d'informació tan detallada en relació als estils de vida i paràmetres de salut, permet que aquests programes es puguin adequar a la realitat de cada pacient, afavorint l'autoresponsabilitat sobre aspectes de salut de l'individu i l'empoderament i, previsiblement, reducció de costos (Badawy et al., 2016). L'ús de la tecnologia mòbil s'ha d'individualitzar segons les necessitats, els desitjos, el nivell de coneixements i la disponibilitat dels dispositius del pacient (ElSayed et al., 2023). Els professionals d'infermeria i medicina familiar i comunitària són els professionals més pròxims als pacients i la visió holística i la longitudinalitat que caracteritza l'atenció primària recolza la idoneïtat d'implementar programes mHealth a l'APS.

4.2.1. ESTUDI I: La salut mòbil (mSalut) per a modificar la inactivitat física i comportament sedentari des de l'atenció primària.

Ens els darrers anys, l'aparició de tot tipus de dispositius mòbils intel·ligents com els telèfons mòbils (en anglès smartphones) o els rellotges intel·ligents (en anglès, smartwach) han suposat un canvi en la forma de relacionar-nos amb l'entorn, de comunicar-nos i en la consciència de la pròpia salut i els estils de vida. Les estimacions actuals han posat de manifest una gran implantació de les tecnologies mòbils al nostre entorn, existint més dispositius mòbils que persones al món

(GSMA Intelligence 2020). Aproximadament un 70% dels programes mSalut estan relacionats amb els estils de vida, l'estat físic, alimentació i benestar general (Baxter et al., 2020). Aquestes eines innovadores poden ajudar a promocionar estils de vida saludable i abordar els principals factors de risc de les malalties cròniques més prevalents a les consultes d'APS i que representen els principals problemes de salut pública del segle XXI (Talboom-Kamp et al., 2016).

En la darrera dècada, les intervencions mHealth per abordar la inactivitat física i un excés de CS poblacional ha guanyat rellevància, especialment l'ús d'aplicacions mòbils, xarxes socials i "wearable activity trackers" (Müller et al., 2018). Mentre l'evidència indica que aquestes intervencions mHealth poden ser efectives en l'abordatge de la inactivitat física i el CS (Domin et al., 2021), els resultats són heterogenis, amb molta varietat en els mètodes de recollida de dades, mesura de variables i qualitat dels dissenys (Fiedler et al., 2020). No obstant, l'evidència indica que les intervencions mòbils de salut quan integren l'ús de tècniques sòlides de canvi de comportament (TCC) poden ser efectives i poden mantenir el canvi de comportament al llarg del temps. Així doncs, les intervencions mHealth poden ser efectives per promoure el canvi i manteniment de la l'AF i la reducció del CS si es fonamenten en models teòrics i utilitzen diferents mòduls de funció combinades amb TCC de les quals destaquen l'autocontrol del comportament. Això és proporcionar informació i dades de salut d'un mateix per agafar consciència dels propis comportaments. Per això, s'utilitza retroalimentació o feedback que pot ser gràfic o automatitzat. La retroalimentació gràfica s'utilitza amb freqüència per visualitzar dades de salut del pacient (van der Weegen et al., 2015). Els comentaris automatitzats normalment es proporcionen de manera personalitzada i adaptats al progrés del canvi. La provisió d'instruccions i planificació d'accions consisteix en el proveïment d'indicacions sobre com dur a terme el comportament. L'auto-recompensa en la gamificació, consisteix en la fragmentació de petits incentius o premis que estimulen a l'usuari cap a una recompensa tangible (Howlett et al., 2019). Però pel que fa a l'efectivitat de les intervencions mHealth focalitzades en la reducció del CS y promoció de l'AF dirigides a població amb malalties cròniques des de la pràctica clínica a l'APS, la evidència es escassa i els resultats són menys concloents. Per exemple, alguns estudis indiquen que les intervencions mHealth que inclouen contacte personal poden ser més efectives per incrementar AF i reduir el CS en supervivents de càncer que les intervencions mHealth que no inclouen aquest contacte (Khoo et al., 2021).

A l'article 1 és va realitzar una revisió narrativa descrivint els principals dispositius de tecnologia mòbils per a canviar els estils de vida inactius i sedentaris, identificant el principals obstacles en la seva implementació en la pràctica clínica a l'APS. Va concloure que les intervencions mHealth tenen potencial per abordar molts dels desafiaments a què s'enfronta l'atenció primària a l'entorn sanitari actual. Aquests dispositius poden suposar una eina important per canviar els estils de vida,

per exemple, sembla que poden ser efectives en l'abordatge de la inactivitat física i el CS. De la mateixa manera, poden ajudar al pacient a tenir un control més actiu de la seva pròpia salut i fomentar-ne l'apoderament. No obstant això, hi ha resistència en la implementació de programes mHealth per part dels professionals sanitaris pels dubtes sobre qualitat i eficàcia. El desenvolupament d'intervencions mHealth orientades al pacient i la seva incorporació a assaigs clínics aleatoritzats facilitaria el disseny d'enfocaments segurs i eficaços. A continuació, s'adjunta l'Article 1.

ESTUDI I

Alòs, F., Puig-Ribera, A. (2021). Clinical use of wearables and Mobile Apps (mHealth) to change patient's lifestyles through a primary care-based approach: A narrative review. *Atención Primaria Práctica*, 3(1), 100122.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.appr.2021.100122>



Uso de wearables y aplicaciones móviles (mHealth) para cambiar los estilos de vida desde la práctica clínica en atención primaria: una revisión narrativa



Francesc Alòs^{a,c,*} y Anna Puig-Ribera^b

^a Centro de Atención Primaria, Passeig de Sant Joan, Institut Català de la Salut, Barcelona, España

^b Grupo de Investigación en Deporte y Actividad Física, Centro de Estudios Sanitarios y Sociales, Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya, Barcelona, España

^c Grupo de Salud Digital de la Societat Catalana de Medicina Familiar i Comunitària (CAMFIC), España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Palabras clave:

Aplicación móvil
Teléfonos inteligentes
Wearables
mSalud
Técnicas de cambio del comportamiento
Atención primaria

R E S U M E N

Los sensores wearables y las aplicaciones mHealth se están convirtiendo en una parte importante de la práctica asistencial, al permitir el registro y la monitorización continua y longitudinal de los parámetros de la salud fuera de las consultas. A pesar de ello, existe una escasa evidencia sobre cómo estos dispositivos pueden cambiar los estilos de vida. El objetivo de esta revisión narrativa de la literatura es explorar, describir y discutir, de forma amplia, las investigaciones actuales en tecnologías móviles para cambiar los estilos de vida desde la práctica clínica en la atención primaria (AP). Con base en los criterios de evaluación de calidad SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles), el estudio se centra en dos de los principales factores de salud que forman parte del abordaje de la cronicidad desde la prevención: la actividad física y el comportamiento sedentario. Finalmente, se describe la necesidad de utilizar técnicas de cambio de comportamiento en mHealth, las direcciones futuras y limitaciones en la incorporación plena de estos dispositivos en el entorno de la AP.

© 2021 The Authors. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Clinical use of wearables and Mobile Apps (mHealth) to change patient's lifestyles through a primary care-based approach: A narrative review

A B S T R A C T

Wearable sensors and mobile apps (mHealth) have become part of health care by enabling personalized long-term tracking and remote monitoring of patients' health status. However, there is little evidence on the effectiveness these devices have on changing patients' lifestyles. Based on current evidence, this narrative review explores, describes and discusses, in wider ways, the clinical use mobile technologies might have in changing patients' lifestyles within primary health care. Following the quality criteria for narrative reviews assessed by SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles), this article focused on physical activity and sedentary behavior, two main modifiable risk factors for the prevention and control for chronic disease. The article describes the need to use behavior change techniques in day-to-day clinical practice for mHealth, future directions and current limitations for integrating mHealth into primary health care.

© 2021 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the license CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords:

Mobile Applications
Smartphone
Wearables
mHealth
Behavior change techniques
Primary care

Introducción

Los teléfonos móviles inteligentes (smartphones) representan una herramienta innovadora para abordar los problemas actuales de la

salud pública del siglo XXI, como son el manejo de las enfermedades crónicas¹ y la promoción de la salud. De hecho, se denomina salud móvil (o mHealth) al uso de dispositivos móviles e inalámbricos para mejorar la salud y prestar atención en salud².

Se calcula que existen 3,48 millones de aplicaciones móviles disponibles en la plataforma Google Play y 2,22 millones en el Apple App Store³, de las que más de un millón están relacionadas

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fralos.bcn.ics@gencat.cat (F. Alòs).



Figura 1. A) Los 3 tipos principales de sensores. B) Principales utilidades de los sensores. Fuente: Dunn et al.⁷

con la salud, el estado físico, la alimentación y el bienestar general⁴. Estos dispositivos están produciendo un cambio en la prestación de servicios médicos. Por un lado, el monitorizar a largo plazo los parámetros sobre la salud y los estilos de vida puede permitir abordar los factores de riesgo y diagnosticar de forma más temprana las principales enfermedades crónicas. Por otro lado, los profesionales de salud pueden monitorizar y evaluar a los pacientes de forma remota sin interferir con sus actividades diarias⁵. Además, el hecho de disponer de información tan detallada en relación con los estilos de vida y parámetros de salud, permite que esta tecnología pueda proporcionar intervenciones de salud personalizadas, que favorezcan el empoderamiento de los pacientes y, previsiblemente, reduzcan costes sanitarios⁶.

Cada vez la tecnología es más sofisticada y permite incorporar dispositivos portátiles (wearables) en alguna parte del cuerpo que proporcionan monitorización⁷ y retroalimentación inmediata (interactuando de forma continua con el usuario y con otros dispositivos), con la finalidad de realizar alguna función concreta. Estos dispositivos permiten captar una variedad de comportamientos y parámetros de salud de forma continua y hacer que la información sea devuelta inmediatamente al paciente a través de aplicaciones móviles, relojes inteligentes y pulseras, conectados para realizar un seguimiento activo del estado de salud.

Los sensores son los que permiten a los diferentes dispositivos recoger y emitir datos de forma constante. Estos sensores se pueden clasificar en 3 categorías principales: sensores de movimiento (convierten el movimiento mecánico en una señal eléctrica), fisiológicos (utilizan componentes ópticos, eléctricos, acústicos o de detección térmica para medir parámetros vitales como la frecuencia cardíaca, la temperatura, la presión arterial o la saturación de oxígeno en sangre, la actividad bioeléctrica como electrocardiografía o electroencefalografía) y bioquímicos⁸ (se utilizan para medir sustancias químicas como la glucosa,

electrolitos) (fig. 1A); o según la utilidad: el uso en la salud del consumidor, en la investigación o a nivel asistencial (fig. 1B). A nivel asistencial, los profesionales de atención primaria (AP) ya están integrando los wearables en la práctica clínica con la finalidad de monitorizar la salud de los pacientes, el manejo de las enfermedades crónicas, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades y la rehabilitación. Algunos ejemplos de usos incluyen acelerómetros (miden el movimiento plano o 3D) o sensores de movimiento y sensores de detección de fibrilación auricular⁷. Se pueden utilizar solos o combinados con otros parámetros como la frecuencia cardíaca.

Los dispositivos wearables permiten una mejora del cuidado en la salud en diferentes ámbitos: desde el centro de salud (CS), el domicilio, el trabajo o en la comunidad (fig. 2A). Uno de los desafíos es la accesibilidad por parte de los profesionales sanitarios a la información captada por los sensores (fig. 2B). Asimismo, los programas mHealth pueden actuar sobre los factores de la salud y contribuir a cambiar estos estilos de vida⁹ (fig. 2C).

Objetivo

Realizar una revisión narrativa para explorar, describir y discutir, de forma amplia, la aplicación de tecnologías móviles para cambiar los estilos de vida inactivos y sedentarios de los pacientes (i.e. aumentar la actividad física y reducir el comportamiento sedentario) desde la práctica clínica en la AP.

Metodología

Realizamos una revisión narrativa siguiendo los criterios de cualidad SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles)¹⁰. Las revisiones narrativas permiten la comprensión de un determinado tema con base en una fundamentación científica, pero también

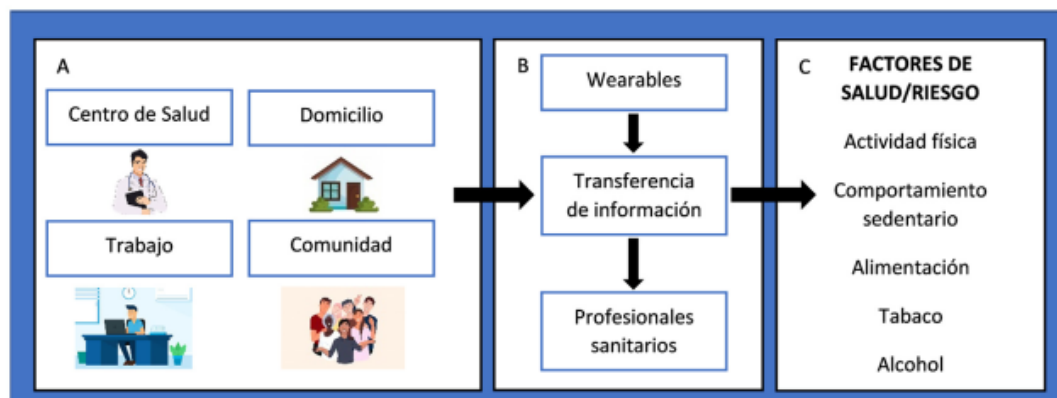


Figura 2. Impacto de los wearables en el cambio de los estilos de vida. A) Ámbitos donde los wearables pueden proporcionar o mejorar el cuidado de la salud. B) Flujo de datos de los wearables a los profesionales de la salud. C) Factores de salud/riesgo en que los wearables existentes pueden actuar (algunos con evidencia sólida y otros más nuevos).

posibilitan la contextualización del problema y la visualización de soluciones futuras¹⁰. Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed enunciando las palabras clave en inglés a la plataforma MeSH: Smartphone, Program, Mobile Health, Physical Activity, Sedentary Behavior, Primary Health Care y Behavior Change. En PubMed se utilizaron las siguientes estrategias de búsqueda: Primary health care AND Program [MeSH] AND (Physical activity [MeSH] OR Sedentary Behavior) AND (Smartphone [MeSH] OR Mobile Health) OR Behavior change. Debido a la naturaleza novedosa del tema, se realizaron búsquedas en Google Scholar para obtener diferentes tipos de información y fuentes¹⁰. Los criterios de selección de artículos incluyeron intervenciones mHealth relacionadas con la actividad física y el comportamiento sedentario aplicados en la AP, publicados entre 2011 y 2021, preferentemente revisiones sistemáticas, scoping reviews o comprehensive reviews. El procedimiento desarrollado partió de la identificación del título del trabajo observando su afinidad con los criterios antes señalados. Luego se revisó el resumen y si se comprobaba que era acorde al objetivo, se procedía a estudiar el artículo completo.

Wearables y aplicaciones móviles (mHealth) para aumentar la actividad física y reducir el comportamiento sedentario desde la atención primaria

Existen multitud de sensores wearables de movimiento. Los acelerómetros son uno de los sensores de movimiento más utilizados y miden la aceleración que lleva a cabo una persona cuando se mueve. Pueden ser uniaxial o triaxial, según midan las aceleraciones en una sola dirección (vertical) o lo hagan en 3 direcciones (anterior-posterior, medio-lateral y longitudinal)¹¹. Asimismo, representan uno de los métodos más fiables en el registro y el almacenamiento de la cantidad de actividad física a diferentes intensidades realizada por cada persona y en un período de tiempo determinado¹². Se resumen algunos ejemplos de dispositivos wearables que utilizan acelerómetros para su uso en la salud del consumidor, a nivel asistencial o en la investigación (tabla 1).

En la última década, las intervenciones mHealth para abordar la inactividad física y el exceso de sedentarismo poblacional ha ganado relevancia, especialmente el uso de aplicaciones móviles, social media y «wearable activity trackers»¹⁴. Mientras la evidencia indica que dichas intervenciones mHealth parecen ser efectivas en el abordaje de la inactividad física y el comportamiento sedentario¹⁵, los resultados son heterogéneos y con mucha variedad en los métodos de recogida de datos, la medición de variables y la calidad de los diseños¹⁶. Pero en la

población con enfermedades crónicas, los resultados son menos concluyentes y algunos estudios indican que las intervenciones que incluyen contacto personal pueden ser más efectivas para incrementar la actividad física y reducir el comportamiento sedentario en los supervivientes de cáncer que las intervenciones mHealth que no incluyen dicho contacto¹⁷.

La AP tiene el potencial de combinar el contacto próximo con el paciente y las posibles ventajas de los programas mHealth y así poder incrementar la efectividad de dichas intervenciones en los pacientes con enfermedades crónicas. Lo que garantizaría la sostenibilidad del sistema nacional de salud mediante un abordaje más efectivo del paciente con enfermedades crónicas. A pesar del potencial de programas mHealth, para superar las barreras que tienen los profesionales sanitarios para promover la actividad física a sus pacientes, como pueden ser la falta de tiempo o la falta de formación específica, dichos profesionales reportan barreras de usabilidad como problemas técnicos y complejidad de los programas, los cuales superan la utilidad percibida de dichas intervenciones¹⁸. Por este motivo, es fundamental que los programas mHealth se adapten a los contextos y particularidades de los centros de AP con un objetivo final pragmático de optimizar los recursos asistenciales para modificar los estilos de vida inactivos y sedentarios en nuestra sociedad¹⁸.

Técnicas de cambio de comportamiento en las intervenciones mHealth como medio para modificar conductas

Las intervenciones móviles (mHealth), cuando integran el uso de técnicas sólidas de cambio de comportamiento, pueden convertirse en una herramienta útil para cambiar las conductas y, con ello, los estilos de vida.

Actualmente, en los ensayos clínicos aleatorizados las intervenciones mHealth más eficaces para promover estilos de vida en la práctica habitual en la AP se sustentan principalmente en modelos teóricos y utilizan una serie de técnicas del cambio de comportamiento¹⁶.

Por un lado, es necesario conocer los modelos teóricos, ya que tienen en cuenta factores psicológicos (emociones, hábitos, rutinas), socioeconómicos y relacionados con el contexto del individuo¹⁹ que influyen en el comportamiento. Todos estos elementos son fundamentales para comprender los mecanismos subyacentes a los estilos de vida relacionados con la salud, ayudan a explicar cómo se modifican estos con el paso del tiempo y la manera de intervenir sobre ellos. Existen muchos modelos teóricos para el desarrollo de programas mHealth. Existen estudios que identifican las teorías aplicadas en mHealth²⁰⁻²¹. Se presenta una breve explicación de los principales modelos teóricos aplicados en las intervenciones mHealth (tabla 2).

Por otro lado, las intervenciones suelen combinar distintas técnicas de cambio conductual²². Existe una amplia variedad de técnicas de cambio conductual para mejorar el estilo de vida; desde técnicas simples como consejos de salud a través de mensajes de texto (que han demostrado que pueden ser útiles para perder peso o abandonar el hábito tabáquico²³), hasta técnicas más complejas e innovadoras como la gamificación y las intervenciones que se adaptan al estado psicológico del paciente y a su entorno²⁴. Otros ejemplos serían el establecimiento de metas, la retroalimentación sobre resultados y el seguimiento, la autoevaluación o los mensajes personalizados (tabla 3).

Algunas de las técnicas de cambio de comportamiento se consideran más efectivas sobre el factor de salud en cuestión. Por ejemplo, existen técnicas más efectivas para promover el cambio y el mantenimiento de la conducta de actividad física en los adultos inactivos²⁵.

Desafíos y limitaciones en la implementación de programas mHealth en los centros de salud

En los últimos años se ha producido un fuerte aumento en el número de aplicaciones móviles relacionadas con la salud, con una gran

Tabla 1
Ejemplos de dispositivos wearables que usan acelerómetros

Diseño	Funciones	Utilidad
Monitor en una funda y sujeto en el muslo con un apósito	Cuantificación de la actividad física a diferentes intensidades, tiempo sedentario total y a diferentes intervalos, número de interrupciones del tiempo sedentario total y a diferentes intervalos y las horas de sueño. Registro las 24 h del día durante 7 días ¹³	Investigación
Relojes y pulseras inteligentes	Monitorización de la actividad, alarmas, notificaciones, cronómetro	Comercial
Aplicaciones móviles	Registro y monitorización de actividad. Proporción de la retroalimentación en tiempo real y con objetivos personalizados	Comercial/Investigación
Parches adhesivos flexibles en el tórax	Recuento de pasos, detección de postura y de caídas	Asistencial
Anillo	Monitorización de la actividad y el sueño las 24 h del día	Comercial

Tabla 2
Principales modelos teóricos sobre el cambio de conducta aplicada en mHealth

Modelo teórico	Descripción
Modelo transteórico de las etapas de cambio de Prochaska y Diclemente	Aplica intervenciones personalizadas en función de la predisposición del individuo a actuar (etapa del cambio en la que se encuentra). Sugiere 5 etapas: precontemplación, contemplación, preparación, acción y mantenimiento
Teoría social cognitiva	Se basa en la importancia de observar a los demás y aprender de ellos. Trabaja el refuerzo positivo y negativo de la conducta
Modelo de creencias en salud	La percepción sobre la enfermedad la determinan las creencias sobre la susceptibilidad y la gravedad
Teoría del aprendizaje conductual	Teoría que estaca el estímulo y la respuesta sobre las conductas y observa que el aprendizaje de comportamiento ocurre cuando se refuerza el comportamiento con estímulos
Teoría del comportamiento planificado-Ajzen y Madden	Este modelo profundiza en la intención del cambio y en la importancia del control del comportamiento. Tiene en cuenta las barreras reales o percibidas, que pueden afectar al control percibido del comportamiento

variabilidad en su diseño y tipología. A nivel asistencial, la AP es un ámbito ideal para implementar programas mHealth para promover estilos de vida saludable, dada la accesibilidad, la atención integral y longitudinal que la caracteriza. El uso de estos dispositivos abre un gran abanico de posibilidades y tiene el potencial de convertirse en una herramienta útil para cambiar los estilos de vida. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) en su publicación *From Innovation to Implementation: eHealth in the European Region*, acentúa los beneficios de la tecnología mHealth para fomentar el empoderamiento personal y promover hábitos de vida saludables. A pesar de esto, destaca la necesidad de integrar la tecnología móvil en el sector sanitario. Además, identifica el principal obstáculo que impide su implementación plena por parte de los profesionales de la salud: la falta de evidencia científica sobre su efectividad.

Por un lado, la falta de validación de los dispositivos wearable por parte de los organismos reguladores es uno de los principales motivos por los que los profesionales de la salud no saben cómo relacionarse con estos²⁶. Es importante la precisión de los dispositivos y la evidencia de que mejoran los resultados en la salud. Es necesario que profesionales de la salud y las autoridades aborden la necesidad de validar y certificar las mHealth. Asimismo, generar recursos para garantizar que tanto los profesionales como los pacientes sepan cómo seleccionar y utilizar estos dispositivos para obtener beneficios, así como minimizar los riesgos del uso inapropiado.

Tabla 3
Ejemplos de tipos de técnicas de cambio de comportamiento

Técnicas de cambio conductual	Ejemplos
Inducción	Recordatorios telefónicos
Establecimiento de metas	Marcarse número de pasos determinados
Gamificación	Ganar puntos por cada 1.000 pasos
Personalización	Envío de mensajes personalizados o mensajes diferentes según si el paciente es inactivo físicamente o activo
Autocontrol del comportamiento	Proporcionar gráficos y mensajes con comentarios adaptados al progreso
Apoyo social	Proporcionar una red social para compartir experiencias y estrategias
Provisión de instrucciones	Proporcionar instrucciones detalladas de las tareas que se pueden realizar para reducir el comportamiento sedentario

Actualmente, existen iniciativas internacionales de evaluación y acreditación de las aplicaciones móviles. A nivel europeo, el National Health Service (NHS) de Reino Unido publica desde 2013 un repositorio o biblioteca de aplicaciones (NHS Apps Library) con la garantía de calidad de que son clínicamente seguras. En un futuro próximo, los profesionales podrían prescribir programas mHealth de calidad, eficaces, seguros y personalizados según las necesidades de cada paciente, indicando la aplicación más idónea y fiable para hacer a este más partícipe y gestor de sus propios comportamientos en salud.

Por otro lado, la mayoría de las intervenciones mHealth evaluadas que mejoran los estilos de vida son a corto-medio plazo, inferiores a un año (generalmente inferiores a 6 meses). Falta evidencia que evalúe tanto el uso de estos programas como la sostenibilidad de los cambios a largo plazo. Además, es necesario que los estudios valoren las barreras en su uso según género, edad y nivel socioeconómico, así como la relación coste-eficacia.

Finalmente, es necesario identificar las teorías en las que se sustentan los programas mHealth y evaluar qué técnicas de cambio del comportamiento resultan más adecuadas y eficaces para desarrollar nuevas estrategias wearables que promuevan la salud y ayuden a prevenir las enfermedades crónicas más prevalentes. Asimismo, permitirían entender uno de los aspectos más complicados, la sostenibilidad de tales cambios a largo plazo.

Conclusión

Las mHealth tienen potencial para abordar muchos de los desafíos a los que se enfrenta la AP en el entorno sanitario actual. Estos dispositivos pueden suponer una herramienta importante para cambiar los estilos de vida, por ejemplo, parecen ser efectivas en el abordaje de la inactividad física y el comportamiento sedentario. De igual manera, pueden ayudar al paciente a tener un control más activo de su propia salud y fomentar su empoderamiento. Sin embargo, existe una resistencia en la implementación de los programas mHealth por parte de los profesionales por las dudas sobre su calidad y eficacia. El desarrollo de mHealth orientadas al paciente y su incorporación en los ensayos clínicos aleatorizados facilitará el diseño de enfoques seguros y eficaces.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Financiación

Proyecto financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad; Instituto de Salud Carlos III (PI17/01788). Proyectos de investigación en salud (AES 2017). Asimismo, este trabajo recibió financiación de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria -semFYC- al resultar ganador de una ayuda para la realización de tesis doctorales Isabel Fernández 2020.

Bibliografía

- Talboom-Kamp E, Verdijk N, Harmans L, et al. An eHealth platform to manage chronic disease in primary care: an innovative approach. *Interact J Med Res.* 2016;5(1). <https://doi.org/10.2196/ijmr.4217>.
- Bashshur R, Shannon G, Krupinski E, et al. The taxonomy of telemedicine. *Telemed E-Health.* 2011;17:484-94.
- Statista. Number of apps available in leading app stores as of first quarter 2021. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/276623/number-of-apps-available-in-leading-app-stores/>.
- Baxter C, Carroll JA, Keogh B, et al. Assessment of mobile health apps using built-in smartphone sensors for diagnosis and treatment: systematic survey of apps listed in international curated health app libraries. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2020;8(2), e16741. <https://doi.org/10.2196/16741>. 32012102 PMC7055743.
- Majumder S, Mondal T, Deen MJ. Wearable sensors for remote health monitoring. *Sensors.* 2017;17:130.

6. Badawy SM, Kuhns LM. Economic evaluation of text-messaging and smartphone-based interventions to improve medication adherence in adolescents with chronic health conditions: a systematic review. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2016;4(4). <https://doi.org/10.2196/mhealth.6425>.
7. Dunn J, Runge R, Snyder M. Wearables and the medical revolution. *Per Med*. 2018;15(5):429–48. <https://doi.org/10.2217/pme-2018-0044> Epub 27-Sep-2018: 30259801.
8. Tamsin M. Wearable biosensor technologies. *Int J Innov Sci Res*. 2015;13:697–703.
9. Hou C, Carter B, Hewitt J, et al. Do mobile phone applications improve glycemic control (HbA1c) in the self-management of diabetes? a systematic review, meta-analysis, and GRADE of 14 randomized trials. *Diabetes Care*. 2016;39(11):2089–95. <https://doi.org/10.2337/dc16-0346>.
10. Baethge C, Goldbeck-Wood S, Mertens S. SANRA—a scale for the quality assessment of narrative review articles. *Res Integr Peer Rev*. 2019;4:5 Published 26-Mar-2019: <https://doi.org/10.1186/s41073-019-0064-8>.
11. Krasnoff JB, Kohn MA, Choy FK, et al. Interunit and intraunit reliability of the RT3 triaxial accelerometer. *J Phys Act Health*. 2008;5(4):527–38. <https://doi.org/10.1123/jpah.5.4.527>.
12. Aguilar Cordero MJ, Sánchez López AM, Guisado Barrilao R, et al. Accelerometer description as a method to assess physical activity in different periods of life: systematic review. *Nutr Hosp*. 2014;29(6):1250–61. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.6.7410>.
13. Edwardson CL, Winkler EAH, Bodicoat DH, et al. Considerations when using the activPAL monitor in field-based research with adult populations. *J Sport Health Sci*. 2017;6(2):162–78. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.02.002>.
14. Müller AM, Maher CA, Vandelanotte C, et al. Physical activity, sedentary behavior, and diet-related eHealth and mHealth research: bibliometric analysis. *J Med Internet Res*. 2018;20(4), e122. <https://doi.org/10.2196/jmir.8954>. 29669703 PMC5932335.
15. Domin A, Spruijt-Metz D, Theisen D, et al. Smartphone-based interventions for physical activity promotion: scoping review of the evidence over the last 10 years. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021;9(7), e24308. <https://doi.org/10.2196/24308>. 34287209 PMC8339983.
16. Fiedler J, Eckert T, Wunsch K, et al. Key facets to build up eHealth and mHealth interventions to enhance physical activity, sedentary behavior and nutrition in healthy subjects - an umbrella review. *BMC Public Health*. 2020;20(1):1605. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09700-7>. 33097013 PMC7585171.
17. Khoo S, Mohbin N, Ansari P, et al. mHealth interventions to address physical activity and sedentary behavior in cancer survivors: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(11):5798. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115798>. 34071342 PMC8198944.
18. Wattanapisit A, Tuangratananon T, Wattanapisit S. Usability and utility of eHealth for physical activity counselling in primary health care: a scoping review. *BMC Fam Pract*. 2020;21(1):229. <https://doi.org/10.1186/s12875-020-01304-9>. 33158430 PMC7648312.
19. Darnton A. *Practical Guide: an overview of behaviour change models and their uses*. London: Government Social Research Service (GSR); 2008.
20. Cho YM, Lee S, Islam SMS, et al. Theories applied to m-Health interventions for behavior change in low- and middle-income countries: a systematic review. *Telemed J E Health*. 2018;24(10):727–41. <https://doi.org/10.1089/tmj.2017.0249> Epub 13-Feb-2018: 29437546 PMC6205046.
21. Winter SJ, Sheats JL, King AC. The use of behavior change techniques and theory in technologies for cardiovascular disease prevention and treatment in adults: a comprehensive review. *Prog Cardiovasc Dis*. 2016;58(6):605–12. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2016.02.005> Epub 20-Feb-2016: 26902519 PMC4868665.
22. Michie S, Van Stralen MM, West R. The behaviour change wheel: a new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implement Sci*. 2011(6):42 <https://doi.org/10.1186/1748-5908-6-42>. 21513547 PMC3096582.
23. Hall AK, Cole-Lewis H, Bernhardt JM. Mobile text messaging for health: a systematic review of reviews. *Annu Rev Public Health*. 2015;36:393–415. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031914-122855>. 25785892 PMC4406229.
24. Sardi L, Idri A, Fernández-Alemán JL. A systematic review of gamification in e-Health. *J Biomed Inform*. 2017;71:31–48. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.05.011>.
25. Howlett N, Trivedi D, Troop NA, et al. Are physical activity interventions for healthy inactive adults effective in promoting behavior change and maintenance, and which behavior change techniques are effective? A systematic review and meta-analysis. *Transl Behav Med*. 2019;9(1):147–57. <https://doi.org/10.1093/tbm/iby010.29506209> PMC6305562.
26. World Health Organization. Frequently asked questions on Global Task Force on digital health for TB and its work. [2017-02-27]. Disponible en: <http://www.who.int/tb/areas-of-work/digital-health/faq/en/website>.

4.3. Salut mòbil, activitat física i comportament sedentari en persones amb diabetis tipus 2

La tecnologia de la diabetis (Diabetes Technology, en anglès) és el terme que s'utilitza per descriure la maquinària (hardware, en anglès), els dispositius i el programari (software, en anglès) que les persones amb diabetis utilitzen per ajudar a l'autogestió de la salut, que van des de modificacions de l'estil de vida fins al control de la glucosa i els ajustos del tractament (ElSayed et al., 2023).

Històricament, la tecnologia de la diabetis s'ha dividit en dues categories principals: la insulina administrada per xeringa, bolígraf o bomba (també anomenada infusió contínua d'insulina) i la glucosa tal com s'avalua mitjançant el control de la glucosa en sang o la monitorització contínua de la glucosa (MCG) (x). Darrerament, la tecnologia de la diabetis s'ha ampliat per incloure sistemes d'alliberament automatitzada d'insulina (pàncrees artificial) on els algorismes informats per la MCG modulen la insulina de forma autònoma, així com programes de suport més enllà del control de la glucosa i l'administració de la insulina, per a l'autogestió de la diabetis com els programes de salut mòbil (ElSayed et al., 2023).

Segons l'ADA, la tecnologia de la diabetis, quan es combina amb l'educació, el seguiment i el suport, pot millorar la qualitat de vida i la salut de les persones amb diabetis. No obstant, la complexitat i la ràpida evolució del panorama tecnològic de la diabetis també pot ser una barrera per a la seva implementació tant per a les persones amb diabetis com per a l'equip sanitari (ElSayed et al., 2023).

A l'any 2016 existien més de 120 aplicacions comercials disponibles a iTunes i Google Play per a l'autogestió de la diabetis (Chavez et al., 2017). La majoria dels programes de salut mòbil de suport per a l'autogestió de la DM2 es centraven en la monitorització de la glucosa, l'aportació d'hidrats de carboni i altres nutrients i el seu ajust, la pràctica d'exercici físic i recordatoris de medicació (Islam et al., 2022). Les intervencions basades en aplicacions mòbils per la modificació de l'estil de vida i l'autogestió de la diabetis s'han associat a una reducció clínica i estadísticament significativa de HbA1c i en l'adherència a la medicació, tot i no haver mostrat efecte en els factors de risc cardiovascular (He et al., 2022; Wu et al., 2019; Kitsiou et al., 2017). A més, també han mostrat potencial per millorar el coneixement de la malaltia, i la comunicació entre els professionals de la salut i el pacient (Hou et al., 2016). Tot i així, els metanàlisi centrats en aquestes intervencions en adults amb DM2 consten de pocs estudis i mostres reduïdes, amb heterogeneïtat de les característiques sociodemogràfiques i clíniques dels pacients inclosos, de l'àmbit d'actuació (atenció primària, serveis socials o àmbit hospitalari), del tipus de comportament de salut en què es centren, del tipus d'intervenció, la forma d'implementació de les visites de seguiment (telefòniques, presencial, mitjançant comunicació asincrònica com missatges de text o correu electrònic) i en les mesures de variables, entre d'altres (Wu et al.,

2019). La diversitat del camp de les aplicacions de salut mòbil fa que sigui difícil traslladar els resultats dels estudis a una visió real general i coherent (Milne-Ives et al., 2020).

Per una banda, els estudis que examinen l'efecte de les intervencions mHealth dirigides a l'AF o el CS en pacients amb DM2, són escassos i informen d'efectes petits i a curt termini. Un metanàlisi recent, Alsahli, et al 2022, sobre l'eficàcia de les intervencions de missatges de text (eHealth) en adults amb DM2 sobre l'AF, control glucèmic, IMC no van poder treure una conclusió definitiva sobre l'eficàcia degut al limitat nombre d'estudis inclosos i al seu alt risc de biaix (Alsahli et al., 2022). Existeixen pocs estudis que han objectivat millores en els estils de vida inactius i sedentaris, la reducció significativa dels nivells d'HbA1C i millora de la composició corporal des de la pràctica clínica (Poppe et al., 2019; Haider et al., 2019; Agarwal., 2019). Per tant, es necessari avaluar l'eficàcia de les intervencions per reduir el CS a mig-llarg termini. Així mateix, els escassos estudis d'intervencions de salut mòbil relacionades amb l'AF en pacients amb DM2 a l'àmbit de l'APS centren amb l'exercici físic, sense tenir en compte el CS. Algun d'aquests combinen un programa de salut mòbil amb un programa de prescripció d'exercici físic supervisat, és a dir, amb un programa que inclou per exemple exercicis en grup, entrenament de resistència muscular amb peses i bandes elàstiques, exercicis cardiovascular amb cinta de córrer, bicicletes estàtiques, on els professionals de l'AF supervisen als participants tant individualment com en grup durant sessions d'exercici (Wayne et al., 2015).

D'altra banda, existeix una necessitat de més estudis per identificar al detall les característiques, el contingut (models i TCC) i l'efectivitat de les intervencions mòbils en salut per conèixer i comprendre quin són els elements i mecanismes més efectius i les seves combinacions per promoure un canvi del comportament inactius i sedentaris (Milne-Ivers et al., 2020). Especificar els components actius d'una intervenció és essencial per implementar, replicar i sintetitzar enfocaments d'èxit (Michie et al., 2013). Existeix diferents taxonomies, una d'elles, la taxonomia de les TCC v1 (Michie et al., 2013) inclou 93 ítems que permeten descriure, revisar i replicar sistemàticament els "ingredients actius" de les intervencions. La majoria dels estudis revisats d'intervencions d'AF i CS es centren en adults sans insuficientment actius i molts d'ells no especifiquen els models o TCC en que sustenten la intervenció (Howlett et al., 2019; Milne-Ives et al., 2020). Per tant, es necessari estudis que detallin les TCC per millorar la capacitat dels professionals sanitaris i responsables polítics per interpretar, comparar i replicar intervencions que resultin efectives.

4.4. Resum de punts clau i llacunes de l'evidència

Els sensors wearables i les aplicacions mòbils o mHealth s'estan convertint en una part important de la pràctica assistencial, al permetre el registre i la monitorització continua i longitudinal dels paràmetres de salut fora de les consultes. Tot i així, la prescripció de programes mHealth des de la pràctica assistencial és escassa a causa de la manca d'assajos clínics controlats que determinin l'eficàcia d'aquestes intervencions sobre variables clíniques. En aquest sentit, l'impacte de les intervencions mòbils per modificar el CS en població amb DM2 no és clar, i és escassa l'evidència sobre l'eficàcia de programes mHealth sobre el control glucèmic i els factors de risc cardiovascular en adults amb DM2. Concretament a l'àmbit de l'APS, els escassos estudis d'intervencions de salut mòbil relacionades amb l'AF en pacients amb DM2 es centren amb l'exercici físic, sense tenir en compte el CS ni avaluar l'impacte clínic de les intervencions enllà dels 6 mesos de seguiment. A més, els estudis d'intervencions mòbils per canviar el patró de CS habitualment no identifiquen els components de la intervenció, els models i les tècniques de canvi de comportament, que són claus per poder comparar l'eficàcia d'aquestes i millorar-les per ser una eina complementària a la pràctica clínica en el maneig integral dels adults amb DM2. Per tant, es necessari avaluar assaigs clínics aleatoritzats, prescrits des de la pràctica clínica, per avaluar l'impacte de les intervencions mHealth en la reducció del CS des de la pràctica clínica en adults amb DM2 i facilitar-ne la implementació plena a l'APS.

Justificació, objectius general i específics de recerca

La DM2 es un problema de salut pública, amb una alta morbimortalitat i una tendència creixent. La prevalença a Espanya es del 14,8% (International Diabetes Federation 2021) i s'estima que gairebé la meitat de les persones no estan diagnosticades (Cho et al., 2018). La DM2 representa entre el 90% i el 95% dels casos. La inactivitat física i el CS són dos dels principals factors de risc modificables que contribueixen al seu desenvolupament i control inadequat. El context laboral es el principal contribuïdor del temps sedentari diari total en treballadors d'oficina que romanen el 70 i el 85% del temps a la feina asseguts.

Els adults amb DM2 solen controlar-se amb l'equip d'APS i les visites solen centrar-se en el seguiment i ajust del tractament farmacològic. Les intervencions no farmacològiques habitualment es dirigeixen a l'alimentació i consell breu d'exercici físic, és a dir, el temps emprat a l'AFMV estructurada en el temps de lleure, sense tenir en compte habitualment la reducció i limitació del CS i la contribució substancial que tenen les activitats de baixa intensitat a la despesa d'energia diària total (Donahoo et al., 2004). Així mateix, les persones amb DM2 presenten una baixa adherència a les recomanacions d'AFMV, ja que més de la meitat de les persones amb DM2 no compleixen amb les recomanacions internacionals d'AFMV (van der Berg et al., 2016; Jarvie et al., 2019) i presenten un elevat CS. Els efectes beneficiosos d'interrompre el temps sedentari són independents del efectes de complir amb les recomanacions d'AFMV. Segons l'ADA la salut òptima dels adults amb DM2 requereix un enfocament més actiu per part de les persones per autogestionar la seva salut. Participar en canvis de l'estil de vida, permetria als professionals de la salut obtenir millors resultats de salut oferint suport personalitzat.

L'ús dels dispositius wearables i les aplicacions mòbils de salut a la pràctica clínica suposa noves estratègies en el control i maneig de la DM2, proporcionant reforç mitjançant una retroalimentació immediata sobre mesures objectives del comportament, i millorant els resultats de salut en la DM2 (Fatehi et al., 2017; Berman et al., 2018). Els dispositius de seguiment portàtils i les aplicacions mHealth que capturen comportaments de salut ofereixen una visió objectiva de l'activitat diària i CS, que abans no estava disponible (Gay et al., 2015). Tot i així, la prescripció de programes mHealth des de la pràctica assistencial és escassa a causa de la manca d'assajos clínics controlats que determinin l'eficàcia d'aquestes intervencions sobre variables clíniques (Veazie et al., 2018; Bonn et al., 2018). En aquest sentit, l'impacte de les intervencions mòbils per modificar el CS en població amb DM2 no és clar, i és escassa l'evidència sobre l'eficàcia de programes mHealth junt amb l'atenció habitual sobre el control glucèmic i els factors de risc cardiovascular en adults amb DM2. Així mateix, cal més estudis d'intervencions mòbils per canviar el patró de CS de les

persones amb DM2 que identifiquin els components de la intervenció, els models i les tècniques de canvi de comportament i avaluïn l'impacte de la intervenció mHealth en el manteniment del comportament més enllà dels 6 mesos de la intervenció.

En aquest context, aquesta tesi doctoral té l'objectiu principal d'avaluar l'eficàcia d'un programa mHealth per modificar el patró de CS d'adults amb DM2 des de la pràctica clínica a l'APS sobre variables clíniques. Conté cinc objectius específics de recerca, cadascun dels quals s'aborden en cinc articles científics publicats o en revisió en revistes científiques estatals i internacionals:

1. Descriure i identificar, mitjançant una revisió narrativa, les investigacions actuals en tecnologia mòbils per canvis estils de vida inactius i sedentaris des de la pràctica clínica en atenció primària (Estudi I).
2. Dissenyar un protocol per avaluar l'eficàcia d'un programa mHealth (Walk@Work-App-Diab) des d'atenció primària per estar menys temps assegut i moure's més a la feina sobre el CS habitual i laboral, l'activitat física i variables de control glucèmic i clíniques en personal d'oficina amb DM2 (Estudi II).
3. Identificar i caracteritzar els components principals del patró del CS d'adults amb DM2 en comparació amb adults sense DM2 (Estudi III).
4. Desenvolupar un model matemàtic senzill per a la pràctica clínica que permeti la identificació precoç d'adults amb diagnòstic de DM2 o amb risc de presentar-la, a partir de mesures objectives del patró SB, hores de son i variables antropomètriques (Estudi 4).
5. Avaluar la eficàcia d'un programa mhealth per seure menys i moure's més - prescrit des de la pràctica clínica a l'atenció primària sobre les variables de control glucèmic, AF, CS i factors de risc cardiovascular en persones amb DM2 que tenen feines d'oficina (Estudi 5).

A continuació, es presenta una breu descripció de cada estudi.

- **Estudi I:** consultar 4.2.1. Article 1: La salut mòbil (mSalut) per a modificar la inactivitat física i comportament sedentari des de l'atenció primària: una revisió narrativa.
- **Estudi II:** Effectiveness of a healthcare-based mobile intervention on sedentary patterns, physical activity, mental well-being and clinical and productivity outcomes in office employees with type 2 diabetes: study protocol for a randomized controlled trial.

Es va dissenyar un protocol d'estudi d'un assaig clínica aleatori multicèntric per avaluar l'eficàcia d'una intervenció mòbil des d'atenció primària per seure menys i moure's més

a la feina sobre el CS habitual i laboral, l'AF, l'HbA1C i factors de risc cardiovascular (perfil lipídic, variables antropomètriques i tensió arterial diastòlica i sistòlica) en adults amb DM2 als 3, 6 i 12 mesos de seguiment. Els criteris d'inclusió eren pacients (de 18 a 65 anys) amb diagnòstic de DM2, i feines sedentàries d'oficina. El grup control rebia l'atenció sanitària habitual. El grup intervenció rebia, a través d'una aplicació mòbil i una pàgina web estratègies i feedback en temps real durant 13 setmanes per canviar el CS ocupacional.

L'aplicació mòbil es basava en el model transteòric de les fases de canvi de Prochaska y Diclemente i les tècniques de canvi de comportament incloses a la intervenció mòbil Walk@Work-App-Diab van ser: (i) Feedback sobre el comportament i els resultats del comportament (per exemple, proporcionar comentaris en temps real sobre els comportaments en el moment en què es produeixen); (ii) Autocontrol del comportament i els resultats del comportament (per exemple, proporcionar gràfics i missatges amb comentaris individuals sobre el progrés); (iii) Informació sobre conseqüències per a la salut (per exemple, proporcionar articles sobre els beneficis per a la salut de substituir el temps assegut per AF); (iv) Establiment d'objectius (és a dir, establir objectius cada dues setmanes per reduir el temps ocupat assegut i augmentar el moviment); (v) Planificació de l'acció (p. ex., proporcionar grups d'estratègies que es planifiquen progressivament per augmentar la durada de les pauses en el temps assegut); (vi) Suport social (és a dir, proporcionar una xarxa social per compartir experiències i estratègies mitjançant Twitter o el bloc); (vii) Instruccions sobre com realitzar la conducta (p. ex., proporcionar instruccions detallades de les tasques que es poden fer per reduir el CS a la feina); i (H) Indicacions (per exemple, utilitzant una figura d'un sofà que canvia de color a vermell, groc i verd segons la duració dels períodes sedentaris).

- **Estudi III:** Differences in Free-Living Patterns of Sedentary Behaviour between Office Employees with Diabetes and Office Employees without Diabetes: A Principal Component Analysis for Clinical Practice.

L'estudi va permetre identificar i caracteritzar, mitjançant la tècnica estadística d'anàlisi de components principals (PCA), el patró del CS de treballadors d'oficina amb DM2 en comparació amb treballadors d'oficina amb metabolisme normal de la glucosa (MNG). Concretament, van participar un total de 213 treballadors d'oficina (n = 81 amb DM2; n = 132 amb MNG) que van portar un inclinòmetre activPAL les 24 hores del dia durant 7 dies consecutius. L'estudi va determinar les dimensions o components principals que caracteritzen millor el patró del CS de treballadors d'oficina amb DM2 a la feina, fora de la feina i els caps de setmana. Va resultar en 2 components que explicaven el 60% de la

variabilitat present en les dades del patró del CS dels adults amb DM2. Els adults DM2 es van caracteritzar per un menor nombre d'interrupcions/dia sedentàries en intervals de temps menor de 20 minuts tant a la feina, fora de la feina com els caps de setmana. De mitjana, els adults van presentar 31 interrupcions sedentàries/dia menys que els adults sense diabetis. Es va concloure que les intervencions efectives des de la pràctica clínica per abordar el CS en adults amb treballs d'oficina amb DM2 s'hauria de focalitzar en incrementar el nombre d'interrupcions/dia del temps sedentari.

- **Estudi IV:** Incorporating objective measures of sedentary behaviour into the detection and control methods of type 2 diabetes mellitus: development of a mathematical model for clinical practice.

Es va desenvolupar un model matemàtic senzill que permet una identificació precoç d'adults amb DM2 o amb risc de presentar-la, a partir de mesures objectives no invasives del patró característic del CS en adults amb DM2, hores de son i variables antropomètriques. El model utilitza cinc variables clíniques no invasives: sexe, edat, IMC, temps de son (hores) i nombre d'interrupcions sedentàries en períodes menor de 20 minuts (nombre/dia). El model validat va classificar correctament el 88,89% dels participants, classificant correctament tots els adults amb NGM i el 77% dels pacients amb DM2. També va permetre, a partir del perfil antropomètric del participant, el disseny d'una eina preventiva per modificar el patró SB dels adults amb DM2 per al seu ús a la pràctica clínica.

- **Estudi V:** Impact of a primary care-based mobile health intervention to 'sit less and move more' on glyceic control, HbA1c and cardiovascular risk factors in office employees with type 2 diabetes: A randomized controlled trial.

Aquest estudi va avaluar l'eficàcia d'un programa de salut mòbil per "seure menys i moure's més" a la feina, prescrit des de la pràctica clínica a l'atenció primària, sobre el control glucèmic i els factors de risc cardiovascular prescrit de pacients amb DM2 que tenien un treball d'oficina. Es tractava d'un assaig controlat aleatori que va comparar l'atenció habitual (n = 50) amb l'atenció complementada amb un programa mhealth per seure menys i moure's més (n=49).

El grup d'intervenció (n = 49), a més de l'atenció estàndard, va rebre un programa de mHealth automatitzat Walk@Work-Application-Diab (W@W-App-Diab) i una intervenció basada en una web durant 13 setmanes que es va centrar a disminuir i

interrompre el CS ocupacional. Van participar cinc centres d'atenció primària (d'abril de 2019 a gener de 2020) de l'àrea metropolitana de Barcelona.

En comparació amb el grup control, els participants del grup d'intervenció van presentar una reducció significativa i clínicament rellevant d'HbA1c $\leq -0,5\%$, glucèmia ($p < 0,01$), nivells de triglicèrids ($p < 0,01$), PAS i PAD. ($p < 0,01$) als 12 mesos de seguiment. També es va produir una reducció del CS ocupacional als 6 mesos ($p < 0,01$) i 12 mesos de seguiment ($p < 0,05$) i del CS fora de l'horari laboral els dies feiners fent activitats de lleure als 6 i 12 mesos de seguiment ($p < 0,05$).

ESTUDI II

Alòs, F., Colomer, M. À., Martin-Cantera, C., Solís-Muñoz, M., Bort-Roig, J., Saigi, I., Chirveches-Pérez, E., Solà-Gonfaus, M., Molina-Aragonés, J. M., & Puig-Ribera, A. (2022). Effectiveness of a healthcare-based mobile intervention on sedentary patterns, physical activity, mental well-being and clinical and productivity outcomes in office employees with type 2 diabetes: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC public health*, 22(1), 1269. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13676-x>

STUDY PROTOCOL

Open Access



Effectiveness of a healthcare-based mobile intervention on sedentary patterns, physical activity, mental well-being and clinical and productivity outcomes in office employees with type 2 diabetes: study protocol for a randomized controlled trial

Francesc Alòs^{1*} , M^a. Àngels Colomer², Carlos Martin-Cantera³, Montserrat Solís-Muñoz⁴, Judit Bort-Roig⁵, I. Saigi⁶, E. Chirveches-Pérez⁷, Mercè Solà-Gonfaus⁸, Josep Maria Molina-Aragonés⁹ and Anna Puig-Ribera⁵

Abstract

Background: Prolonged sedentary time is associated with an increased incidence of chronic disease including type 2 diabetes mellitus (DM2). Given that occupational sedentary time contributes significantly to the total amount of daily sedentariness, incorporating programmes to reduce occupational sedentary time in patients with chronic disease would allow for physical, mental and productivity benefits. The aim of this study is to evaluate the short-, medium- and long-term effectiveness of a mHealth programme for sitting less and moving more at work on habitual and occupational sedentary behaviour and physical activity in office staff with DM2. Secondary aims. To evaluate the effectiveness on glycaemic control and lipid profile at 6- and 12-month follow-up; anthropometric profile, blood pressure, mental well-being and work-related post-intervention outcomes at 3, 6 and 12 months.

Methods: Multicentre randomized controlled trial. A sample size of 220 patients will be randomly allocated into a control ($n = 110$) or intervention group ($n = 110$), with post-intervention follow-ups at 6 and 12 months. Health professionals from Spanish Primary Health Care units will randomly invite patients (18–65 years of age) diagnosed with DM2, who have sedentary office desk-based jobs. The control group will receive usual healthcare and information on the health benefits of sitting less and moving more. The intervention group will receive, through a smartphone app and website, strategies and real-time feedback for 13 weeks to change occupational sedentary behaviour. Variables: (1) Subjective and objective habitual and occupational sedentary behaviour and physical activity (Workforce Sitting Questionnaire, Brief Physical Activity Assessment Tool, activPAL3TM); (2) Glucose, HbA1c; (3) Weight, height, waist circumference; (4) Total, HDL and LDL cholesterol, triglycerides; (5) Systolic, diastolic blood pressure; (6) Mental well-being (Warwick-Edinburgh Mental Well-being); (7) Presenteeism (Work Limitations Questionnaire); (8) Impact of work on employees' health, sickness absence (6th European Working Conditions Survey); (9) Job-related mental strain (Job

*Correspondence: fralos.bcn.ics@gencat.cat

¹ Primary Healthcare Centre Passeig de Sant Joan, Catalan Health Institute, 08010 Barcelona, Spain

Full list of author information is available at the end of the article



Content Questionnaire). Differences between groups pre- and post- intervention on the average value of the variables will be analysed.

Discussion: If the mHealth intervention is effective in reducing sedentary time and increasing physical activity in office employees with DM2, health professionals would have a low-cost tool for the control of patients with chronic disease.

Trial Registration: [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) NCT04092738. Registered September 17, 2019.

Keywords: Mobile applications, Smartphone, Sedentary behaviour, Physical activity, Office employees, Primary healthcare, Diabetes mellitus type 2, Workplace

Background

Sedentary behaviour and physical inactivity are associated with an increased risk of chronic disease [1–3] and all-cause mortality [4, 5]. Prolonged sitting is associated with weight gain and obesity [6], metabolic syndrome [7, 8], cardiovascular disease [5, 9], a higher incidence of DM2 [6, 7, 10] and some types of cancer [11–13]. Excessive sitting is also associated with mental health problems such as lower mental well-being, anxiety and increased risk of depression [14–16]. In modern societies, these unhealthy behaviours contribute to chronic diseases, which progress slowly, appear increasingly early and lead to a loss in quality of life, social labour and health costs [17, 18]. Sedentary behaviour is defined as any activity with a caloric expenditure ≤ 1.5 Metabolic Equivalent Tasks while remaining in a sitting or reclining posture [19]. Physical inactivity, in turn, is defined as an insufficient physical activity level to meet physical activity recommendations [20]. Sedentary behaviour is a health-related risk factor regardless of physical inactivity [21], which has become very prevalent worldwide due to changes in the physical, social and economic environment [22, 23].

Worldwide, Ding et al. [24] estimated that physical inactivity cost health systems \$53.8 billion in 2013. In addition, deaths attributable to physical inactivity cost a further \$13.7 billion in lost productivity and resulted in 13.4 million disability-adjusted life years. It was also estimated that sedentary behaviour cost the National Health Service of the United Kingdom (2016–2017) £0.8 billion, which included expenditures on cardiovascular diseases (£424 million), DM2 (£281 million) and colon, lung and endometrial cancers (£56 million) [25]. In spite of that, longitudinal data (2007–2016) on adults from the United States [26] did not observe a significant increase in the adherence rate (63.2 and 65.2% respectively) to the physical activity recommendations (e.g. at least 150 minutes of moderate-intensity or 75 minutes of vigorous-intensity aerobic physical activity per week or some equivalent combination) [20] but a significant increase in sedentary behaviour. The COVID-19 pandemic has promoted physical inactivity and sedentary behaviour [27–29],

which had been defined as another pandemic [27, 30] and a major public health problem that must be addressed jointly by healthcare professionals [31].

Although there is no international consensus with regards to healthy sedentary behaviour thresholds for adults, a meta-analysis suggested that adults' sedentary time should be limited to 7–8 h/day [4]. Other public health guidelines also recommend breaking up sedentary behaviour every 30 minutes [32]. And the World Health Organization (WHO, 2020) [20] suggests that adults should limit the amount of time they spend sedentary.

Occupational sedentary behaviour, physical inactivity and health

Evidence on the specific health effects of physical activity and sedentary behaviour in the occupational domain are less conclusive [33, 34]. Many adults spend half or more of their day at work, and the hours they spend sitting there make up half of their total sedentary time [35]. Moreover, the COVID-19 pandemic has promoted teleworking and therefore an increase in occupational sedentary behaviour, such as office work at home [36, 37]. Consequently, it is estimated that sedentary time at work would be responsible for 50% of the negative health effects attributable to sedentary behaviour [38].

Additionally, sedentary work time is associated with indicators of productivity and well-being [39], suggesting that “sitting less and moving more” at work could effectively reduce an array of markers of lost productivity [40]. This is especially relevant in people with prevalent chronic disease, who show higher losses of work productivity [41]. “Sitting less and moving more” could also be effective to cope with the increasing levels of work-related stress [42], another current major challenge for people with chronic disease [42, 43]. For all the above, reducing sedentary behaviour at the workplace is a priority area in which to intervene.

Reducing occupational sedentary time by promoting incidental physical activity (such as climbing stairs or walking for short periods) is a key prevention strategy that could help people gradually increase their physical activity levels towards those recommended for optimum

health [44, 45]. While numerous health and financial benefits for both employees and employers could be achieved [44, 45], the evidence on effective, long-term intervention strategies in the workplace to reduce sedentary behaviour is limited [46, 47].

Mobile Health (mHealth) interventions to reduce occupational sedentary behaviour and physical inactivity

Mobile health (mHealth) has been defined as medical and public health practice supported by mobile devices such as mobile phones, patient monitoring devices, and personal digital assistants [48]. mHealth programmes could help change time spent on sedentary behaviour [49–51]. mHealth interventions at work are feasible, acceptable and effective tools for promoting physical activity [49] and reducing sedentary behaviour, even outside working hours [52]. However, studies evaluating the impact of these long-term and specific mHealth programmes on occupational sedentary behaviour are low [49].

Furthermore, the use and efficacy of mHealth programmes mostly focus on healthy adults, without taking into account the impact they might have on specific population groups [53], such as workers with prevalent chronic diseases like obesity or DM2. There is a need for a better understanding of how to integrate mHealth programmes in the self-management of patients with chronic diseases, specifically in the self-management of DM2, and in health care in general [54]. Self-management is fundamental for the well-being of people with DM2 [55, 56] who are mostly treated and managed in primary health care. mHealth interventions as a means of self-management and health promotion offer a promising solution in primary health care to cope with the increasing demand for treatment and control of DM2 [55].

Healthcare-based mHealth interventions to reduce occupational sedentary behaviour and physical inactivity in people with chronic diseases

Primary health care plays a key role in promoting physical activity and reducing sedentary behaviour for chronic disease. Physical activity is a cost-effective drug that is universally prescribed as first-line treatment, especially to patients with chronic diseases like DM2 [57]. Patients' physical activity levels and sedentary behaviour reductions can be achieved by using new strategies in clinical practice such as technology including wearables and mHealth programmes. These can be useful for improving treatment adherence and enabling the evaluation and registration of lifestyles in the medical records [57].

Objectives

In this context, the main objective of this protocol for a randomized controlled trial is to assess the effectiveness

in the short-medium and long term of a mHealth programme to “sit less and move more” at work on reducing sedentary behaviour and increasing habitual and work physical activity in office staff with DM2. The secondary objectives are to evaluate the effectiveness of the programme on i) clinical variables: glycaemic control and lipid profile; ii) anthropometric and blood pressure variables; iii) improvement in mental well-being, presenteeism, absenteeism and work-related stress.

This is important given the scarcity of studies that evaluate the effectiveness of mHealth programmes in reducing sedentary behaviour as a therapeutic approach for people with chronic pathology, specifically with DM2, which also evaluate the global health impact of the mHealth intervention on clinical parameters, mental well-being and productivity [46]. This study will make it possible to clarify whether people diagnosed with one of the most prevalent chronic diseases, DM2, are likely to benefit from the implementation of mHealth interventions by healthcare professionals in a wide range of health variables and through the use of objective measures of habitual and occupational sedentary behaviour [49].

Trial design

This is a prospective, multicentre, two-arm randomized controlled trial with an intervention and control group (i.e. usual care) that will evaluate the effectiveness of an intervention based on a 13-week mHealth programme that aims to replace sedentary work tasks with active ones in office workers with DM2.

Methods

This study protocol has been developed based on the Standard Protocol Items: Recommendation for Interventional Trials (SPIRIT) guidelines [58].

Study setting

Data will be collected from primary health care centres in the metropolitan area of Barcelona. This densely populated urban area has a high prevalence of patients with DM2 - in Spain, 7.8% of the adult population have DM2 from which 4.17% belong to the age range of 18–65 years old (5.35% males, 3.28% females) [59] – which ensures easy access to people with this medical condition.

Recruitment

First, project information will be disseminated to the directors of the primary health care centres in the aforementioned metropolitan area through the Foundation University Institute for Research in Primary Health Care Jordi Gol i Gurina. A meeting with the medical staff of each general practice that shows an interest in volunteering for the project will be organized to recruit physicians

and nurses willing to participate in the project. Physicians and nurses that volunteer will sign a written informed consent agreeing to recruit and monitor 5–6 patients for each medical staff unit. Each unit will include one physician and one nurse.

General practices recruitment will be ongoing until enough medical units are reached to achieve the required sample size. In general practices where medical units will participate, a member of the research team will run a two-hour training course with the medical staff that will include: (i) Benefits of physical activity and reduction of sedentary behaviour in DM2; (ii) Information and objectives of the study; (iii) Schedule of the visits and tasks in each follow-up visit. Also, a certified medical professional will provide medical units with a full list of adult patients (18–65 years of age) within their own patients’ portfolio that are diagnosed with DM2 and could potentially participate in the study. Medical units will be advised to ring patients during the first week after the training session, following the list of names order and asking for the inclusion criteria. A specific interview guide for physicians and nurses will be developed to standardize recruitment procedures and identify patients that meet the inclusion criteria.

Patients that meet the inclusion criteria will be invited to participate. If the response is NO, reasons for not volunteering will be recorded in an on-line form (Survey Monkey Enterprise). If the response is YES, more detailed information about the study will be provided and a first appointment with the nurse will be organized in the general practice. In appointment 1, patients will be provided with written detailed information about the study, and if they volunteer they will sign a written informed consent to participate. This process will be repeated until each unit recruits the 5–6 patients agreed (Fig. 1).

Eligibility criteria

Participating patients must be between 18 and 65 years old (working age) and have a mobile phone (smartphone). They must also be diagnosed with DM2 in accordance with international criteria [60], be office workers with a minimum of 55% of their daily working hours performing sedentary tasks according to the Occupational Sitting and Physical Activity Questionnaire (OSPAQ) [61] and have a work contract of at least 18.5 hours.

Furthermore, participants must not (i) have a diagnosis of musculoskeletal, cardiovascular, pulmonary or orthopaedic problems or any other physical condition

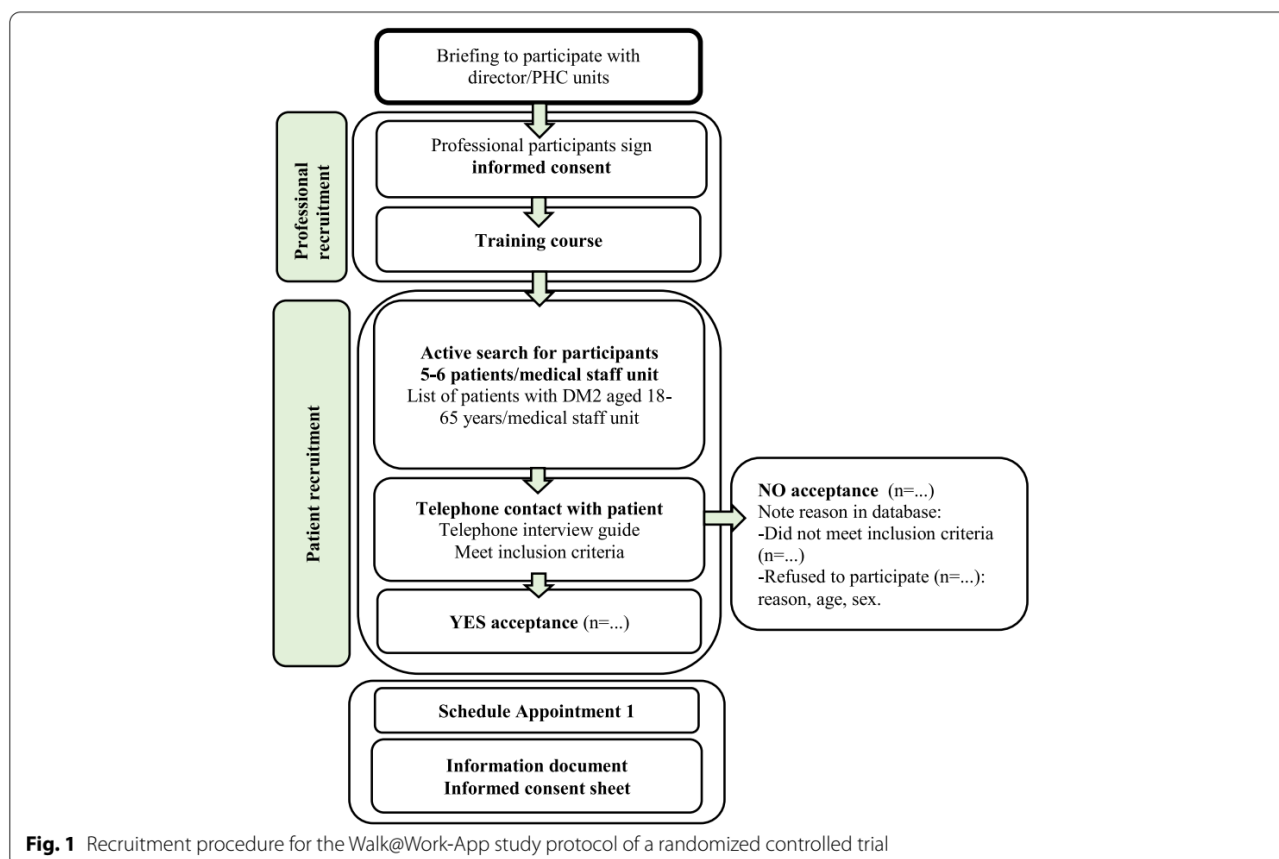


Fig. 1 Recruitment procedure for the Walk@Work-App study protocol of a randomized controlled trial

that prevents them from being physically active; (ii) participate simultaneously in another study or programme of sedentary behaviour, physical activity, nutrition or weight control; (iii) be pregnant; or (iv) have a history of psychiatric problems or substance abuse that could interfere with adherence to the study protocol.

Allocation

After obtaining the informed consent of the patients to participate in the trial, they will be randomly assigned to the control and intervention group by the research team. The research team will use an Excel file to create a random sequence of numbers allocating patients into two blocks: the control and the intervention group. The sequence of numbers will be the result of a simple randomization process. The research team will randomly provide each medical unit with a series of six numbers to allocate to each patient. After finishing recruiting, the medical unit will allocate one number to each patient and will send this information to the research team.

Blinding

After the number assignment, (i) the research team will blindly provide “Walk@Work-App Kits” for each patient corresponding to either the control or intervention group to nurses. Both kits will have the same look (Fig. 2) but with different content depending on whether the patient belongs to the intervention or control group (Fig. 3). The physician, in charge of recording and monitoring clinical data, will be blinded to the patients’ group randomization. Patients will be blinded to the existence of other patients receiving the intervention or being in a control group. The independent researcher who evaluates the participants at the end of the intervention and at the 6- and 12-month follow-ups will be blinded to the participants’ treatment group assignment. In addition, the person who will carry out the data analysis will not participate in the data collection.

Intervention

The Walk@Work-Application (W@W-App) is an automated mobile phone and web-based intervention that focuses on decreasing and breaking up prolonged occupational sitting time in desk-based office employees. The W@W-App includes a self-monitoring tool that adds a commercially available sensor (MetaWearC; Mbienv-Lab Inc) [62] covered with a waterproof round case and attached via a band to the thigh. The sensor gathers employee’s postural and movement information during working hours. The W@W-App communicates with the MetaWearC external sensor by synchronizing the raw sensor data with the W@W-App software via a low-energy Bluetooth System. Postural and movement data are directly processed and displayed in real time by the app on the phone. Figure 4 depicts the W@W-App (login page) and the MetaWearC sensor.

The W@W-App+MetaWearC was developed from a previous version [63] to self-monitor and quantify occupational sitting, standing and stepping while



Fig. 2 Walk@Work-AppKits provided to nurses of primary health care centres



Fig. 3 Content of the control (a) and intervention (b) groups kit for Walk@WorkApp program

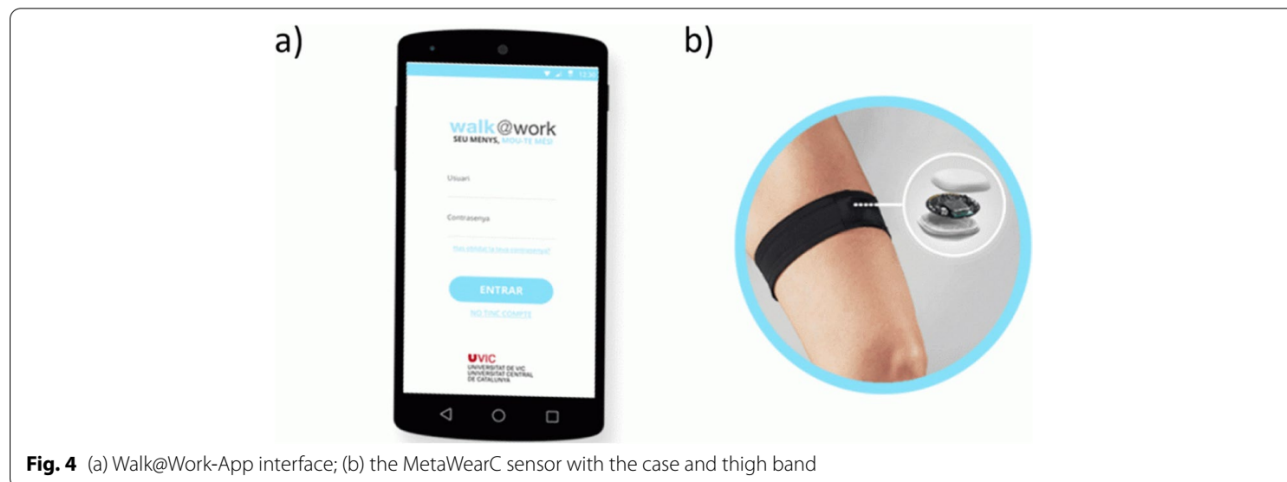


Fig. 4 (a) Walk@Work-App interface; (b) the MetaWearC sensor with the case and thigh band



Fig. 5 Walk@Work-App interface displaying employees' occupational stepping, sitting and standing time

offering real-time feedback on these behaviours (Fig. 5). Both are essential components for changing behaviours at the time and place where they occur, as well as for increasing individuals' awareness and empowerment toward behaviour change [64]. The W@W-App+MetaWearC self-monitoring system has demonstrated a high level of accuracy and validity in determining postural position, providing a low-cost alternative tool for the examination of occupational sitting, standing, stationary and upright times in desk-based office employees [65].

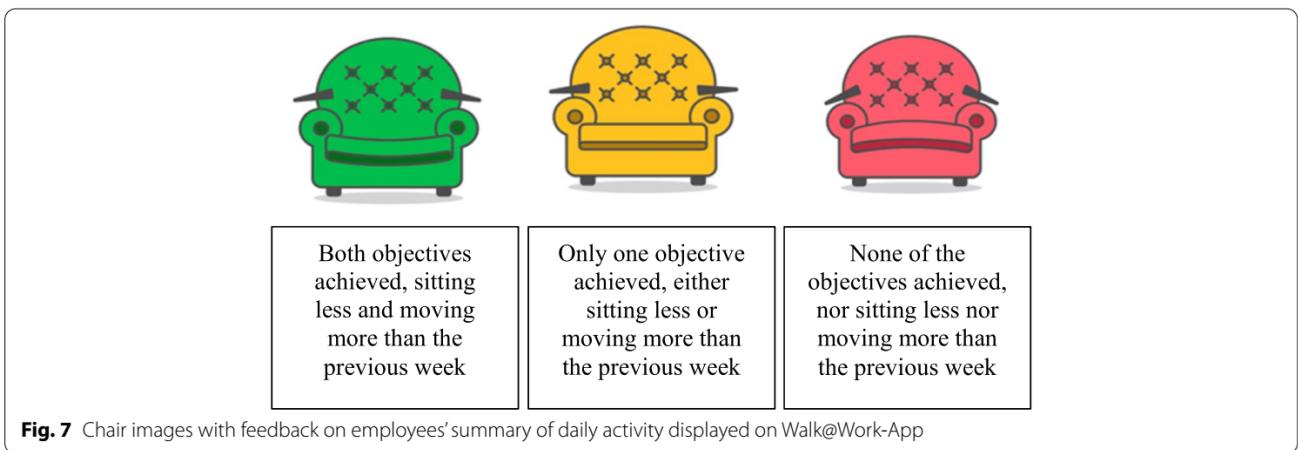
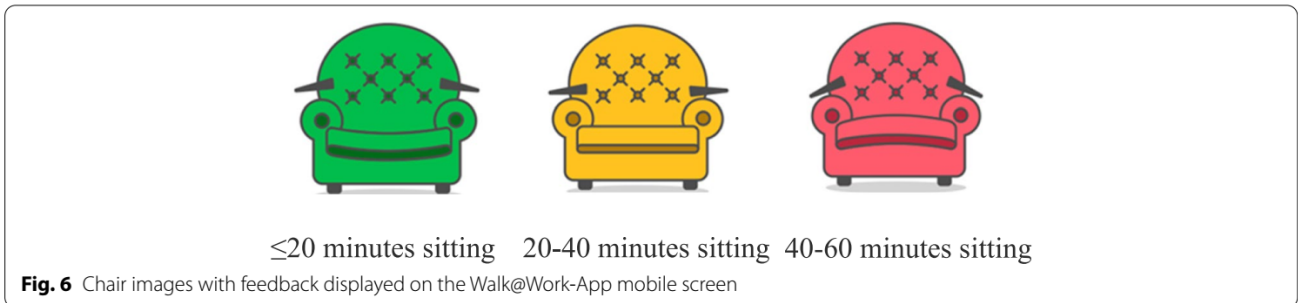
Walk@Work-App registration, configuration and instalment

Participants will install and configure the W@W-App, following the guidance provided: (i) registration on the W@W web platform (<http://walkatwork.uvic.cat/en/>) [66]; (ii) user verification through email; (iii) W@W-App installation and initialization; (iv) recording day and time period configuration (i.e. between 3 and 8 working hours); and (v) recognition of the MetaWearC sensor via Bluetooth. Participants can also read the private policy of the W@W-App on the W@W website. Registration and employee guidance is available on a YouTube tutorial at <https://youtu.be/cS0oJ9xPTbo>. The W@W-App is available for downloading in Google Play and App Store. After registration and configuration, the complete W@W-App will be installed on the employees' own mobile phones for 13 weeks, the period during which employees will wear the band with the attached MetaWearC, only during working hours (including the time taken to go to and back from work).

Description of how the W@W-App programme for changing occupational sedentary time works.

During Week 0, the W@W-App provides self-monitoring features to get baseline measurements for occupational stepping, sitting and standing time and set up a programme baseline with individual targets for each employee. During Weeks 1–12, the app keeps self-monitoring and displaying employees' occupational activity in real-time, including an emoji of an animated chair at the bottom of the screen. According to the time spent in sitting bouts, the chair changes from a green chair (<20 min) to a yellow chair (20–40 min) and then to a red chair (40–60 min) (Fig. 6). When sitting time is prolonged for more than one hour, a vibration feature of the mobile phone is activated.

At the end of the working day, the mobile application sends data to the web server and it returns a daily



summary message with the support of a chair image reflecting how well the employee has done in reaching the previously set-up individualized goals. In this message, participants can see the chair that represents their daily goals achievement (Fig. 7).

When one or both targets have been achieved during most days of the week, a congratulations message is sent at the end of the working week with the support of a blue chair image. These weekly motivational messages report the progress made, appearing only when the goals are completed. Additionally, daily graphs provide feedback on employees' occupational sitting and moving time (Fig. 8). While in the App these graphs can be checked weekly, in the W@W-App website (Fig. 9) the graphs show continuous feedback from week 0 to week 12 in relation to the goals that should be achieved throughout the programme.

Most importantly, during Weeks 1–12 employees have access to automated strategies to sit less and move more at work during an 8-week ramping phase and a 4-week maintenance phase. During this period, fortnight and weekly messages inform employees about the strategies and goals that can be used to change their occupational sedentary behaviour. During the ramping phase, every two weeks employees are challenged to progressively increase their movement by replacing occupational



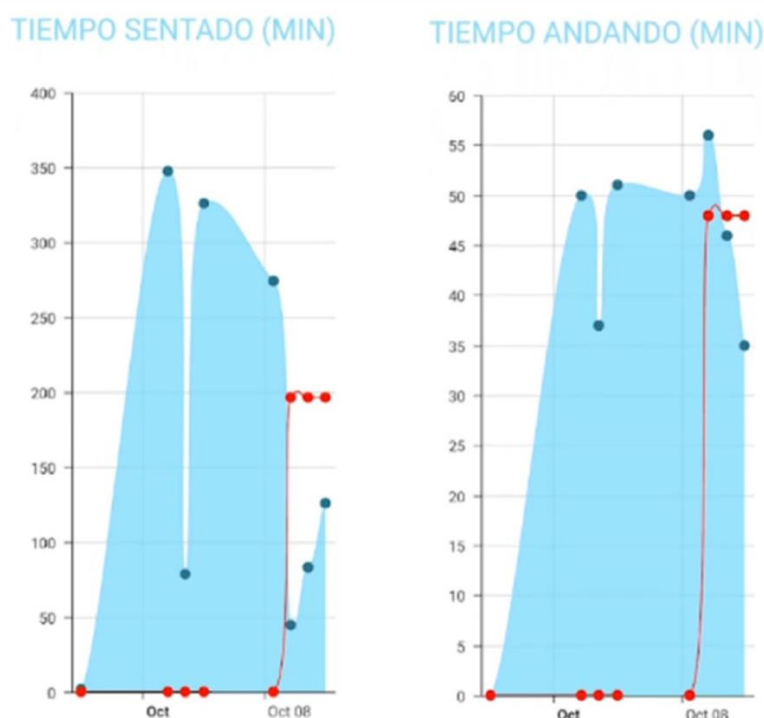


Fig. 9 Graphs with employees' feedback on sitting and moving time displayed on W@W-App website

sitting time with 10 minutes (Weeks 1–2), 20 minutes (Weeks 3–4), 30 minutes (Weeks 5–6) or 37 minutes (Weeks 7–8) of moving or stepping above the average baseline (Week 0).

Description of the W@W-App strategies

Strategies to achieve the programme goals initially focus on reducing and breaking occupational sitting time by performing work tasks actively, such as active email, breaking up meetings time, getting off the chair briefly to move the joints, walking while talking on the phone and getting up to throw documents in the trash, drink water or print documents (Weeks 1–2). These progress to include short 5-minute walks, for example active parking, active relaxation at work, holding meetings while walking with one or two people or using the farthest bathroom (Weeks 3–4) and then longer walks of 10 minutes by targeting active transport, active breakfasts or including walks in the itinerary to get to work and back home (Weeks 5–6). During weeks 7–8, workers are encouraged to walk with greater intensity by using the stairs, walking briskly or adding three periods of 5–10 minutes of walking per day. Additionally, employees are encouraged to check resources on Twitter that explain in detail the benefits of replacing sitting time for light or moderate physical activity, share with users the barriers they find to reducing sitting time during the work day and show

solutions to overcome these barriers. Finally, employees are encouraged to find their own strategies to sit less and move more at work and share them in the W@W-App Twitter. Over these 8 weeks, employees are also encouraged to share their active work experiences on the W@W-App Twitter and share the 5 to 10-minute walks added to their work routine to help others discover various routes and times to walk at work.

During the maintenance phase (weeks 9–12), employees are challenged to keep reducing daily sitting time and increase movement or walking time by 40–60 minutes a day. Strategies to achieve this goal focus on reducing sitting time at weekends, adding commuting or walks in the employees' immediate environment where they live or work, staying active by helping others and being active or sharing knowledge with others about the benefits experienced from sitting less and being more active. The W@W-App strategies and intervention have been developed from previous versions [67, 68].

Description of the W@W-App behaviour change techniques

W@W-App provides a range of effective behaviour change techniques to reduce and break up sitting time and increase physical activity at work [69]. Underpinned by the Behaviour Change Wheel, a theoretically driven framework that incorporates multiple theories of behaviour change [70], the behaviour change techniques

included in W@W-App are: (i) Feedback on behaviour and outcomes of behaviour (e.g. providing real-time feedback on the behaviours at the time when they occur); (ii) Self-monitoring of behaviour and outcomes of behaviour (e.g. providing graphics and messages with individual feedback on progress); (iii) Information about health consequences (e.g. providing articles on the health benefits of replacing sitting time with physical activity); (iv) Goal setting (i.e. setting goals every 2 weeks for reducing occupational sitting time and increasing moving); (v) Action Planning (e.g. providing groups of strategies that are progressively planned to increasing the length of the breaks in sitting time); (vi) Social support (i.e. providing a social network for sharing experiences and strategies using twitter or the blog); (vii) Instructions on how to perform the behaviour (e.g. providing detailed instructions of the tasks that can be done to reduce occupational sitting); and (H) Prompts (e.g. using coloured chairs).

Outcomes

The following outcomes will be assessed on the effectiveness of W@W-App: (i) Objective and subjective habitual and occupational sedentary behaviour, measured by the activPAL3TM device (PAL Technologies Ltd., Glasgow) and the Workforce Sitting Questionnaire (WSQ) [71, 72]; (ii) Objective and subjective habitual and occupational physical activity, measured with the activPAL3TM device and the Spanish Brief Physical Activity Assessment Tool (SBPAAT) [73, 74]; (iii) Glycaemic control variables using glucose, glycosylated haemoglobin A1c (HbA1c); (iv) Anthropometric variables by weight, height, body mass index (BMI), and waist circumference; (v) Lipid profile by total cholesterol, high-density lipoprotein (HDL) and low-density lipoprotein (LDL) and triglycerides; (vi) Systolic and diastolic blood pressure (BP); (vii) Mental well-being measured with the Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale (WEMWS) [75]; and (viii) Work-related outcomes including presenteeism measured with the Work Limitations Questionnaire (WLQ) [76], sickness absence [77], work-related stress (Job Content Questionnaire, JCQ) [78] and impact of work on employees' health [77].

Subjective habitual and occupational sedentary behaviour and physical activity

A seven-day total and domain-specific sitting time questionnaire (Workforce Sitting Questionnaire, WSQ) will assess weekly sitting time (minutes/day) at work *and* while travelling to and from work [71]. These domains will be targeted since Walk@Work-App aims to reduce sitting time (i) at work and (ii) while commuting. This questionnaire has high validity and reliability in the adult population for weekday sitting time

at work ($r=0.69-0.74$), while it is lower for weekend days across all domains ($r=0.23-0.74$) [78]. Forward-backward translation into Catalan and Spanish identified linguistic equivalence [79]. The Spanish version of a Brief Physical Activity Assessment Tool (SBPAAT) will identify participants who are insufficiently active versus those who follow the health recommendations for physical activity [73]. The SBPAAT has showed moderate validity ($k=0.454$, 95% CI: 0.402–0.505) and a specificity and sensitivity of 74.3 and 74.6%, respectively. Validity is fair for identifying daily minutes engaged in moderate ($r=0.215$, 95% CI: 0.156 to 0.272) and vigorous PA ($r=0.282$, 95% CI: 0.165 to 0.391) [73].

Objective habitual and occupational physical activity

The activPAL3TM will be used to measure and quantify the sedentary behaviour patterns and physical activity of employees across weekdays (working and non-working time) and weekends. Working and non-working times will be established by using participants' daily records. The activPAL3TM device is a valid measure to quantify body posture and activity patterns during free-living conditions [72]. The device will be attached to participants' right thigh using a flexible nitrile sleeve and a transparent film (10 × 10 cm of hypoallergenic Tegaderm™ Foam Adhesive Dressing). The waterproof dressing of the activPAL3TM allows participants to wear the monitor continuously for 24 hours per day for 7 complete days. Participants will receive additional dressings and instructions on how to reattach the device if needed. Additionally, participants will be asked to record their daily wake-up time, bedtime, working hours, and any monitor removal time.

Data will be processed using activPAL Professional Software™ (version 7.2.32), Microsoft Excel 2010 (Redmond, WA, USA), and MATLAB v8.4 (MathWorks®, Natick, MA, USA), following previously published protocols [80]. Resulting from the activPAL3TM software output, the following outcomes will be determined: total sitting time, total standing time, total number of sitting bouts and number of sitting bouts with three different lengths (< 20 min, 20–40 min, 40–60 min and > 60 min). Additionally, total time spent in light-intensity physical activity and moderate-to-vigorous physical activity will be determined by using previously validated count-to-activity thresholds [81].

Positive mental well-being.

The Warwick-Edinburgh Mental Wellbeing Scale (WEMWBS) will assess positive mental well-being over the previous 2 weeks [75]. The 14-item scale has five response categories: 1 ("None") to 5 ("All the time"). Responses are added to identify the final score, 14–70, and indicating low to high positive mental well-being.

WEMWBS shows high internal reliability (Cronbach's $\alpha=0.93$) and 1 week test-retest reliability ($r=0.97$) in the Spanish population [82].

Presenteeism

The *Work Limitations Questionnaire* (WLQ) will assess performance and the degree to which health problems interfere with the ability to perform job roles [76]. Spanish [83] and Catalan [84] versions of the WLQ have been developed and validated. In the WLQ, respondents self-report levels of difficulty in performing 25 specific job roles across four scales, with scores expressed as an average of responses. The 5-item "Time Scale" addresses difficulty in scheduling demands. For the "Mental-Interpersonal Scale" six items cover difficulty performing cognitive tasks involving the processing of sensory information and interacting with others on the job. The "Output Scale" has five items exploring limitations in meeting demands for quantity, quality and timeliness of completed work. The nine-item "Physical Scale" assesses ability to perform job tasks that involve bodily strength, movement, endurance, coordination and flexibility.

Sub-scales scores are transformed to a 0–100 continuum to represent the amount of time in the previous 2 weeks affected by limited on-the-job performance (from a low to high rate of difficulty). These scales estimate work loss, known as the WLQ index [76], which is the weighted sum of the scores from the WLQ scales. In the present study, the WLQ index will be calculated by adding the scores of three WLQ scales; the "Physical Scale" will be excluded from the current analyses as it was not relevant to these job roles.

Job-related mental strain or work-related stress

The Job Content Questionnaire (JCQ) will measure work stressors [78]. This questionnaire follows the demand-control model and includes two dimensions: psychological demands of work and control over work. Work stress is expressed as the result of the interaction between both dimensions. The scale measures a third dimension – social support from co-workers, managers and supervisors – that can act as a moderator of the relationship between the demands of and control over one's work [78].

The minimum reduced version of the questionnaire includes three dimensions: psychological demands (9 items), control over work (9 items) and support at work (11 items). The possible response categories for each of the items are: totally disagree (1), disagree (2), agree (3) and totally agree (4). The psychological demands dimension assesses workload, the intellectual demands and the time pressure. The control over work dimension assesses the possibility of making decisions, creativity and the

application and development of one's own skills. The support at work dimension assesses the support received from co-workers and supervisors.

The Spanish version of the minimum reduced version shows high reliability and content validity and moderate concept validity for each of the three dimensions [85]. Work stress is expressed as a ratio between psychological demands and control at work, with lower scores indicating less stress. The range of scores for the psychological demands dimensions varies between 12 and 48, while the score for the control at work dimension varies between 24 and 97 [74]. For the social support dimension, co-worker support will be measured by using a 5-item scale, while supervisor support will be measured with a 6-item scale on a 4-point Likert scale (1 = agree; 2 = somewhat agree; 3 = somewhat disagree; and 4 = disagree). Total social support is the sum of co-worker and supervisor support, with higher values reflecting greater perceived social support [78].

Employees' work-related health problems

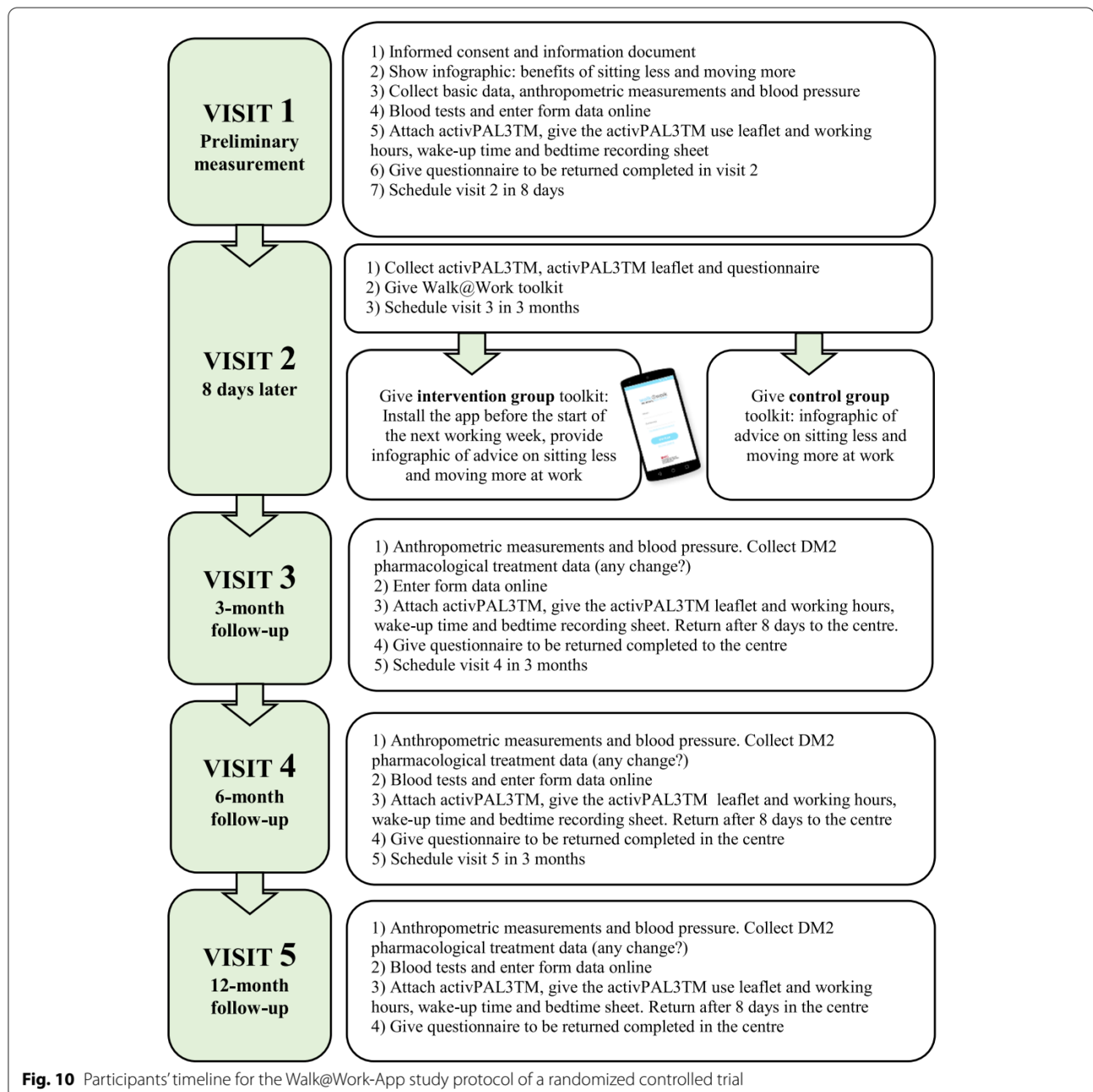
Six questions from the 6th European Working Conditions Survey will measure work-related health problems [77]. Patients will be asked if they have suffered, in the last 3 months, any of the following health problems: backache, muscle pain in the shoulders, neck and/or upper limbs muscle pain in the lower limbs anxiety, general tiredness or general health problems [77]. The results will be given in percentages.

Employees' sickness absence

Two questions will be asked [77] in relation to the number of work days the patient has missed, in the last 3 months, due to sick leave or health reasons, and how many of these days were caused by work-related health problems (excluding accidents) [77]. The results will be reported as a percentage of patients that have missed a day of work and the average number of days of temporary disability.

Participant timeline

The intervention group will have access to the automated W@W-App for 13 weeks. The control group will be asked to continue their routine daily activities receiving usual health care. All participants will receive the usual health recommendations and general information on the health benefits of sitting less and moving more through an infographic (Additional file 1). Figure 10 shows the planned follow-up visits to be carried out by the healthcare professionals, the variables to be measured and the tasks to be performed in each follow-up visit.



Data collection methods

The data collection will be carried out at the beginning and at 3, 6 and 12 months using the activPAL3TM device, data from the computerized medical history and a survey. At 6 and 12 months, each patient will have a blood test done for the clinical variables (Table 1). In each measurement, the participants will be summoned in consultation to record the subjective and objective habitual and occupational sedentary behaviour and the

subjective and objective habitual and occupational level of physical activity.

The anthropometric variables will be measured with an approved Seca 770 scale and a height measuring rod Seca 222. The BMI will be calculated by dividing the body weight by the square of the height in metres (kg/m^2). Measurement of the waist circumference, in centimetres, will be completed using a stretch-resistant tape measure and recorded as the midpoint between the lower margin

Table 1 Data collection methods for the Walk@Work-App study protocol of a randomized controlled trial

	Variables	Baseline	Follow-up			Variable type	Objective
		t=0 Months	t=3 Months	t=6 Months	t=12 Months		
PARTICIPANT CHARACTERISTICS	Socio-labour level	X				QV	Factors that can affect the final result
	Number of working hours	X				CV	
	Changes in glucose-lowering dose within last 3 months		X	X	X	QV	
	Antidiabetic drugs or insulin	X	X	X	X	QV	
	Type of insulin	X	X	X	X	QV	
	Diet	X	X	X	X	QV	
	Change in diet		X	X	X	QV	
HABITUAL AND OCCUPATIONAL SEDENTARY BEHAVIOUR AND PHYSICAL ACTIVITY	Total sitting time, workday, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	Reduce
	Number of sitting time interruptions workdays, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	Increase
	Sedentary bouts < 20 minutes workdays, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	Reduce long periods of sitting/ increase short periods of sitting
	Sedentary bouts 20–40 minutes workdays, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	
	Sedentary bouts 40–60 minutes workdays, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	
	Sedentary bouts > 60 minutes workdays, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	
	Standing time workdays, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	Reduce
	Activity time workdays, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	Increase
	Light-intensity physical activity workday, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	Increase
	Moderate-to-vigorous physical activity workday, weekend (ActivPAL3TM)	X	X	X	X	CV	Increase
	Sufficiently or insufficiently active (SBPAAT)	X	X	X	X	CV	Increase
	Domain-specific sedentary behaviour (WSQ)	X	X	X	X	CV	Reduce
	Glycaemic index (mg/dl)	X		X	X	CV	Reduce
	HbA1C (%)	X		X	X	CV	Reduce

Table 1 (continued)

	Variables	Baseline	Follow-up		Variable type	Objective
LIPID PROFILE	Total Cholesterol (mg/dl)	X	X	X	CV	Reduce
	HDL (mg/dl)	X	X	X	CV	Increase
	LDL (mg/dl)	X	X	X	CV	Reduce
	Triglycerides (mg/dl)	X	X	X	CV	Reduce
ANTHROPOMETRICS	Weight (Kg)	X	X	X	CV	Reduce
	Height (cm)	X	X	X	CV	–
	BMI (kg/m ²)	X	X	X	CV	Reduce
	Waist circumferences (cm)	X	X	X	CV	Reduce
	Systolic and Diastolic blood pressure	X	X	X	CV	Reduce
MENTAL WELL-BEING, WORK OUTCOMES	Mental well-being (WEMWS)	X	X	X	CV	Increase
	Presenteeism (WLQ) and estimated work loss	X	X	X	CV	Reduce
	Sickness absence	X	X	X	CV	Reduce
	Work control, psychological demands, social support (JCQ)	X	X	X	CV	Increase
	Impact of work on employees' health	X	X	X	CV	Improve

of the lowest palpable rib and the top of the iliac crest. The measurement will be repeated twice. If the measurements are within 1 cm of each other, the average will be calculated; and if the difference exceeds 1 cm, the two measurements will be repeated.

For systolic and diastolic blood pressure (BP), three measurements will be made, using the mean of the last two, with a validated OMRON M3 sphygmomanometer and following the recommendations of the European Society of Hypertension (<https://www.eshonline.org/>). The degree of metabolic control according to the percentage of HbA1c and basal glucose, lipid profile (total cholesterol total, HDL, LDL, triglycerides) will be measured by a preliminary blood test, and at the 6- and 12-month follow-ups.

At baseline, data from participants' personal, social and work profile will be collected. Age, sex and social class will be recorded based on the clinical history and data from a questionnaire. A validated scale of occupation as an indicator of social class, according to the British Registrar General classification [86], will be used to record the highest level of completed studies, type of work, length of time working in the company, type of work contract, number of work hours and usual days of work.

Changes in glucose-lowering therapy within the last 3 months, the type of oral antidiabetic drug or insulin,

type of insulin, if participants follow a special diet or have modified their diet in the last 3 months will be also recorded. These variables will describe participants and, when the data is processed and if some outlier is observed, to justify possible unusual behaviours. Table 1 shows the variables and its type recorded at each instant: continuous or qualitative variables.

SBPAAT: Brief Physical Activity Assessment Tool; WSQ: Workforce Sitting Questionnaire; BMI: Body mass index; HbA1c: glycosylated haemoglobin A1c; HDL: High-density lipoprotein; LDL: Low-density lipoprotein; WEMWS: Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale; WLQ: Work Limitations Questionnaire; JCQ: Job-related mental strain; Continuous variable (CV), Qualitative variable (QV).

Statistical methods

A descriptive study of all the measured variables will contain the mean, standard deviation, minimum and maximum value and dispersion coefficient. The homogeneity of the intervention and control group at the initial moment – that is, that there are no statistically significant differences between the two groups in any of the variables measured – will be verified by performing a two-tailed test of means for independent samples for each variable (Additional file 2).

The effect of the mHealth W@W-App programme will be measured by continuous variables (Table 1) which will be used to evaluate the differences between before and after implementing the mHealth programme. In some variables, the programme will be effective if the mean increases in the intervention group while for other variables effectiveness will happen if the mean decreases. For example, the programme will be effective if physical activity increases and total cholesterol decreases. Therefore a one-tailed test of means will be performed. For these continuous variables, the difference of the variable between moment t of the measurement and the initial moment will be calculated, ($X_{Dt} = X_t - X_0$), which quantifies whether there have been changes, after t months, associated with the intervention. The intervention has a positive effect if the results of the intervention group are significantly better than those of the control group; that is, if the values of the variable X_{Dt} are better in the intervention group. The qualitative variables (see Table 1) will be used to check if any patients display unusual behaviour that are due to changes in their medication or diet [86]. Intention-to treat analysis will be used. The statistical tests to be carried out in the event that homogeneity between the groups is not accepted while the procedure is outlined in Additional file 3.

Sample size

Using the free software G*Power [87], the sample size was calculated based on the power of the test and the effect size. Table 2 shows the results for powers of 0.95 and 0.80 and three effect sizes (i.e. small, medium and large). If the intervention and control group are homogenous, the sample size to be taken for a mean effect is 176 in total; 88 patients to the intervention group and 88 to the control group. With a total sample size of 176, the power of the homogeneity test is 0.91 (Table 2).

It is estimated that on average there is a loss of 20% of patients in clinical trials. If the sample size is increased by this percentage, 220 patients will have to be recruited; 110 in the intervention and 110 in the control group. If the losses do not exceed 20%, a test power of 0.95 would be guaranteed for a mean size effect. If the sample size

is not increased at baseline, a loss of 20% would mean having a sample size of 140 patients, which would mean a test power of 0.90. The effect size capable of detecting the test performed with a power of 0.95 or 0.8 shows in additional file 4.

Data monitoring

Operating procedures will be documented in a Standard Operating Procedure manual to standardize the administration of trial conditions, data collection methods, tracking procedures, and checking programming into REDCap (e.g. randomization and administration of tools within specified timeline) [88].

Ethics and dissemination

This trial will follow the standards of Good Clinical Practice and the principles of the Declaration of Helsinki. The project has been approved by the Clinical Research Ethics Committee of the Primary Care Research Institute Jordi Gol i Gurina with the registration code P18/102. The trial will be reported and patients that volunteer will be asked to sign a written informed consent prior to program participation. Each medical unit participant will be asked for their commitment to the research. The confidentiality of the subjects will be in accordance with regulations of the Organic law of Protection of Personal Data (15/1999 of December 13, LOPD) as well as the *EU General Data Protection Regulation (2016/679, GDPR)*. Study results will be reported according to Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) recommendations [88] and will also be reported in the [ClinicalTrials.gov](https://www.clinicaltrials.gov) registry.

Discussion

Over the last few decades, adults have increased the number of daily hours dedicated to sedentary activities in all areas of life [4]: travel, leisure time, and domestic and work activities. This increase is due to environmental, social, political and cultural factors [23], which result in harmful effects on people's health, well-being and productivity, and especially people with chronic disease [6]. Given the high prevalence and complexity of chronic diseases associated with sedentary behaviour and physical inactivity such as DM2, it is essential to develop and evaluate new intervention strategies (mHealth) that promote self-care and the sustainability of the health system through the integration of programmes that promote physical activity and the reduction of sedentary behaviour in healthcare. This would contribute to improving the quality of care for people with DM2.

The W@W-App will be applied by healthcare professionals to office workers with DM2, but it could also be applied to other groups of patients with office jobs

Table 2 Power function to test homogeneity of the control and intervention group as a function of the effect size

Effect size ($\Delta\mu = d \cdot \sigma$)	Power function
Small ($d=0.2$) ($n=1084$, power 0.91)	
Medium ($d=0.5$) ($n=176$ power 0.91)	
Large ($d=0.5$) ($n=70$ power 0.91)	

and chronic diseases associated with sedentary behaviour. The randomized controlled trial of this study will strengthen current evidence on the prescription of mHealth interventions by healthcare professionals to reduce sedentary behaviour and increase habitual and occupational physical activity applied to people with chronic disease. Further, the randomized control trial will examine whether improvement in physical activity and sedentary behaviour leads to both clinical improvement and improvement in well-being and productivity. Therefore, it can provide a practical, cost-effective and accessible intervention that improves adherence to interventions in the lifestyle of people with DM2. The main limitation will be not studying the effect that the intervention could have in the longer term (> 12 months follow-up), which would require a longer study. The main strengths are its evaluation of the impact of a mHealth programme at the clinical level, on mental well-being and on work outcomes and prescribed by healthcare professionals. In addition, it has been designed using behavioural change techniques to reduce sedentary behaviour, and it is the first research of this type to be carried out at the healthcare level, therefore it provides a base for future research in this field.

Abbreviations

DM2: Diabetes Mellitus type 2; WHO: World Health Organization; mHealth: mobile Health; OSPAQ: Occupational Sitting and Physical Activity Questionnaire; W@W-App: Walk@Work-Application; WSQ: Workforce Sitting Questionnaire; SBPAAT: Spanish Brief Physical Activity Assessment Tool; HbA1c: Glycosylated Hemoglobin A1c; BMI: Body Mass Index; HDL: High-Density Lipoprotein; LDL: Low-Density Lipoprotein; BP: Blood Pressure; WEMWS: Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale; WLQ: Work Limitations Questionnaire; JCQ: Job Content Questionnaire; CV: Continuous Variables; QV: Qualitative Variable; CONSORT: Consolidated Standards of Reporting Trials.

Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13676-x>.

Additional file 1. Infographic with general information on the health benefits of "sitting less and moving more" provided to the control and intervention groups.

Additional file 2. Statistical tests to be performed to test for independent samples for each variable.

Additional file 3. Statistical tests to be performed in the event that homogeneity between groups is not accepted.

Additional file 4. Relationship between sample size and effect size in a mean comparison t test for independent data, one-tailed test. Test power 0.95 and 0.80.

Acknowledgements

We thank the Foundation University Institute for Primary Health Care Research Jordi Gol i Gurina for supporting this work.

Availability of data and material

Not applicable.

Authors' contributions

FA, CMC, MSM, IS, ECP, MSG, JMA and APR were responsible for the conception and design of the study. AC was responsible for the sample size calculation and conceived the statistical methods. FA, CMC, JBR, IS and APR conceived and participated in the design of the questionnaires. FA, AP, IS, ECP, MSG and JMS participated in the development of the study. FA, AC and APR wrote the first drafts and final version of the study protocol. All authors have performed a critical revision of this manuscript and the final version.

Funding

The study was funded by Fondo de Investigación Sanitaria, Instituto de Salud Carlos III (PI17/01788) and the predoctoral research grant Isabel Fernández 2020 from the Spanish Society of Family and Community Medicine (semFYC). The funders had no role in the design, analysis, data interpretation or writing of the manuscript.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

This study protocol was approved by the Clinical Research Ethics Committee of the Primary Care Research Institute Jordi Gol with the registration code P18/102, where all of patients that volunteer will be asked to sign a written informed consent prior to program participation.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

¹Primary Healthcare Centre Passeig de Sant Joan, Catalan Health Institute, 08010 Barcelona, Spain. ²Department of Mathematics, ETSEA, University of Lleida, Lleida, Spain. ³Barcelona Research Support Unit, Primary Care Research Institute IDIAP Jordi Gol, Barcelona, Spain. ⁴Health Care Research Unit, Puerta de Hierro Majadahonda University Hospital. Nursing and Health Care Research Group, Puerta de Hierro-Segovia de Arana, Health Research Institute, Madrid, Spain. ⁵Sport and Physical Activity Research Group, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, Vic, Spain. ⁶Endocrinology and Nutrition Department, Vic University Hospital, Barcelona, Spain. ⁷Research Group on Methodology, Methods, Models and Outcomes of Health and Social Sciences, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, Barcelona, Spain. ⁸Primary Healthcare Centre Les Planes, Catalan Health Institute, Barcelona, Spain. ⁹Health and Prevention Department, Catalan Health Institute, Barcelona, Spain.

Received: 27 January 2022 Accepted: 22 June 2022

Published online: 29 June 2022

References

- Lavie CJ, Ozemek C, Carbone S, Katzmarzyk PT, Blair SN. Sedentary Behavior, Exercise, and Cardiovascular Health. *Circ Res*. 2019;124(5):799–815. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.312669>.
- Booth FW, Roberts CK, Thyfault JP, Rueggsegger GN, Toedebusch RG. Role of Inactivity in Chronic Diseases: Evolutionary Insight and Pathophysiological Mechanisms. *Physiol Rev*. 2017;97(4):1351–402. <https://doi.org/10.1152/physrev.00019.2016>.
- Bauer UE, Briss PA, Goodman RA, Bowman BA. Prevention of chronic disease in the 21st century: elimination of the leading preventable causes of premature death and disability in the USA. *Lancet*. 2014;384(9937):45–52. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60648-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60648-6).
- Chau JY, Grunseit AC, Chey T, Stamatakis E, Brown WJ, Matthews CE, et al. Daily sitting time and all-cause mortality: a meta-analysis. *PLoS One*. 2013;8(11):e80000. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080000>.
- Wilmut EG, Edwardson CL, Achana FA, Davies MJ, Gorely T, Gray LJ, et al. Sedentary time in adults and the association with diabetes,

- cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*. 2012;55(11):2895–905. <https://doi.org/10.1007/s00125-012-2677-z>.
6. Guo C, Zhou Q, Zhang D, Qin P, LQ, Tian G, et al. Association of total sedentary behaviour and television viewing with risk of overweight/obesity, type 2 diabetes and hypertension: A dose-response meta-analysis. *Diabetes Obes Metab*. 2020;22(1):79–90. <https://doi.org/10.1111/dom.13867>.
 7. van der Berg JD, Stehouwer CD, Bosma H, van der Velde JH, Willems PJ, Savelberg HH, et al. Associations of total amount and patterns of sedentary behaviour with type 2 diabetes and the metabolic syndrome: The Maastricht Study. *Diabetologia*. 2016;59(4):709–18. <https://doi.org/10.1007/s00125-015-3861-8>.
 8. Greer AE, Sui X, Maslow AL, Greer BK, Blair SN. The effects of sedentary behavior on metabolic syndrome independent of physical activity and cardiorespiratory fitness. *J Phys Act Health*. 2015;12(1):68–73. <https://doi.org/10.1123/jpah.2013-0186>.
 9. Al Tunajji H, Davis JC, Mansournia MA, Khan KM. Population attributable fraction of leading non-communicable cardiovascular diseases due to leisure-time physical inactivity: a systematic review. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019;5(1):e000512. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000512>.
 10. Åsvold BO, Midthjell K, Krokstad S, Rangul V, Bauman A. Prolonged sitting may increase diabetes risk in physically inactive individuals: an 11 year follow-up of the HUNT Study, Norway *Diabetologia* 2017;60(5):830–835. doi:<https://doi.org/10.1007/s00125-016-4193-z>.
 11. Gilchrist SC, Howard VJ, Akinyemiju T, Judd SE, Cushman M, Hooker SP, et al. Association of Sedentary Behavior with Cancer Mortality in Middle-aged and Older US Adults. *JAMA Oncol*. 2020;6(8):1210–7. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2020.2045>.
 12. Jochem C, Wallmann-Sperlich B, Leitzmann MF. The Influence of Sedentary Behavior on Cancer Risk: Epidemiologic Evidence and Potential Molecular Mechanisms. *Curr Nutr Rep*. 2019;8(3):167–74. <https://doi.org/10.1007/s13668-019-0263-4>.
 13. Schmid D, Leitzmann MF. Television viewing and time spent sedentary in relation to cancer risk: a meta-analysis. *J Natl Cancer Inst*. 2014;106(11):dju303. <https://doi.org/10.1093/jnci/dju303>.
 14. Teychenne M, Costigan SA, Parker K. The association between sedentary behaviour and risk of anxiety: a systematic review. *BMC Public Health*. 2015;15:513. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1843-x>.
 15. Zhai L, Zhang Y, Zhang D. Sedentary behaviour and the risk of depression: a meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2015;49(11):705–9. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093613>.
 16. Atkin AJ, Adams E, Bull FC, Biddle SJ. Non-occupational sitting and mental well-being in employed adults. *Ann Behav Med*. 2012;43(2):181–8. <https://doi.org/10.1007/s12160-011-9320-y>.
 17. World Health Organization. Noncommunicable Disease 2021. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>. Accessed 15 Aug 2021.
 18. Hoffman C, Rice D, Sung HY. Persons with chronic conditions Their prevalence and costs. *JAMA*. 1996;276(18):1473–9.
 19. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, et al. Sedentary Behaviour Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017;14(1):75. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>.
 20. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451–62. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>.
 21. Bailey DP, Hewson DJ, Champion RB, Sayegh SM. Sitting Time and Risk of Cardiovascular Disease and Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Prev Med*. 2019;57(3):408–16. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2019.04.015>.
 22. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Health*. 2018;6(10):e1077–86. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7).
 23. Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exerc Sport Sci Rev*. 2010;38(3):105–13. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181e373a2>.
 24. Ding D, Lawson KD, Kolbe-Alexander TL, Finkelstein EA, Katzmarzyk PT, van Mechelen W, et al. The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. *Lancet*. 2016;388(10051):1311–24. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30383-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30383-X).
 25. Heron L, O'Neill C, McAneney H, Kee F, Tully MA. Direct healthcare costs of sedentary behaviour in the UK. *J Epidemiol Community Health*. 2019;73(7):625–9. <https://doi.org/10.1136/jech-2018-211758>.
 26. Du Y, Liu B, Sun Y, Snetselaar LG, Wallace RB, Bao W. Trends in Adherence to the Physical Activity Guidelines for Americans for Aerobic Activity and Time Spent on Sedentary Behavior Among US Adults, 2007 to 2016. *JAMA Netw Open*. 2019;2(7):e197597. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.7597>.
 27. Meyer J, McDowell C, Lansing J, et al. Changes in Physical Activity and Sedentary Behavior in Response to COVID-19 and Their Associations with Mental Health in 3052 US Adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(18):6469. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186469>.
 28. Amini H, Habibi S, Islamoglu AH, Isanejad E, Uz C, Daniyari H. COVID-19 pandemic-induced physical inactivity: the necessity of updating the Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030. *Environ Health Prev Med* 2021;26(1):32. Published 2021 Mar 7. doi:<https://doi.org/10.1186/s12199-021-00955-z>.
 29. Park AH, Zhong S, Yang H, Jeong J, Lee C. Impact of COVID-19 on physical activity: A rapid review. *J Glob Health*. 2022;12:05003. Published 2022 Apr 30. <https://doi.org/10.7189/jogh.12.05003>.
 30. Pratt M, Ramirez Varela A, Salvo D, Kohl Iii HW, Ding D. Attacking the pandemic of physical inactivity: what is holding us back? *Br J Sports Med*. 2020;54(13):760–2. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101392>.
 31. González K, Fuentes J, Márquez JL. Physical Inactivity, Sedentary Behavior and Chronic Diseases. *Korean J Fam Med*. 2017;38(3):111–5. <https://doi.org/10.4082/kjfm.2017.38.3.111>.
 32. Ross R, Chaput JP, Giangregorio LM, Janssen I, Saunders TJ, Kho ME, et al. Canadian 24-Hour Movement Guidelines for Adults aged 18-64 years and Adults aged 65 years or older: an integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2020;45(10):S57–S102. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0467>.
 33. Cillekens B, Lang M, van Mechelen W, Verhagen E, Huysmans MA, Holtermann A, et al. How does occupational physical activity influence health? An umbrella review of 23 health outcomes across 158 observational studies. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1474–81. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102587>.
 34. Straker L, Coenen P, Gilson N, Healy GN. Sedentary Work—Evidence on an Emergent Work Health and Safety Issue. *Safe Work Australia: Canberra, Australia*; 2016.
 35. Parry S, Straker L, Gilson ND, Smith AJ. Participatory workplace interventions can reduce sedentary time for office workers—a randomised controlled trial. *PLoS One*. 2013;8(11):e78957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078957>.
 36. Fukushima N, Machida M, Kikuchi H, Amagasa S, Hayashi T, Odagiri Y, et al. Associations of working from home with occupational physical activity and sedentary behavior under the COVID-19 pandemic. *J Occup Health*. 2021;63(1):e12212. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12212>.
 37. McDowell CP, Herring MP, Lansing J, Brower C, Meyer JD. Working From Home and Job Loss Due to the COVID-19 Pandemic Are Associated With Greater Time in Sedentary Behaviors. *Front Public Health*. 2020;8:597619. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.597619>.
 38. Straker L, Healy GN, Atherton R, Dunstan DW. Excessive occupational sitting is not a "safe system of work": time for doctors to get chatting with patients. *Med J Aust*. 2014;201(3):138–40. <https://doi.org/10.5694/mja13.00037>.
 39. Puig-Ribera A, Martínez-Lemos I, Giné-Garriga M, González-Suárez AM, Bort-Roig J, Fortuño J, et al. Self-reported sitting time and physical activity: interactive associations with mental well-being and productivity in office employees. *BMC Public Health*. 2015;15:72. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1447-5>.
 40. Puig-Ribera A, Bort-Roig J, Giné-Garriga M, González-Suárez AM, Martínez-Lemos I, Fortuño J, et al. Impact of a workplace 'sit less, move more' program on efficiency-related outcomes of office employees. *BMC Public Health*. 2017;17(1):455. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4367-8>.
 41. McCarthy M, Vorderstrasse A, Yan J, Portillo A, Dickson VV. Managing Diabetes in the Workplace. *Workplace Health Saf*. 2021;69(5):216–23. <https://doi.org/10.1177/2165079920965538>.

42. Taylor WC, Das BM, Paxton RJ, Shegog R, Suminski RR, Johnson SR, et al. Development and implementation of a logic model: Occupational stress, physical activity, and sedentary behavior in the workplace. *Work*. 2021;68(2):521–2. <https://doi.org/10.3233/WOR-203352>.
43. Nyberg ST, Fransson EI, Heikkilä K, Ahola K, Afredsson L, Björner JB, et al. Job strain as a risk factor for type 2 diabetes: a pooled analysis of 124,808 men and women. *Diabetes Care*. 2014;37(8):2268–75. <https://doi.org/10.2337/dc13-2936>.
44. Munir F, Biddle SJH, Davies MJ, Dunstan D, Esliger D, Gray LJ, et al. Stand More AT Work (SMaT Work): using the behaviour change wheel to develop an intervention to reduce sitting time in the workplace. *BMC Public Health*. 2018;18(1):319. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5187-1>.
45. Hendriksen IJ, Snoijer M, de Kok BP, van Vilsteren J, Hofstetter H. Effectiveness of a Multilevel Workplace Health Promotion Program on Vitality, Health, and Work-Related Outcomes. *J Occup Environ Med*. 2016;58(6):575–83. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000747>.
46. Martin A, Fitzsimons C, Jepson R, Saunders DH, van der Ploeg HP, Teixeira PJ, et al. Interventions with potential to reduce sedentary time in adults: systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2015;49(16):1056–63. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094524>.
47. Bailey DP. Sedentary behaviour in the workplace: prevalence, health implications and interventions. *Br Med Bull*. 2021;137(1):42–50. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldaa039>.
48. World Health Organization. mHealth: New horizons for health through mobile technologies: second global survey on eHealth Geneva 27, Switzerland: World Health Organization 2011 [cited 2016 April 4]. Available from: http://www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf
49. Buckingham SA, Williams AJ, Morrissey K, Price L, Harrison J. Mobile health interventions to promote physical activity and reduce sedentary behaviour in the workplace: A systematic review. *Digit Health*. 2019;5:2055207619839883. <https://doi.org/10.1177/2055207619839883>.
50. Marcolino MS, Oliveira JAQ, D'Agostino M, Ribeiro AL, Alkmim MBM, Novillo-Ortiz D. The Impact of mHealth Interventions: Systematic Review of Systematic Reviews. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2018;6(1):e23. <https://doi.org/10.2196/mhealth.8873>.
51. Greenwood DA, Gee PM, Fatkin KJ, Peeples M. A Systematic Review of Reviews Evaluating Technology-Enabled Diabetes Self-Management Education and Support. *J Diabetes Sci Technol*. 2017;11(5):1015–27. <https://doi.org/10.1177/1932296817713506>.
52. Bort-Roig J, Chirveches-Pérez E, Giné-Garriga M, Navarro-Blasco L, Bausà-Peris R, Iturriz-Rosell P, et al. An mHealth Workplace-Based "Sit Less, Move More" Program: Impact on Employees' Sedentary and Physical Activity Patterns at Work and Away from Work. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(23):8844. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238844>.
53. Schoeppe S, Alley S, Van Lippevelde W, Bray NA, Williams SL, Duncan MJ, et al. Efficacy of interventions that use apps to improve diet, physical activity and sedentary behaviour: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2016;13(1):127. <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0454-y>.
54. Iyengar V, Wolf A, Brown A, Close K. Challenges in Diabetes Care: Can Digital Health Help Address Them? *Clin Diabetes*. 2016;34(3):133–41. <https://doi.org/10.2337/diaclin.34.3.133>.
55. So CF, Chung JW. Telehealth for diabetes self-management in primary healthcare: A systematic review and meta-analysis. *J Telemed Telecare*. 2018;24(5):356–64. <https://doi.org/10.1177/1357633X17700552>.
56. Wang Y, Xue H, Huang Y, Huang L, Zhang D. A Systematic Review of Application and Effectiveness of mHealth Interventions for Obesity and Diabetes Treatment and Self-Management. *Adv Nutr*. 2017;8(3):449–62. <https://doi.org/10.3945/an.116.014100>.
57. Sallis R, Franklin B, Joy L, Ross R, Sabgir D, Stone J. Strategies for promoting physical activity in clinical practice. *Prog Cardiovasc Dis*. 2015;57(4):375–86. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2014.10.003>.
58. Chan AW, Tetzlaff JM, Götzsche PC, Altman DG, Mann H, Berlin JA, et al. SPIRIT 2013 explanation and elaboration: guidance for protocols of clinical trials. *BMJ*. 2013;346:e7586. <https://doi.org/10.1136/bmj.e7586>.
59. INE. National Statistics Institute. Spanish Statistical Office. 2017. <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t20/e245/p08/0/&file=01003.px>.
60. American Diabetes Association. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes. *Diabetes Care*. 2020;43(Suppl 1):S14–31. <https://doi.org/10.2337/dc20-S002>.
61. Chau JY, Van Der Ploeg HP, Dunn S, Kurko J, Bauman AE. Validity of the occupational sitting and physical activity questionnaire. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(1):118–25. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182251060>.
62. Metwarc Product Specification v1. MbiEntLab Inc. <https://mbientlab.com/documents/MetaWearC-CPRO-PS.pdf>. Accessed 22 July 2021.
63. Bort-Roig J, Puig-Ribera A, Contreras RS, Chirveches-Pérez E, Martori JC, Gilson ND, et al. Monitoring sedentary patterns in office employees: validity of an m-health tool (Walk@Work-App) for occupational health. *Gac Sanit*. 2018;32(6):563–6.
64. Gal R, May AM, van Overmeeren EJ, Simons M, Monninkhof EM. The Effect of Physical Activity Interventions Comprising Wearables and Smartphone Applications on Physical Activity: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open*. 2018;4(1):42.
65. Bort-Roig J, Chirveches-Pérez E, Garcia-Cuyàs F, Dowd KP, Puig-Ribera A. Monitoring Occupational Sitting, Standing, and Stepping in Office Employees With the W@W-App and the MetaWearC Sensor: Validation Study. *JMIR Mhealth Uhealth* 2020;8(8):e15338. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph17238844>.
66. Walk@Work: Sit less, move more. University of Vic-Central University of Catalonia. <http://walkatwork.uvic.cat/en/>. Accessed 7 July 2021.
67. Puig-Ribera A, Bort-Roig J, González-Suárez AM, Martínez-Lemos I, Giné-Garriga M, Fortuño J, et al. Patterns of impact resulting from a 'sit less, move more' web-based program in sedentary office employees. *PLoS One*. 2015;10(4):e0122474. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122474>.
68. Bort-Roig J, Martín M, Puig-Ribera A, González-Suárez AM, Martínez-Lemos I, Martori JC, et al. Uptake and factors that influence the use of 'sit less, move more' occupational intervention strategies in Spanish office employees. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2014;11:152. <https://doi.org/10.1186/s12966-014-0152-6>.
69. Howlett N, Trivedi D, Troop NA, Chater AM. Are physical activity interventions for healthy inactive adults effective in promoting behaviour change and maintenance, and which behaviour change techniques are effective? A systematic review and meta-analysis. *Transl. Behav Med*. 2019;9(1):147–157. <https://doi.org/10.1093/tbm/iby010>.
70. Michie S, Van Stralen MM, West R. The Behaviour Change Wheel: A new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implement Sci*. 2011;6(1):42.
71. Marshall AL, Miller YD, Burton NW, Brown WJ. Measuring total and domain-specific sitting: a study of reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(6):1094–102. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318c5ec18>.
72. Lyden K, Keadle SK, Staudenmayer J, Freedson PS. The activPALTM Accurately Classifies Activity Intensity Categories in Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49(5):1022–8. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001177>.
73. Puig-Ribera A, Martín-Cantera C, Puigdomenech E, Real J, Romaguera M, Magdalena-Belio JF, et al. Screening Physical Activity in Family Practice: Validity of the Spanish Version of a Brief Physical Activity Questionnaire. *PLoS One*. 2015;10(9):e0136870. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136870>.
74. Puig Ribera A, Peña Chimenis O, Romaguera Bosch M, Duran Bellido E, Heras Tebar A, Solà Gonfaus M, et al. How to identify physical inactivity in primary care: validation of the Catalan and Spanish versions of 2 short questionnaires. *Aten Primaria*. 2012;44(8):485–93. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2012.01.005>.
75. Tennant R, Hiller L, Fishwick R, Stephen P, Joseph S, Weich S, et al. The Warwick-Edinburgh Mental Well-being Scale (WEMWBS): development and UK validation. *Health Qual Life Outcomes*. 2007;5:63. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-5-63>.
76. Lerner D, Amick BC 3rd, Rogers WH, Malspeis S, Bungay K, Cynn D. The Work Limitations Questionnaire. *Med Care*. 2001;39(1):72–85. <https://doi.org/10.1097/00005650-200101000-00009>.
77. Eurofound. Sixth European Working Conditions Survey – Overview report (2017 update). Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2017.
78. Karasek R, Brisson C, Kawakami N, Houtman I, Bongers P, Amick B. The Job Content Questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics. *J Occup Health Psychol*. 1998;3(4):322–55. <https://doi.org/10.1037//1076-8998.3.4.322>.
79. Acquadro C, Conway K, Giroulet C. Linguistic validation manual for health outcome assessments. Lyon: Mapi Institute; 2004.

80. Dowd KP, Harrington DM, Bourke AK, Nelson J, Donnelly AE. The measurement of sedentary patterns and behaviors using the activPAL™ Professional physical activity monitor. *Physiol Meas*. 2012;33(11):1887–99. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/33/11/1887>.
81. Powell C, Carson BP, Dowd KP, Donnelly AE. Simultaneous validation of five activity monitors for use in adult populations. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(12):1881–92. <https://doi.org/10.1111/sms.12813>.
82. Castellví P, Forero CG, Codony M, Vilagut G, Brugulat P, Medina A, et al. The Spanish version of the Warwick-Edinburgh mental well-being scale (WEMWBS) is valid for use in the general population. *Qual Life Res*. 2014;23(3):857–68. <https://doi.org/10.1007/s11136-013-0513-7>.
83. Mapi Research Institute. Linguistic validation certificate: work limitations questionnaire. Lyon: Mapi Research Institute; 2006.
84. Puig-Ribera A, McKenna J, Gilson N, Brown WJ. Measuring presenteesim in Catalan employees: linguistic adaptation and validation. *Int J Work Health Manag*. 2008;1:198–208. <https://doi.org/10.1108/17538350810926543>.
85. Escribà-Agüir V, Más Pons R, Flores RE. Validation of the Job Content Questionnaire in hospital nursing staff. *Gac Sanit*. 2001;15(2):142–9. [https://doi.org/10.1016/s0213-9111\(01\)71533-6](https://doi.org/10.1016/s0213-9111(01)71533-6).
86. Alonso J, Pérez P, Sáez M, Murillo C. Validity of the occupation as an indicator of social class, according to the British Registrar General classification. *Gac Sanit*. 1997;11(5):205–13. [https://doi.org/10.1016/s0213-9111\(97\)71299-8](https://doi.org/10.1016/s0213-9111(97)71299-8).
87. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G. Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods* 2007;39(2):175–191. doi:<https://doi.org/10.3758/bf03193146>.
88. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT Group. CONSORT 2010 Statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *J Clin Epidemiol*. 2010;63(8):834–40. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.02.005>.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



ESTUDI III

Alòs, F., Colomer, M. À., Bort-Roig, J., Chirveches-Pérez, E., Zaldúa, Y. C., Martín-Cantera, C., Franch-Nadal, J., & Puig-Ribera, A. (2022). Differences in Free-Living Patterns of Sedentary Behaviour between Office Employees with Diabetes and Office Employees without Diabetes: A Principal Component Analysis for Clinical Practice. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), 12245. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912245>



Article

Differences in Free-Living Patterns of Sedentary Behaviour between Office Employees with Diabetes and Office Employees without Diabetes: A Principal Component Analysis for Clinical Practice

Francesc Alòs Colomer ^{1,2,*} , M^a Àngels Colomer Cugat ³, Judit Bort-Roig ⁴, Emilia Chirveches-Pérez ⁵, Yoseba Cánovas Zaldúa ^{1,6}, Carlos Martín-Cantera ⁷ , Josep Franch-Nadal ^{2,8} and Anna Puig-Ribera ⁴

- ¹ Primary Healthcare Centre Passeig de Sant Joan, Catalan Health Institute, 08010 Barcelona, Spain
 - ² Member of the redGDPS Foundation, 08204 Sabadell, Spain
 - ³ Department of Mathematics, ETSEA, University of Lleida, 25198 Lleida, Spain
 - ⁴ Sport and Physical Activity Research Group, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, 08500 Vic, Spain
 - ⁵ Research Group on Methodology, Methods, Models and Outcomes of Health and Social Sciences, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, 08500 Vic, Spain
 - ⁶ Head of Training, Catalan Health Institute, 08006 Barcelona, Spain
 - ⁷ Barcelona Research Support Unit, Foundation Primary Care Research Institute IDIAP Jordi Gol, 08025 Barcelona, Spain
 - ⁸ CIBER of Diabetes and Associated Metabolic Disease (CIBERDEM), Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), 28029 Madrid, Spain
- * Correspondence: fralos.bcn.ics@gencat.cat



Citation: Colomer, F.A.; Cugat, M.À.C.; Bort-Roig, J.; Chirveches-Pérez, E.; Zaldúa, Y.C.; Martín-Cantera, C.; Franch-Nadal, J.; Puig-Ribera, A. Differences in Free-Living Patterns of Sedentary Behaviour between Office Employees with Diabetes and Office Employees without Diabetes: A Principal Component Analysis for Clinical Practice. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 12245. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912245>

Academic Editor: Paul B. Tchounwou

Received: 26 July 2022

Accepted: 23 September 2022

Published: 27 September 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Aims: To identify principal components of free-living patterns of sedentary behaviour in office employees with type 2 diabetes (T2D) compared to normal glucose metabolism (NGM) office employees, using principal component analysis (PCA). Methods: 213 office employees ($n = 81$ with T2D; $n = 132$ with NGM) wore an activPAL inclinometer 24 h a day for 7 consecutive days. Comparisons of sedentary behaviour patterns between adults with T2D and NGM determined the dimensions that best characterise the sedentary behaviour patterns of office employees with T2D at work, outside work and at weekends. Results: The multivariate PCA technique identified two components that explained 60% of the variability present in the data of sedentary behaviour patterns in the population with diabetes. This was characterised by a fewer number of daily breaks and breaks in time intervals of less than 20 min both at work, outside work and at weekends. On average, adults with T2D took fewer 31 breaks/day than adults without diabetes. Conclusion: Effective interventions from clinical practice to tackle prolonged sedentary behaviour in office employees with T2D should focus on increasing the number of daily sedentary breaks.

Keywords: sedentary behaviour; type 2 diabetes; principal component analysis; desk-BASED job; activPAL; disease management; sitting time

1. Background

T2D is one of the public health problems of the 21st century, affecting 537 million adults aged between 20 and 79 years (10.5%) in the world population, causing several million deaths every year and generating a high social and healthcare cost [1]. According to the International Diabetes Federation (IDF, 2021), a substantial increase is expected for the coming years, with an estimated 783 million (12.2%) people being affected by 2045 [1]. The high prevalence of T2D is multifactorial, and the main driving factors include overweight, obesity and changes in lifestyle related to sedentary behaviour (SB) [2].

SB is defined as any waking behaviour while in a sitting, reclining or lying posture characterised by an energy expenditure ≤ 1.5 times the basal metabolic rate or METs

(Metabolic Equivalent Task) [3]. The SB pattern is defined as the manner in which SB is accumulated throughout the day while awake, including the total sedentary time, the number of sedentary interruptions/breaks daily (a non-sedentary bout in between two sedentary bouts), the frequency and duration of the sedentary bouts (a period of uninterrupted sedentary time), and the time accumulated in each period [3]. SB has a high prevalence in adults with abnormal glucose metabolism and T2D [4] and is considered an important modifiable factor for the prevention, development and first-line therapeutic management of patients with T2D [5,6].

In people with T2D, long periods of time spent in SB are associated with a poorer metabolic profile [7]. Breaking up prolonged sedentary time with brief, regular and frequent bouts of light-intensity physical activity is associated with an improvement in cardio metabolic profile, a reduction in blood pressure, and attenuation of acute postprandial glucose, insulin, C-peptide and triglyceride responses [7]. Accordingly, current physical activity and SB guidelines recommend substituting as much sedentary time as possible for light-intensity physical activity and interrupting sedentary time with breaks of light-intensity walking or simple resistance activities [6]. However, they do not provide specific recommendations for the population with diabetes or for those with general chronic pathology regarding the duration and frequency with which these sedentary periods should be interrupted [6]. In this context, addressing in clinical practice the SB pattern in people with diabetes is not widespread, traditionally focusing on increasing moderate and vigorous physical activity [8].

Characterising the SB pattern in patients with T2D would provide us with information to individualise the approach to SB in the population with diabetes and develop effective interventions from clinical practice that mitigate the health risks associated with prolonged sedentary time. To our knowledge, there are scant data on how SB is patterned among adults with T2D, especially regarding the length and accumulation of sedentary bouts using the gold standard measure for SB (activPAL device) [7,9]. The activPAL device is a thigh-worn sensor that provides inclinometer-derived information to determine time spent on body postures (i.e., sitting/lying and upright) and transitions between these postures. It shows excellent agreement with direct observation for sitting/lying time, upright time, sitting/lying to upright transitions and for detecting reductions in sitting [10].

Such data is needed to inform specific recommendations and interventions on how to reduce and break up prolonged SB in the prevention and management of T2D. Given that patients with T2D report the most frequent visits with primary care providers [11], characterising these patients' free-living patterns of SB is a key issue for effectively tackling SB from primary care settings. On the need to provide a comprehensive understanding of free-living patterns of SB in clinical populations, PCA analysis can simplify sets of data with a high number of variables to identify what best characterizes that set of data.

The aim of this study was to use PCA to examine activPAL-based free-living patterns of SB in office employees with T2D compared with office employees without diabetes. This formative research will contribute towards translational research by (i) facilitating the identification of differences and similitudes between adults with and without diabetes to best characterise the free-living patterns of SB in adults with T2D; (ii) helping primary care providers focus on SB patterns tailored to this clinical population; and (iii) facilitating the identification of potential targets for behavioural interventions on SB for people with T2D, including frequency of interruptions and length of sedentary bouts.

2. Methods

2.1. Study Design

A cross-sectional study. The inclusion criterion for the group of T2D patients was to be diagnosed with T2D in accordance with international criteria [12]. The rest of the inclusion criteria were common for both groups, participants with diabetes and without diabetes: patients between 18 and 65 years old (working age); office employees with a minimum of 55% of their daily working hours performing sedentary tasks according to the Occupational

Sitting and Physical Activity Questionnaire (OSPAQ) [13]; and having a work contract of at least 18.5 h/week.

The exclusion criteria for both groups consisted of (i) having a diagnosis of musculoskeletal, cardiovascular, pulmonary or orthopedic problems or any other physical condition that prevented them from being physically active; (ii) participating simultaneously in another study or programme of sedentary behaviour, physical activity, nutrition or weight control; (iii) being pregnant; or (iv) having a history of psychiatric problems or substance abuse that could interfere with adherence to the study protocol.

2.2. Setting

The group of participants with normal glucose metabolism (NGM) were a convenience sample of administrative staff ($n = 132$) recruited from four Spanish hospitals to take part in an mhealth intervention to “sit less and move more” during working hours [14]. The study was approved by the ethics committee of each hospital [14] and the recruitment procedure is detailed elsewhere [14].

The group of participants with T2D ($n = 81$) were recruited at primary care centres in Barcelona between April 2019 and January 2020 with the aim of receiving a medical prescription offered by an mhealth programme to reduce and interrupt sedentary time at work. In each centre and during the recruitment process, the professionals involved (general practitioners and nurses) identified and recruited patients in medical consultations through the health centre’s database after verifying that they met the inclusion criteria. Written informed consent was obtained from all participants included in the study. This trial was approved by the IDIAP Jordi Gol Clinical Research Ethics Committee with registration number P18/102. The recruitment procedure is detailed elsewhere [15].

2.3. Variables and Data Measurement

The activPAL3™ device (PAL Technologies Ltd., Glasgow, UK) measured and quantified the physical activity and SB of patients with T2D and NGM desk-based employees. This device has already been demonstrated as a valid measure to quantify body posture and activity patterns during free-living conditions [16]. The device was attached to the participants’ right thigh using a flexible nitrile sleeve and a transparent film (10 × 10 cm of hypoallergenic Tegaderm™ Foam Adhesive Dressing). The waterproof dressing of the activPAL3™ allowed participants to wear the monitor continuously for 24 h per day for 7 complete days. Participants received additional dressings and instructions on how to reattach the device if needed. Additionally, participants were asked to record their daily wake-up time, bedtime, working hours, and any monitor removal time.

Data were processed using activPAL Professional Software™ (version 7.2.32), Microsoft Excel 2010 (Redmond, WA, USA), and MATLAB v8.4 (MathWorks®, Natick, MA, USA), following previously published protocols [16]. From the activPAL3™ software output, the following outcomes were determined: total sitting time, total standing time, total number of sitting bouts and number of sitting bouts with four different lengths (<20 min, 20–40 min, 40–60 min and >60 min). Additionally, total time spent in light-intensity physical activity (1.5–3 METs) and moderate-to-vigorous physical activity (defined as at least >3 METs) was determined by using previously validated count-to-activity thresholds [16]. Overall, the outcomes were reported as averages of the total week, weekdays (working and non-working hours), and weekend days. Wake up time, bedtime, working and non-working hours and device removal time were recorded by using the participants’ paper diary.

Furthermore, age, sex and anthropometric variables by weight, height and body mass index (BMI) were recorded for each participants. The anthropometric variables were measured with a Seca 770 scale and a Seca 222 height measuring rod. The BMI was calculated by dividing the body weight by the square of the height in metres (kg/m^2). The set of variables measured for the study was 57, 53 related to the SB pattern and physical

activity and the other ones are: participants with diabetes, age, sex and BMI (Supplementary Materials Table S1).

2.4. Sample Size

The sample size was initially set at 132 patients with T2D and 132 adults with NGM. We contacted 160 patients with T2D that met the inclusion criteria, considering a 20% loss. Forty-two who did not respond, 20 that were not interested and 17 that failed to record correctly the measures taken by the activPAL device (insufficient record of days or errors in the record) were excluded. The total number of patients with T2D with the record of minimum days set was 81. The sample total was 213 participants. Using the free software G*Power [17] for a comparison test of bilateral means and a significance level of 5%, a power of 95% was obtained.

Following the recommendations to calculate sample size for PCA analyses [18,19], a minimum of 5.8 to 6.2 cases were available for the analyses of each group of variables (averages of the total week, weekday working hours, weekday non-working hours and weekend days). Each group included 13 to 14 variables related to the SB pattern and physical activity.

2.5. Statistical Methods

A descriptive study of the variables involved in the study and a bilateral comparison test of means between the group of patients with T2D and NGM were carried out to analyse whether there were any significant differences between them. Subsequently, the existence of correlations between the variables was studied in order to apply the multivariate technique of Principal Component Analysis (PCA).

PCA uses a vector space transformation to reduce the dimensionality of the data set into a smaller number of variables called principal components or dimensions (PCs) [20], which are lineal combinations of the original variables, where C_i is the component i , X_j the original variables and α_{ij} the weight of the variable X_j in the component C_i .

$$C_i = \alpha_{i1} \cdot X_1 + \alpha_{i2} \cdot X_2 + \dots + \alpha_{ip} \cdot X_p = \sum_{j=1}^p \alpha_{ij} \cdot X_j, 1 \leq i \leq p \quad (1)$$

The principal components are extracted in order of the contribution to the total variance of the data. The first principal components describe most of the variance of the data (more so when the original variables are more correlated). PCA is a useful technique to detect hidden patterns in the data. When the first few components contain the most important piece of information, the other components can be ignored.

The PCA multivariate technique was applied to five groups, taking into account that SB patterns can vary depending on whether they are in weekends or weekdays and whether or not there are work commitments (working hours vs. non-working hours) [21]: (1). Variables in weekdays and weekends together; (2). Variables in weekdays; (3). Variables in weekends; (4). Variables in workdays and working hours; and (5). Variables in weekdays and non-working hours.

3. Results

3.1. Description of the Participants in Patterns of Physical Activity and SB: Differences between T2D and NGM

The men in the sample were on average 6.42 years older than the women, and their mean BMI was 3.76 units higher. Adults with T2D represented 38% of the total sample, 71.6% of whom were men. But if adults with diabetes older than 55 were selected, the percentage of men increased to 87.5%.

Table 1 presents descriptive statistics of variables related to occupational and habitual SB and physical activity, anthropometric variables and age. Significant differences were observed between the age and BMI variables in the adults diagnosed with T2D and the adults with NGM (Table 1). The adults diagnosed with T2D were on average ten years older

than the NGM adults, and their BMI was 6.5 units higher. With regards to the physical activity pattern, there were no significant differences in the minutes/day of LIPA and MVPA between the T2D and NGM adults on weekdays. In contrast, there were significant differences ($p = 0.0106$) in the minutes/day of LIPA during the weekends, where the adults with T2D presented a significantly lower LIPA value (on average 13 min per day less) with respect to the adults with NGM.

Regarding the differences in the SB pattern between the two groups, no significant differences were observed with respect to the minutes/day of total sedentary time, whereas there were significant differences in standing time ($p = 0.0371$) and total sedentary breaks/day ($p < 0.001$), both during weekdays and weekends. The patients with T2D on weekdays spent on average 29 min less standing time and took 32.7 fewer breaks than the adults with NGM. At weekends, the differences were 61.8 min and 21 breaks, respectively.

Table 1. Description of the participants habitual and occupational SB, time spent in sedentary bouts, anthropometric and age variables. Mean, deviation and confidence interval of the difference between NGM and T2D participants.

	TYPE 2 DIABETES			NORMAL GLUCOSE METABOLISM			Between Groups T2D vs. NGM		
	Mean	SD	<i>n</i>	Mean	SD	<i>n</i>	95% CI	<i>p</i> -Value	
Age (years)	55.8	6.3	77	45.2	8.9	128	−12.68	−8.52*	<0.001
BMI (kg/m ²)	31.4	5.5	77	24.9	4.9	132	−7.98	−5.02*	<0.001
WEEKDAY—TOTAL TIME									
Light-intensity physical activity (minutes/day)	75.4	34.1	80	75.2	21.1	132	−8.45	8.05	0.9624
Moderate to vigorous physical activity (minutes/day)	43.7	27.2	79	47.7	21.3	132	−2.98	10.98	0.2656
Sedentary time (minutes/day)	572	144.8	75	599.3	101.8	132	−9.60	64.20	0.1518
Standing time (minutes/day)	273.4	106	80	302.4	80.6	132	2.14	55.86 *	0.0371
Total sedentary breaks (number/day)	50.3	17.2	75	82	28.4	132	25.49	37.85 *	<0.001
Sedentary breaks < 20 min (number/day)	43.2	17	75	74.3	29.5	132	24.79	37.41 *	<0.001
Sedentary breaks of 20–40 min (number/day)	5	2.1	75	4.8	1.8	132	−0.74	0.38	0.5290
Sedentary breaks of 40–60 min (number/day)	1.7	1	75	1.5	0.8	132	−0.55	−0.33 *	0.0313
Sedentary breaks > 60 min (number/day)	1.6	1.2	75	1.4	0.9	132	−0.56	0.05	0.1034
Time spent in sedentary bouts < 20 min (minutes/day)	198.7	70.1	75	270.3	67.8	132	52.06	91.14 *	<0.001
Time spent in sedentary bouts 20–40 min (minutes/day)	138.9	56.3	75	133.6	49.4	132	−20.53	9.87	0.4954
Time spent in sedentary bouts 40–60 min (minutes/day)	84	47.3	75	71.1	38.6	132	−25.34	−0.34 *	0.0472
Time spent in sedentary bouts > 60 min (minutes/day)	150.5	111.3	75	124.3	85.7	132	−55.14	2.80	0.0806

Table 1. Cont.

	TYPE 2 DIABETES			NORMAL GLUCOSE METABOLISM			Between Groups T2D vs. NGM		
	Mean	SD	<i>n</i>	Mean	SD	<i>n</i>	95% CI	<i>p</i> -Value	
WEEKDAY—WORKING TIME									
Light-intensity physical activity (minutes/day)	37.5	26.2	53	24.5	11.9	115	−20.34	−5.66 *	0.0010
Moderate to vigorous physical activity (minutes/day)	20.7	14.6	25	18.4	11.4	98	−8.42	3.82	0.4692
Sedentary time (minutes/day)	283.8	129.6	47	294.4	64.5	115	−28.07	49.29	0.5950
Standing time (minutes/day)	2.3	1.2	53	1.9	0.9	115	−0.76	−0.04 *	0.0336
Total sedentary breaks (number/day)	28.5	15.2	46	41.7	19.1	115	7.70	18.84 *	<0.001
Sedentary breaks < 20 min (number/day)	24.8	14.7	46	37.9	20	115	7.53	18.71 *	<0.001
Sedentary breaks of 20–40 min (number/day)	2.7	1.6	46	2.8	1.3	115	−0.4	0.63	0.6609
Sedentary breaks of 40–60 min (number/day)	0.8	0.7	46	0.7	0.6	115	−0.39	0.06	0.1633
Sedentary breaks > 60 min (number/day)	0.6	0.7	46	0.4	0.5	115	−0.47	0.00	0.0513
Time spent in sedentary bouts < 20 min (minutes/day)	116.4	65.7	46	153.7	53.6	115	16.10	58.61 *	0.0010
Time spent in sedentary bouts 20–40 min (minutes/day)	73.5	44.5	46	75.6	35.6	115	−12.23	16.45	0.7753
Time spent in sedentary bouts 40–60 min (minutes/day)	39.4	32.7	46	32.3	29.5	115	−17.99	3.64	0.1999
Time spent in sedentary bouts > 60 min (minutes/day)	60.6	81	46	32.9	45.3	115	−52.47	−3.05 *	0.0327
WEEKDAY—NON-WORKING TIME									
Light-intensity physical activity (minutes/day)	45.3	25.9	68	49.6	15.9	115	−2.47	11.07	0.2187
Moderate to vigorous physical activity (minutes/day)	29	19.9	68	30.4	17.2	115	−4.29	7.01	0.6395
Sedentary time (minutes/day)	272.5	89.6	46	311.8	81.7	115	9.58	69.05 *	0.0119
Standing time (minutes/day)	165.9	83	68	184.5	49.5	115	−2.99	40.19	0.0963
Total sedentary breaks (number/day)	23.6	8.6	46	38.6	15.1	115	11.31	18.70 *	<0.001
Sedentary breaks < 20 min (number/day)	19.6	8.5	46	34.6	15.4	115	11.24	18.66 *	<0.001
Sedentary breaks of 20–40 min (number/day)	2.2	0.8	46	2.2	1.0	115	−0.35	0.25	0.7487
Sedentary breaks of 40–60 min (number/day)	0.9	0.5	46	0.9	0.5	115	−0.18	0.17	0.9512
Sedentary breaks > 60 min (number/day)	0.9	0.6	46	1.0	0.7	115	−0.11	0.33	0.3441
Time spent in sedentary bouts < 20 min (minutes/day)	85.4	35.5	46	116.3	36.8	115	18.72	43.15 *	<0.001
Time spent in sedentary bouts 20–40 min (minutes/day)	62.1	22.5	46	61.7	29.0	115	−8.70	7.98	0.9334
Time spent in sedentary bouts 40–60 min (minutes/day)	41.3	24.3	46	41.7	26.2	115	−8.00	8.92	0.9154
Time spent in sedentary bouts > 60 min (minutes/day)	83.8	66.1	46	92.1	69.9	115	−14.60	31.15	0.4825

Table 1. Cont.

	TYPE 2 DIABETES			NORMAL GLUCOSE METABOLISM			Between Groups T2D vs. NGM		
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	95% CI	p-Value	
WEEKEND									
Light-intensity physical activity (minutes/day)	67.3	36.2	77	80	30.4	132	3.14	22.26 *	0.0106
Moderate to vigorous physical activity (minutes/day)	34.9	31.1	73	33.9	33.1	132	−10.05	8.05	0.8297
Sedentary time (minutes/day)	548.3	135.1	73	518.2	117	132	−66.77	6.58	0.1120
Standing time (minutes/day)	235.3	96.8	73	297.1	97.3	132	34.22	89.38 *	<0.001
Total sedentary breaks (number/day)	38.3	12	73	59.3	27.2	132	15.62	26.36 *	<0.001
Sedentary breaks < 20 min (number/day)	31.9	12.3	73	52.5	27.8	132	15.14	26.12 *	<0.001
Sedentary breaks of 20–40 min (number/day)	3.8	1.7	73	3.6	1.7	132	−0.74	0.21	0.2848
Sedentary breaks of 40–60 min (number/day)	1.6	1	73	1.4	1.0	132	−0.54	0.02	0.0729
Sedentary breaks > 60 min (number/day)	2.1	1.3	73	1.9	1.0	132	−0.59	0.11	0.1840
Time spent in sedentary bouts < 20 min (minutes/day)	151.2	61.6	73	166.8	64.7	132	−2.28	33.39	0.0910
Time spent in sedentary bouts 20–40 min (minutes/day)	109.4	46.9	73	99.7	46.5	132	−37.03	17.60	0.4981
Time spent in sedentary bouts 40–60 min (minutes/day)	79.1	49.5	73	67.1	46.9	132	−25.89	1.75	0.0908
Time spent in sedentary bouts > 60 min (minutes/day)	208.5	134.4	73	184.6	113.9	132	−60.13	12.38	0.2015

T2D, diabetes type 2; NGM, normal glucose metabolism; SD, standard deviation * There are statistically significant differences.

In addition, adults with T2D spent less time on average in short sedentary periods (less than 20 min) both during weekdays and weekends. With regards to working and non-working hours on weekdays, on average the number of breaks/days taken for periods less than 20 min during working hours in patients with T2D was 13 breaks/day less than the adults with NGM and 15 breaks/day less during non-working hours. These differences were significant ($p < 0.001$). During working hours, patients with T2D accumulated on average 39.3 min less in intervals of less than 20 min, while during non-working hours the difference was 30.9 min (Table 1).

Although the number of breaks of more than 60-min periods was a small value (Table 1), the time spent in sedentary bouts >60 min was greater than the time spent in sedentary bouts between 20–40 and 40–60 min, for both patients with T2D and NGM. Both groups interrupted sedentary time more on weekdays than on weekends and during working hours than non-working hours.

In relation to sedentary time, on average the adults with T2D remained seated for 11.8 min (total SB time/total SB breaks), compared to 7.6 min in adults with NGM. Also, the adults with T2D remained seated on average 4.4 min longer in periods of over 60 min.

3.2. Correlation between Variables

3.2.1. Correlation between Age, BMI and SB Pattern Variables

Age was positively related to BMI (Figure 1A): as age increased, the BMI value increased. Also, the SB accumulated in periods shorter than 20 min was negatively related to age and BMI. As age and BMI increased, less SB was accumulated in short periods

of time. Contrarily, the SB accumulated in periods longer than 60 min was positively correlated with age and BMI (Figure 1A). The greater the age and BMI, the longer SB was accumulated in prolonged periods. On weekends, there was still a significant negative correlation between age, BMI and SB accumulated in periods of less than 20 min. As BMI and age increased, the accumulation of SB over prolonged periods of time increased.



Figure 1. Correlation between the variables of the SB according to (A) Weekdays and at weekends,

working time and weekday non-working time, (C) Weekday total time, (D) Weekend, (E) Weekday working time and (F) Weekday non-working time. The gray and black circles indicate a positive correlation between variables, while the red circles indicate a negative correlation. When circles sizes is larger, then correlation between variables is greater. The groups of variables correlated with each other are marked with squares. T2D, diabetes type 2; BMI, body mass index; W.B20, weekday sedentary breaks < 20 min (number/day); W-B2040, weekday sedentary breaks of 20–40 min (number/day); W-B4060, weekday sedentary breaks of 40–60 min (number/day); W.B60, weekday sedentary breaks > 60 min (number/day); W.T20, weekday time spent in sedentary bouts < 20 min (minutes/day); W.T2040, weekday time spent in sedentary bouts 20–40 min (minutes/day); W.T4060, weekday time spent in sedentary bouts 40–60 min (minutes/day); W.T60, weekday time spent in sedentary bouts > 60 min (minutes/day); W.TB, weekday total sedentary breaks (number/day); W.TT, weekday total sedentary time (minutes/day) weekday; W.D.B20, weekend sedentary breaks < 20 min (number/day); W.D.B2040, weekend sedentary breaks of 20–40 min (number/day); W.D.B4060, weekend sedentary breaks of 40–60 min (number/day); W.D.T20, weekend time spent in sedentary bouts < 20 min (minutes/day); W.D.T2040, weekend time spent in sedentary bouts of 20–40 min (minutes/day); W.D.T4060, weekend time spent in sedentary bouts of 40–60 min (minutes/day); W.W.B20, sedentary breaks < 20 min during working hours (number/day); W.W.B2040, sedentary breaks of 20–40 min during working hours (number/day); W.W.B4060, sedentary breaks of 40–60 min during working hours (number/day); W.W.B60, sedentary breaks > 60 min during working hours (number/day); W.W.T20, time spent in sedentary bouts < 20 min during working hours (minutes/day); W.W.T2040, time spent in sedentary bouts of 20–40 min during working hours (minutes/day); W.W.T4060, time spent in sedentary bouts of 40–60 min during working hours (minutes/day); W.W.T60, time spent in sedentary bouts > 60 min during working hours (minutes/day); W.W.TB, total sedentary breaks (number/day); W.W.TT, total sedentary time (minutes/day) during working hours; W.NW.LIPA, light-intensity physical activity during non-working hours (minutes/day); W.NW.B20, sedentary breaks < 20 min during non-working hours (number/day); W.NW.B2040, sedentary breaks of 20–40 min during non-working hours (number/day); W.NW.B4060, sedentary breaks of 40–60 min during non-working hours (number/day); W.NW.B60, sedentary breaks > 60 min during non-working hours (number/day); W.NW.T20, time spent in sedentary bouts < 20 min during non-working hours (minutes/day); W.NW.T2040, time spent in sedentary bouts of 20–40 min during non-working hours (minutes/day); W.NW.T4060, time spent in sedentary bouts of 40–60 min during non-working hours (minutes/day); W.NW.T60, time spent in sedentary bouts > 60 min during non-working hours (minutes/day); W.NW.TB, total sedentary breaks during non-working hours (minutes/day); W.NW.TT, total sedentary time (minutes/day) during non-working hours; W.EEND.LIPA, weekend light-intensity physical activity (minutes/day); W.EEND.B20, weekend sedentary breaks < 20 min (number/day); W.EEND.B2040, weekend sedentary breaks of 20–40 min (number/day); W.EEND.B4060, weekend sedentary breaks of 40–60 min (number/day); W.EEND.T20, weekend time spent in sedentary bouts < 20 min (minutes/day); W.EEND.T2040, weekend time spent in sedentary bouts of 20–40 min (minutes/day); W.EEND.T4060, weekend time spent in sedentary bouts of 40–60 min (minutes/day); W.EEND.TB, weekend total sedentary breaks (number/day).

3.2.2. Correlation between the Variables That Measured the SB Pattern on Weekdays and at Weekends

When the correlation between the variables that measured the SB pattern on weekdays and at weekends was measured (Figure 1A), the variables were grouped by units of time, leading to the conclusion that the SB pattern did not vary between weekdays and weekends. The variables associated with units of time less than 20 min were grouped with the variables that measured total sedentary behaviour time, which confirmed the weight that the variables associated with units of less than 20 min had in the SB of both groups of patients.

There was a negative correlation between the variables associated with time units less than 20 min and time units greater than 20 min; this negative correlation was greater with the variables associated with times longer than 60 min (Figure 1A).

3.2.3. Correlation between the Variables That Measured the SB Pattern in Weekday Working Time and Weekday Non-Working Time

When studying the relationship between the SB pattern in weekday working time and weekday non-working time (Figure 1B), we observed patterns similar to those observed in the Section 3.2.2. One of the four groups was formed by the variables that measured SB in times less than 20 min, and another with those that measured SB in times longer than 60 min. In this second group were the BMI and age variables (as age increased, weight increased, the breaks increased and the bout time was longer) (Figure 1B). The other two groups were made up of variables that measured SB in periods of 20–40 and 40–60 min, variables with little apparent relevance for the characterisation of people with diabetes. Therefore, no relationship between SB during working and non-working hours was observed.

3.2.4. Correlation between the Number of Breaks and the Time Spent in Sedentary Bouts

There was a positive and significant correlation between the variables that measured the breaks and the time spent in sedentary bouts in all time intervals (Figure 1C–F) in all contexts (weekdays, weekday working time, weekday non-working time and weekends). The slope of the least square lines (Supplementary Materials Figure S1) for periods less than 20 min was always greater for patients with T2D than adults with NGM, so the time between breaks, in this unit of time, was greater for patients with T2D. No differences were observed for time units greater than 20 min.

3.3. Principal Component Analysis

The study was carried out for five cases: (a) Variables that measured SB in weekdays and weekends together; (b) SB variables in weekdays; (c) SB variables in weekday working time; (d) variables in weekday non-working time; and (e) variables in weekends.

In the first case (a), the first two components explained 61.6% of the variability presented by the original data (Table 2). The variables with most weight in the first component were those that measured SB in periods under 20 min, followed by those that measured SB in periods greater than 60 min. In the grouping of patients (Table 2), a diffuse separation of patients with T2D and adults with NGM were observed with respect to the first two components.

In the case of using only the variables that measured SB during working hours and weekends (Table 2), the results were similar to those commented for the previous case.

Finally, SB during weekdays was stratified, based on the sedentary variables during working and non-working time. In the case of the variables that measured SB during non-working hours on working days, the T2D patients formed a cluster partially separated from NGM adults (Table 2). In this case, the variables that measured the SB pattern related to periods greater than 20 min contributed positively to the first component, while those related to periods less than 20 min had a negative impact (Figure 2A,C,D). The T2D patients were placed mainly on the right side of the scatter plot (Table 2), indicating a higher degree of SB. They were characterised by spending more time sitting and fewer interruptions in long time intervals outside working hours and higher BMI and age. The first two components explained 57.1% of the variability presented by the original data (Figure 2B).

Table 2. Scatter plots of patients with T2D and adults with NGM based on the components (dimensions) obtained with PCA for the different groups of variables that measure SB.

PCA Variables	Variability Explained by the First Two Components	Grouping of Patients Based on the 2 Dimensions Obtained with PCA	Groups ■ T2D ▲ NGM
Weekday and weekend	61.6%		
Weekday	61%		
Weekday working time	63.1%		

Table 2. Cont.

PCA Variables	Variability Explained by the First Two Components	Grouping of Patients Based on the 2 Dimensions Obtained with PCA	Groups ■ T2D ▲ NGM
Weekday non-working time	57.1		
Weekend	54.7		

T2D, type 2 diabetes; NGM, normal glucose metabolism; PCA, principal component analysis.

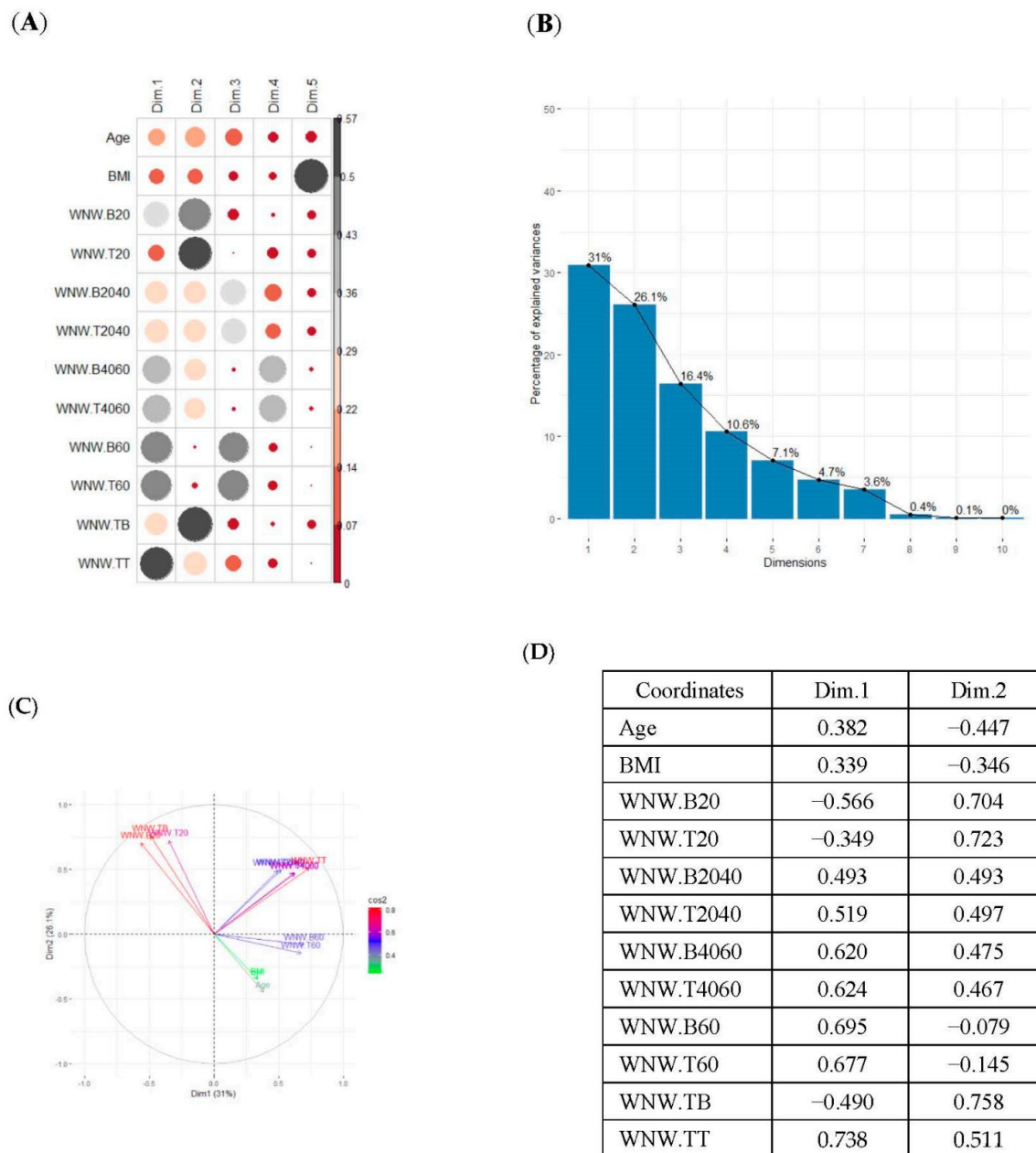


Figure 2. PCA results for the case of variables related to the SB pattern on weekdays and non-working hours: (A) correlation between the new components and original variables. The dimensions are the new components or variables results for PCA; (B) percentage of the original variability, explained by each of the new components; (C) Grouping of original variables, positive or negative contribution of the variables to the formation of the components; (D) Coordinates of the two new components for the case of variables related to weekday SB in non-working hours, the contribution of the original variables to the resulting components is described. BMI, body mass index; WNW.B20, sedentary breaks < 20 min during non-working hours (number/day); WNW.B2040, sedentary breaks of 20–40 min during non-working hours (number/day); WNW.B4060, sedentary breaks of 40–60 min during non-working hours (number/day); WNW.B60, sedentary breaks > 60 min during non-working hours (number/day); WNW.T20, time spent in sedentary bouts < 20 min during

non-working hours (minutes/day); WNW.T2040, time spent in sedentary bouts of 20–40 min during non-working hours (minutes/day); WNW.T4060, time spent in sedentary bouts of 40–60 min during non-working hours (minutes/day); WNW.T60, time spent in sedentary bouts > 60 min during non-working hours (minutes/day); WNW.TB, total sedentary breaks during non-working hours (minutes/day); WNW.TT, total sedentary time (minutes/day) during non-working hours.

4. Discussion

This study contributes to determining the differential SB pattern characteristic of patients with T2D and allows us to focus interventions to tackle SB in clinical practice. The SB pattern of patients with T2D was compared with adults with NGM using mean comparison tests and PCA-based multivariate analysis. The result makes it possible to establish a differentiated and characteristic SB pattern based on whether or not the patients have T2D and to suggest recommendations for interruption of the SB pattern in patients of working age with T2D.

The main results of the study show that the adults with T2D have a lower number of total breaks in all contexts. In this regard, the SB pattern of the adults with T2D differs from the SB pattern of adults with NGM and is characterised by a lower number of breaks and accumulated time in short periods (less than 20 min) both during the week in working and non-working hours and during weekends. In longer periods of time there are no significant differences in general. The adults with T2D spend longer periods of sedentary time and break sedentary time less often than the adults without T2D, as other studies show [4,7]. However, we did not find any differences in MVPA between the two groups. Our findings provide information on the biological plausibility breaking sitting time might have for improving cardio metabolic risk profile in adults with T2D [22,23]. Results support the recommendation that patients with T2D, apart from regularly performing MVPA [24], should reduce sedentary time and interrupt sedentary time as much as possible, because these actions provide metabolic benefits independent of each other and of time spent in MVPA [6].

This study allows us to understand the SB patterns of patients with T2D in different contexts (total, occupational and free time) and the impact they have on total sitting time. Most studies have focused on a single context of sitting time (e.g., occupational) without being able to objectify the influence they might have in other contexts [25]. In the total sample of adults with office jobs, sedentary behaviour increases during free time on weekdays and at the weekend. The time spent sitting without interruptions during free time are significantly higher than on weekdays and during working hours. Other studies support our results reporting that adults with sedentary jobs are more likely to spend a lot of time sedentary during free time, [26] while others indicate that there is no relation between the amount of occupational sedentary time and the amount of time spent sitting during free time [27]. Our data show that there is no relation between sedentary time at work and during free time. Therefore, we cannot say that adults try to compensate for occupational SB with sedentary time during free time, nor that adults with more SB at work are also sedentary in their free time. According to our results, intervention strategies aimed at interrupting sitting time are necessary not only at work but in every context, and especially in free time, non-work time and weekends, as other studies conclude [28].

Through a multivariate PCA analysis, the people with T2D were characterised according to the pattern of accumulation of SB. The periods that make it possible to partially distinguish between adults with T2D and adults with NGM are short periods (less than 20 min). On the one hand, increasing the number of breaks in periods <20 min in adults with T2D is suggested. This result supports current evidence on the specific quantitative recommendations with regards to the frequency with which sitting time should be interrupted in the management of T2D. Current guidelines of the American Diabetes Association (ADA) state that sedentary periods for T2D patients should be interrupted at least every 30 min [5]. This recommendation is based on limited evidence (level C, the lowest grade) and it may be premature to suggest specific frequency recommendations [29].

On the other hand, given that the number of breaks/day in periods less than 20 min represent the majority of all the breaks accumulated during the day, we propose reaching a daily average of 70 breaks/day, 35 breaks/day during working hours and 35 breaks/day on weekdays during free time. From a practical perspective, the recommendation to reduce and interrupt sedentary time in different contexts, recommending a number of daily breaks depending on the context, may be more appropriate for these patients given that the exercise prescription is usually too short and intense to ensure good therapeutic adherence [8] and focuses the intervention only in a single context (leisure time). Also, since many people have office jobs and spend two-thirds of the day sitting down, with jobs that require longer periods of sitting down to achieve goals and not interfere with productivity, it might be beneficial to adapt the number of breaks to each individual based on physical characteristics and the social and work environment. Therefore, this study suggests that the recommendations should not only quantify the period of time that sedentary time should be interrupted, as most clinical trials focus on [29], but also the number of breaks accumulated/day in the different contexts to address SB in patients with T2D in a more comprehensive, effective and safe way.

At present, SB detection and management tools in clinical practice are scarce (i.e., self-administered questionnaires) and have little applicability since they are complex to administer, they are unlikely to be integrated at the care level, they present medication errors and response biases, and they are not specific for patients with diabetes, which is why they do not identify characteristics of the SB pattern specific to T2D [30]. Furthermore, these questionnaires also do not detect the daily accumulation of sedentary time [31]. Quantifying the number of breaks/day and giving recommendations according to the different contexts would allow us to improve current standard care in the reduction of SB in people with T2D in a more targeted, effective and feasible way, providing a greater impact at the population level.

The main strength of this study includes the objective measures of sedentary behaviour and physical activity in all contexts, including the workplace and leisure time. The instrument (the activPAL inclinometer) used to measure the SB pattern has shown good reliability and validity and is considered the gold standard for measuring SB, especially for measuring the accumulation of sedentary time throughout the day [16]. Another strength is the representativeness of the study sample; the prevalence of T2D is higher in men than women and increases with age [32]. In addition, adults with T2D who live in the community and have an office job were included. Most adults in Western nations spend most of their days employed [33]. It is especially important to focus the studies/interventions on adults with office jobs (jobs with little physical demand) given the magnitude and differentiated risk of a sedentary lifestyle in in this type of administrative jobs since they are the ones that report the highest levels (or highest prevalence) of sedentary lifestyle [25].

The main limitation of this study is that the analysis were cross-sectional, therefore causal relationships could not be examined. As a result, the need for new studies (clinical trials) aimed at evaluating the impact of the total number of breaks in people with T2D on the glycemic control variables should be noted. Our results may be useful to address SB in a targeted way for T2D patients with sedentary work and to develop new tools for detecting, evaluating and addressing SB in clinical practice. Another limitation is that the sample size of both groups is not equal as the recruitment for patients with diabetes had to be stopped due to the COVID-19 pandemic. These findings further support current guidelines promoting SB reduction in the prevention and management of type 2 diabetes [6,24]. In addition, all types of physical activity, including LIPA, should be promoted during free time to generate a positive balance with sitting time. Future tools and interventions aimed at adults with T2D doing office work could help to address SB, promote breaks from sedentary time and accumulate a minimum number of breaks/day to be achieved in short periods of sedentary time (<20 min), adapted to the different contexts.

In conclusion, adults with T2D had a sedentary behaviour pattern characterised by fewer number of breaks in time intervals of less than 20 min. On weekdays, a patient with

T2D had 43.2 breaks on average, while adults with NGM had 74.3 breaks. In the case of breaks in time intervals greater than 20 min, significant differences were only observed during weekdays, where the average number of breaks was 8.3 for patients with T2D vs. 7.7 for adults with NGM. Effective interventions from clinical practice to tackle prolonged sedentary behaviour in office employees with T2D should focus on increasing the number of daily sedentary breaks.

Future research should also consider the use of experimental designs to evaluate the impact of the number of accumulated breaks on analytical parameters of glycemic control, mental health parameters and work productivity in patients with T2D, as well the design of new tools to detect and approach the SB pattern in these patients in clinical practice.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/ijerph191912245/s1>, Table S1. Abbreviations of the variables measured in the study, Figure S1. Scatter plots between the variables of the SB pattern on weekdays and at weekends.

Author Contributions: F.A.C., M.À.C.C., J.B.-R., E.C.-P., Y.C.Z., C.M.-C., J.F.-N. and A.P.-R. were responsible for the conception and design of the study. M.À.C.C. was responsible for the sample size calculation and conceived the statistical methods. F.A.C., A.P.-R., J.B.-R., Y.C.Z. and E.C.-P. participated in the development of the study. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: The study was funded by Fondo de Investigación Sanitaria, Instituto de Salud Carlos III (PI17/01788), the Spanish Ministry of Science and Innovation (DEP2021-37169), grant Jose Luís Torres from redGDPS Foundation (redgdps/BJLTB/02/2022), the predoctoral research grant Isabel Fernández 2020 from the Spanish Society of Family and Community Medicine (semFYC) and another grant from the Càtedra Autonomous University of Barcelona (UAB)—Novartis for research in Family and Community Medicine. The funders had no role in the design, analysis, data interpretation or writing of the manuscript.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Clinical Research Ethics Committee of the Primary Care Research Institute Jordi Gol i Gurina with the registration code P18/102 and date of approval 24 October 2018.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Acknowledgments: We thank the Foundation University Institute for Primary Health Care Research Jordi Gol i Gurina for supporting this work.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas*, 10th ed.; International Diabetes Federation: Brussels, Belgium, 2021. Available online: <http://www.diabetesatlas.org/> (accessed on 25 February 2022).
2. Zheng, Y.; Ley, S.H.; Hu, F.B. Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. *Nat. Rev. Endocrinol.* **2018**, *14*, 88–98. [[CrossRef](#)]
3. Tremblay, M.S.; Aubert, S.; Barnes, J.D.; Saunders, T.J.; Carson, V.; Latimer-Cheung, A.E.; Chastin, S.F.; Altenburg, T.M.; Chinapaw, M.J. Sedentary Behavior Research Network (SBRN)—Terminology Consensus Project process and outcome. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2017**, *14*, 75. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Van Der Berg, J.D.; Stehouwer, C.D.A.; Bosma, H.; Van Der Velde, J.H.P.M.; Willems, P.J.B.; Savelberg, H.H.C.M.; Schram, M.; Sep, S.J.S.; Van Der Kallen, C.J.H.; Henry, R.M.A.; et al. Associations of total amount and patterns of sedentary behaviour with type 2 diabetes and the metabolic syndrome: The Maastricht Study. *Diabetologia* **2016**, *59*, 709–718. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. American Diabetes Association. 5. Facilitating Behavior Change and Well-being to Improve Health Outcomes: Standards of Medical Care in Diabetes-2020. *Diabetes Care* **2020**, *43* (Suppl. 1), S48–S65. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Bull, F.C.; Al-Ansari, S.S.; Biddle, S.; Borodulin, K.; Buman, M.P.; Cardon, G.; Carty, C.; Chaput, J.-P.; Chastin, S.; Chou, R.; et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br. J. Sports Med.* **2020**, *54*, 1451–1462. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

7. Cooper, A.R.; Sebire, S.; Montgomery, A.A.; Peters, T.J.; Sharp, D.J.; Jackson, N.; Fitzsimons, K.; Dayan, C.M.; Andrews, R.C. Sedentary time, breaks in sedentary time and metabolic variables in people with newly diagnosed type 2 diabetes. *Diabetologia* **2012**, *55*, 589–599. [[CrossRef](#)]
8. Hamilton, M.T.; Hamilton, D.G.; Zderic, T.W. Sedentary behavior as a mediator of type 2 diabetes. *Med. Sport. Sci.* **2014**, *60*, 11–26. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Boerema, S.T.; van Velsen, L.; Vollenbroek, M.M.; Hermens, H.J. Pattern measures of sedentary behaviour in adults: A literature review. *Digit. Health* **2020**, *6*, 2055207620905418. [[CrossRef](#)]
10. Edwardson, C.L.; Winkler, E.A.H.; Bodicoat, D.H.; Yates, T.; Davies, M.J.; Dunstan, D.W.; Healy, G.N. Considerations when using the activPAL monitor in field-based research with adult populations. *J. Sport Health Sci.* **2017**, *6*, 162–178. [[CrossRef](#)]
11. Grant, R.W.; McCarthy, E.P.; Singer, D.E.; Meigs, J.B. Frequent outpatient contact and decreasing medication affordability in patients with diabetes from 1997 to 2004. *Diabetes Care* **2006**, *29*, 1386–1388. [[CrossRef](#)]
12. American Diabetes Association. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes. *Diabetes Care* **2020**, *43* (Suppl. 1), S14–S31. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Chau, J.Y.; Van Der Ploeg, H.P.; Dunn, S.; Kurko, J.; Bauman, A.E. Validity of the occupational sitting and physical activity questionnaire. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2012**, *44*, 118–125. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Bort-Roig, J.; Chirveches-Pérez, E.; Giné-Garriga, M.; Navarro-Blasco, L.; Bausà-Peris, R.; Iturrioz-Rosell, P.; González-Suárez, A.M.; Martínez-Lemos, I.; Puigoriol-Juventeny, E.; Dowd, K.; et al. An mHealth Workplace-Based “Sit Less, Move More” Program: Impact on Employees’ Sedentary and Physical Activity Patterns at Work and Away from Work. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 8844. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Alòs, F.; Colomer, M.À.; Martín-Cantera, C.; Solís-Muñoz, M.; Bort-Roig, J.; Saigi, I.; Chirveches-Pérez, E.; Solà-Gonfaus, M.; Molina-Aragonés, J.M.; Puig-Ribera, A. Effectiveness of a healthcare-based mobile intervention on sedentary patterns, physical activity, mental well-being and clinical and productivity outcomes in office employees with type 2 diabetes: Study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Public Health* **2022**, *22*, 1269. [[CrossRef](#)]
16. Dowd, K.P.; Harrington, D.M.; Bourke, A.K.; Nelson, J.; Donnelly, A.E. The measurement of sedentary patterns and behaviors using the activPAL™ Professional physical activity monitor. *Physiol. Meas.* **2012**, *33*, 1887–1899. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Faul, F.; Erdfelder, E.; Lang, A.G.; Buchner, A.G. Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav. Res. Methods* **2007**, *39*, 175–191. [[CrossRef](#)]
18. Gorsuch, R.L. *Factor Analysis*, 2nd ed.; Hillsdale, N.J., Ed.; Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, NJ, USA, 1983.
19. Hatcher, L. *A Step-by-Step Approach to Using the SAS System for Factor Analysis and Structural Equation Modeling*; SAS Institute, Inc.: Cary, NC, USA, 1994.
20. Jolliffe, I.T. Principal Component Analysis for Special Types of Data. In *Principal Component Analysis*; Springer Series in Statistics; Springer: New York, NY, USA, 2002. [[CrossRef](#)]
21. Burton, N.W.; Haynes, M.; van Uffelen, J.G.; Brown, W.J.; Turrell, G. Mid-aged adults’ sitting time in three contexts. *Am. J. Prev. Med.* **2012**, *42*, 363–373. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Chastin, S.F.; Egerton, T.; Leask, C.; Stamatakis, E. Meta-analysis of the relationship between breaks in sedentary behavior and cardiometabolic health. *Obesity* **2015**, *23*, 1800–1810. [[CrossRef](#)]
23. Dempsey, P.C.; Larsen, R.N.; Winkler, E.A.H.; Owen, N.; Kingwell, B.A.; Dunstan, D.W. Prolonged uninterrupted sitting elevates postprandial hyperglycaemia proportional to degree of insulin resistance. *Diabetes Obes. Metab.* **2018**, *20*, 1526–1530. [[CrossRef](#)]
24. Colberg, S.R.; Sigal, R.J.; Yardley, J.E.; Riddell, M.C.; Dunstan, D.W.; Dempsey, P.C.; Horton, E.S.; Castorino, K.; Tate, D.F. Physical activity/exercise and diabetes: A position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care* **2016**, *39*, 2065–2079. [[CrossRef](#)]
25. Vandelanotte, C.; Duncan, M.J.; Short, C.; Rockloff, M.; Ronan, K.; Happell, B.; Di Milia, L. Associations between occupational indicators and total, work-based and leisure-time sitting: A cross-sectional study. *BMC Public Health* **2013**, *13*, 1110. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Chau, J.Y.; van der Ploeg, H.P.; Merom, D.; Chey, T.; Bauman, A.E. Cross-sectional associations between occupational and leisure-time sitting, physical activity and obesity in working adults. *Prev. Med.* **2012**, *54*, 195–200. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Tigbe, W.W.; Lean, M.E.; Granat, M.H. A physically active occupation does not result in compensatory inactivity during out-of-work hours. *Prev. Med.* **2011**, *53*, 48–52. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Kiritani, S.; Shibata, A.; Ishii, K.; Koohsari, M.J.; Owen, N.; Oka, K. Patterns of objectively assessed sedentary time and physical activity among Japanese workers: A cross-sectional observational study. *BMJ Open*. **2019**, *9*, e021690. [[CrossRef](#)]
29. Homer, A.R.; Taylor, F.C.; Dempsey, P.C.; Wheeler, M.J.; Sethi, P.; Townsend, M.K.; Grace, M.S.; Green, D.J.; Cohen, N.D.; Larsen, R.N.; et al. Frequency of Interruptions to Sitting Time: Benefits for Postprandial Metabolism in Type 2 Diabetes. *Diabetes Care* **2021**, *44*, 1254–1263. [[CrossRef](#)]
30. Healy, G.N.; Clark, B.K.; Winkler, E.A.; Gardiner, P.A.; Brown, W.J.; Matthews, C.E. Measurement of adults’ sedentary time in population-based studies. *Am. J. Prev. Med.* **2011**, *41*, 216–227. [[CrossRef](#)]
31. Aunger, J.; Wagnild, J. Objective and subjective measurement of sedentary behavior in human adults: A toolkit. *Am. J. Hum. Biol.* **2022**, *34*, e23546. [[CrossRef](#)]

-
32. Soriguer, F.; Goday, A.; Bosch-Comas, A.; Bordiú, E.; Calle-Pascual, A.; Carmena, R.; Casamitjana, R.; Castaño, L.; Castell, C.; Catalá, M.; et al. Prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose regulation in Spain: The Di@betes Study. *Diabetologia* **2012**, *55*, 88–93. [[CrossRef](#)]
 33. Ausubel, J.H.; Grubler, A. Working less and living longer: Long-term trends in working time and time budgets. *Technol. Forecast. Soc. Change* **1995**, *50*, 195–213. [[CrossRef](#)]

ESTUDI IV

Alòs, F., Puig-Ribera, A., Bort-Roig, J., Chirveches-Pérez., E., Martín-Cantera, C., Franch-Nadal, J., & Colomer, M. À., (2023). Incorporating objective measures of sedentary behaviour into the detection and control methods of type 2 diabetes mellitus: development of a mathematical model for clinical practice. *Acta Diabetológica* (En revisió).

Acta Diabetologica

INCORPORATING OBJECTIVE MEASURES OF SEDENTARY BEHAVIOUR INTO THE DETECTION AND CONTROL METHODS OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS: DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR CLINICAL PRACTICE.

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:											
Full Title:	INCORPORATING OBJECTIVE MEASURES OF SEDENTARY BEHAVIOUR INTO THE DETECTION AND CONTROL METHODS OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS: DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR CLINICAL PRACTICE.										
Article Type:	Original Article										
Corresponding Author:	Anna Puig-Ribera University of Vic - University of Central Catalonia: Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya SPAIN										
Corresponding Author Secondary Information:											
Corresponding Author's Institution:	University of Vic - University of Central Catalonia: Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya										
Corresponding Author's Secondary Institution:											
First Author:	Francesc Alòs										
First Author Secondary Information:											
Order of Authors:	Francesc Alòs Anna Puig-Ribera Judit Bort-Roig Emilia Chirveches-Pérez Carlos Martín-Cantera Josep Franch-Nadal M ^a Àngels Colomer										
Order of Authors Secondary Information:											
Funding Information:	<table border="1"> <tr> <td>Instituto de Salud Carlos III (PI17/01788)</td> <td>Dr. Anna Puig-Ribera</td> </tr> <tr> <td>Ministerio de Ciencia e Innovación (DEP2021-37169)</td> <td>Dr. Anna Puig-Ribera</td> </tr> <tr> <td>redGDPS Foundation (redgdps/BJLTB/02/2022)</td> <td>Mr. Francesc Alòs</td> </tr> <tr> <td>Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria (Predoctoral research grant Isabel Fernández 2020)</td> <td>Mr. Francesc Alòs</td> </tr> <tr> <td>Càtedra Autonomous University of Barcelona (UAB)– Novartis for research in Family and Community Medicine</td> <td>Mr. Francesc Alòs</td> </tr> </table>	Instituto de Salud Carlos III (PI17/01788)	Dr. Anna Puig-Ribera	Ministerio de Ciencia e Innovación (DEP2021-37169)	Dr. Anna Puig-Ribera	redGDPS Foundation (redgdps/BJLTB/02/2022)	Mr. Francesc Alòs	Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria (Predoctoral research grant Isabel Fernández 2020)	Mr. Francesc Alòs	Càtedra Autonomous University of Barcelona (UAB)– Novartis for research in Family and Community Medicine	Mr. Francesc Alòs
Instituto de Salud Carlos III (PI17/01788)	Dr. Anna Puig-Ribera										
Ministerio de Ciencia e Innovación (DEP2021-37169)	Dr. Anna Puig-Ribera										
redGDPS Foundation (redgdps/BJLTB/02/2022)	Mr. Francesc Alòs										
Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria (Predoctoral research grant Isabel Fernández 2020)	Mr. Francesc Alòs										
Càtedra Autonomous University of Barcelona (UAB)– Novartis for research in Family and Community Medicine	Mr. Francesc Alòs										
Abstract:	<p>Introduction: Type 2 diabetes mellitus (DM2) is one of the main public health threats of the 21st century. Identifying and predicting DM2 is the first step to stop its progression, and new strategies with low-cost, non-invasive early detection systems must be urgently implemented. Sedentary behaviour (SB) is one of the risk factors leading to the current increase in the prevalence of DM2, so incorporating the SB pattern into the detection methods of DM2 is essential.</p> <p>Objective: To develop a simple mathematical model for clinical practice that allows early identification of adults with a diagnosis of DM2 or at risk of presenting it, based on</p>										

	<p>objective measurements of the SB pattern, hours of sleep and anthropometric variables.</p> <p>Methods: Cross-sectional study. Anthropometric variables (sex, age and body mass index, BMI), sleep time (hours) and the SB pattern (sedentary breaks and time spent in sedentary bouts four different lengths) of two population groups (adults with and without diabetes) with office jobs were measured and compared using the ActivPAL3M device. Eighty-one participants had DM2 and 132 had normal glucose metabolism (NGM). The risk of having DM2 was modelled using a generalised linear model, selecting the variables that presented a significant correlation with DM2.</p> <p>Results: The DM2 prediction model used five non-invasive clinical variables -sex, age, BMI, sleep time (hours) and sedentary breaks <20 minutes (number/day) – related to the SB pattern. The validated model correctly classified 88.89% of the participants. The model correctly classified all the adults with NGM and 77% of patients with DM2. It also allowed, based on the anthropometric profile of the participant, the design of a preventive tool to modify the SB pattern of adults with DM2.</p> <p>Conclusion: Understanding SB patterns by means of mathematical models could be a simple application solution for the early identification of adults with DM2 in clinical practice. Incorporating an algorithm that contains a mathematical expression in wearable devices for monitoring the SB pattern could be a very powerful tool for the early detection and comprehensive control of DM2 in clinical practice.</p>
Suggested Reviewers:	

[Click here to view linked References](#)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

INCORPORATING OBJECTIVE MEASURES OF SEDENTARY BEHAVIOUR INTO THE DETECTION AND CONTROL METHODS OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS: DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR CLINICAL PRACTICE.

Francesc Alòs^{a,b}, Anna Puig-Ribera^{c*}, Judit Bort-Roig^e, Emilia Chirveches-Pérez^d, Carlos Martín-Cantera^e, Josep Franch-Nadal^{b,f}, M^a Àngels Colomer^g

^aPrimary Healthcare Centre Passeig de Sant Joan, Catalan Health Institute, Barcelona, Spain;

^bMember of the redGDPS Foundation, Madrid, Spain;

^cSport and Physical Activity Research Group, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, Vic, Spain;

^dResearch Group on Methodology, Methods, Models and Outcomes of Health and Social Sciences, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, Barcelona, Spain;

^eBarcelona Research Support Unit, Primary Care Research Institute IDIAP Jordi Gol, Barcelona, Spain;

^fCIBER of Diabetes and Associated Metabolic Disease (CIBERDEM). Instituto de Salud Carlos III (ISCIII). Madrid, Spain; ^gDepartment of Mathematics, ETSEA, University of Lleida, Lleida, Spain.

***Corresponding author:** Anna Puig-Ribera. Sport and Physical Activity Research Group, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, Vic, Spain, E-mail addresses: annam.puig@uvic.cat

Abstract

35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Introduction: Type 2 diabetes mellitus (DM2) is one of the main public health threats of the 21st century. Identifying and predicting DM2 is the first step to stop its progression, and new strategies with low-cost, non-invasive early detection systems must be urgently implemented. Sedentary behaviour (SB) is one of the risk factors leading to the current increase in the prevalence of DM2, so incorporating the SB pattern into the detection methods of DM2 is essential.

Objective: To develop a simple mathematical model for clinical practice that allows early identification of adults with a diagnosis of DM2 or at risk of presenting it, based on objective measurements of the SB pattern, hours of sleep and anthropometric variables.

Methods: Cross-sectional study. Anthropometric variables (sex, age and body mass index, BMI), sleep time (hours) and the SB pattern (sedentary breaks and time spent in sedentary bouts four different lengths) of two population groups (adults with and without diabetes) with office jobs were measured and compared using the ActivPAL3M device. Eighty-one participants had DM2 and 132 had normal glucose metabolism

(NGM). The risk of having DM2 was modelled using a generalised linear model (GLM), selecting the variables that presented a significant correlation with DM2.

Results: The DM2 prediction model used five non-invasive clinical variables -sex, age, BMI, sleep time (hours) and sedentary breaks <20 minutes (number/day) – related to the SB pattern. The validated model correctly classified 88.89% of the participants. The model correctly classified all the adults with NGM and 77% of patients with DM2. It also allowed, based on the anthropometric profile of the participant, the design of a preventive tool to modify the SB pattern of adults with DM2.

Conclusion: Understanding SB patterns by means of mathematical models could be a simple application solution for the early identification of adults with DM2 in clinical practice. Incorporating an algorithm that contains a mathematical expression in wearable devices for monitoring the SB pattern could be a very powerful tool for the early detection and comprehensive control of DM2 in clinical practice.

Keywords: Type 2 diabetes mellitus, accelerometer; diabetes; monitoring; sedentary behaviour; sedentary occupation; activPAL; lifestyle; GLM; prediction.

Contributions to the literature

- Sedentary behavior is a modifiable risk factor that boosts the rise of the DM2 epidemic.
- This is the first study to design a mathematical model that integrates variables of the sedentary behaviour pattern to predict, control and monitor adults with DM2.
- Understanding sedentary behaviour patterns by means of mathematical models could be a simple solution for the early identification and comprehensive control of DM2 in clinical practice.
- Incorporating this mathematical expression in wearable devices algorithms could be a powerful tool to monitor sedentary behavior in adults with DM2 from clinical practice.

1. Background

The prevalence of diabetes has increased exponentially in recent decades, affecting 10.5 % of the world population between 20 and 79 years of age in 2021, with a forecast increase to 12.2% in 2045 (1). It is estimated that almost half of all people (49.7%) living with diabetes are undiagnosed (2), with the unknown duration of the disease increasing the risks associated with it. Diabetes is responsible for 11% of annual deaths (1), and it occupies a significant economic burden in health care spending, including outpatient care, hospital care, pharmaceuticals and emergency care (3,4). Type 2 diabetes (DM2) represents 90-95% of all cases of diabetes, and it is commonly diagnosed by glycemic measures such as fasting blood glucose concentrations of ≥ 7.0 mmol/L or glycated hemoglobin values of (HbA1c) of $\geq 6.5\%$ (48 mmol/mol) (5). The complications caused by DM2 constitute a major worldwide public health problem, despite many

1 pharmaceutical developments and a global emphasis on glycemic control (1), reflecting there is a health
2 problem in the prevention and management of diabetes both at the population and healthcare level.

3
4 The growing increase in the prevalence of DM2 coincides with the global increase in obesity (6), driven by
5 sedentary behaviour (SB) and modern lifestyles, with increasingly sedentary office-based jobs (7). SB is
6 one of the main reasons for the increase in the DM2 epidemic (7), in addition to other reasons such as the
7 adoption of high energy diets in relation to low energy expenditure and population ageing (1).
8
9

10
11 SB is defined as any waking behaviour while in a sitting, reclining or lying posture characterised by an
12 energy expenditure ≤ 1.5 times the basal metabolic rate or METs (Metabolic Equivalent Task) (8). There is
13 contrasting evidence that people with prolonged periods of SB have an increased incidence of DM2 (9).
14 Also, in adults with DM2, the interruption of sedentary time with brief, regular and frequent episodes of
15 light-intensity physical activity such as walking or simple resistance activities attenuates the level of
16 postprandial glucose, insulin, C-peptid and triglycerides (10) and reduces waist circumference and body
17 mass index (BMI) (11) and also blood pressure (12). DM2 could be prevented by maintaining a healthy
18 lifestyle, engaging in physical exercise, reducing sedentary behaviour, following a healthy diet and avoiding
19 obesity (13).
20
21
22
23
24
25

26
27 Early diagnosis and comprehensive healthcare, including management of SB, is essential to delay and stop
28 the progression of DM2 and the evolution of associated complications. It allows the implementation of
29 corrective measures that have been shown to be effective in reducing the morbimortality of the disease with
30 a reduction in acute and chronic complications and of cardiovascular mortality (14).
31
32
33

34
35 In recent years, the approach to evaluating SB has changed from one based on the total number of hours of
36 SB per day (total sedentary time) obtained by self-reported subjective measures (for example
37 questionnaires, diaries) to one focused on the daily pattern of SB accumulation obtained by objective
38 measures (for example, accelerometers). Accelerometers allow the recording and objective evaluation of
39 the daily SB pattern in work and non-work contexts, on weekdays and at weekends, which makes it possible
40 to characterise and differentiate the SB pattern in adults with DM2 from adults without DM2 (15) and
41 reduce sources of potential bias inherent in the questionnaires (16). The SB pattern is defined as the manner
42 in which SB is accumulated throughout the day while awake, including the total sedentary time, the number
43 of sedentary interruptions/breaks daily (a non-sedentary bout between two sedentary bouts), the frequency
44 and duration of the sedentary bouts (a period of uninterrupted sedentary time), and the time accumulated in
45 each period (8). Compared to adults without DM2, adults with DM2 have a lower total number of breaks
46 per day and present an SB pattern characterised by fewer number of breaks in time intervals of less than 20
47 min (sedentary breaks <20 min) (15).
48
49
50
51
52
53
54
55

56
57 Consumer-based wearable activity trackers that allow users to objectively monitor activity levels are now
58 widely available and may offer an alternative method for assisting individuals to remain physically active
59 (17) and reduce SB. Currently, most of these devices do not measure the SB pattern characteristic in adults
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

with DM2 (sedentary breaks <20 min) and therefore, cannot be used in clinical practice as objective tools to identify adults with DM2. Developing predictive mathematical models that contain variables of the SB pattern would provide a simple, easily obtainable, objective and inexpensive tool to detect a greater number of adults with DM2 early, maximizing the effectiveness for the prevention and control of the disease.

The main objective of this study was to develop a simple mathematical model –with variables that are easy to measure outside the consultation and are non-invasive- that allows the identification of adults with DM2 or at risk of suffering from it, using measurements of the SB pattern. Having a good model would enable primary healthcare professionals to (i) take preventive measures and achieve early detection of DM2 in consultations, and (ii) develop an easy-to-use, personalised tool, adapted to anthropometric characteristics, to modify the SB pattern of adults with DM2 from clinical practice.

2. Methods

2.1. Study design

A cross-sectional study comparing sex, age, anthropometric variables (BMI) and the SB pattern of two groups of participants, adults with DM2 and adults with normal glucose metabolism (NGM).

2.2. Participants

The inclusion criteria for the group of adults with DM2 was to be diagnosed with DM2 in accordance with international criteria (18). The rest of the inclusion criteria were common for both groups: adults between 18 and 65 years old (working age); office employees with a minimum of 55% of their daily working hours performing sedentary tasks according to the Occupational Sitting and Physical Activity Questionnaire (OSPAQ) (19); and having a work contract of at least 18.5 hours/week. The exclusion criteria for both groups consisted of having a diagnosis of musculoskeletal, cardiovascular, pulmonary or orthopaedic problems or any other physical condition that prevented them from being physically active.

2.3. Setting

The group of adults with NGM were a convenience sample of administrative staff (n=132) recruited from four Spanish hospitals that took part in an mHealth intervention to “sit less and move more” during working hours (20). The study was approved by the ethics committee of each hospital (20), and the recruitment procedure is detailed elsewhere (20).

The group of adults with DM2 (n=81) was recruited at primary care centres in Barcelona between April 2019 and January 2020 with the aim of receiving a medical prescription offered by an mHealth programme to reduce and interrupt sedentary time at work. In each centre and during the recruitment process, the professionals involved (family physicians and nurses) identified and recruited patients in medical consultations through the health centre’s database after verifying that they met the inclusion criteria. Written informed consent was obtained from all subjects included in the study. This trial was approved by

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

the IDIAP Jordi Gol Clinical Research Ethics Committee with registration number P18/102. The recruitment procedure is detailed elsewhere (21).

2.4. Variables and data measurement

The activPAL3™ device (PAL Technologies Ltd., Glasgow, UK) measured and quantified for 24 hours per day for seven complete days (Monday to Sunday) the physical activity, SB patterns and sleep time of desk-based employees with DM2 and NGM. This device is a valid measure to quantify body posture and activity patterns during free-living conditions (22).

From the activPAL3™ software output, the following SB variables were determined as they represented the SB pattern characteristic of adults with DM2 (15): sleep time (hours), total number of sitting bouts and number of sitting bouts with four different lengths (< 20 min, 20–40 min, 40-60 min and > 60 min). Overall, the outcomes related to the SB pattern were reported as averages of weekdays (working and non-working hours) and weekend days, taking into account that SB patterns can vary depending on whether they happen during weekends or weekdays and whether or not there are work commitments (working hours vs non-working hours) (23). Working and non-working times were established by using the participants' daily paper records.

Age, sex and anthropometric variables by weight, height and BMI were also recorded for each adult. The anthropometric variables were measured with a Seca 770 scale and a Seca 222 height measuring rod. The BMI was calculated by dividing the body weight by the square of the height in metres (kg/m²).

2.5. Sample size

The sample was 213 patients. The sample size was initially set at 132 patients with T2D and 132 adults with NGM. We contacted 160 adults with DM2 that met the inclusion criteria, considering a 20% loss. Forty-two adults with DM2 did not respond, 20 were not interested and 17 that failed to record correctly the measures taken by the ActivPal device (insufficient record of days or errors in the record) and were therefore excluded. The total number of adults with DM2 with the record of minimum days set was 81. Using the free software G*Power (24) for a comparison test of bilateral means and a significance level of 5%, a power of 95% was obtained.

2.6. Statistical methods

A model is useful if it is simple, capable of explaining the behaviour of the variable of interest (principle of parsimony), technically congruent and interpretable (25). An increase in the number of variables implies higher standard errors. All those variables that are considered technically important should be included in a model. First, we selected the variables that could potentially better explain the presence or absence of DM2 according to the useful model requirements (15). Second and to build the prediction model, we

1 introduced these variables (15) in the GLM model. Then, we studied if there was a correlation between the
2 selected variables to avoid subsequent collinearity problems in the models. Pearson's correlation
3 coefficients were calculated between the variables that measured the SB pattern, anthropometric variables
4 and sleep hours with the variable presenting or not presenting DM2. If highly correlated, explanatory
5 variables were introduced in the construction of GLM and a multicollinearity problem was generated, which
6 seriously affected the estimators obtained and their precision. Then, we built the prediction model and, we
7 introduced these variables (15) in the GLM model.
8
9
10
11
12

13 The SB pattern was measured in four units of time in the week: weekday total time, weekday during
14 working time, weekday during non-working time and weekend. The GLM models were studied for each of
15 these time units, taking the presence of DM2 as the response variable and those selected as using the Pearson
16 correlation coefficient as the independent variables.
17
18
19
20

21 The response variable of the model was in every case dichotomous, being able to take two values:
22 presenting DM2 (0) or not presenting DM2 or NGM (1). This binary variable was explained using
23 continuous variables related to the SB pattern, age, sex, and anthropometric variables (weight and BMI).
24 The GLM that was used had a binomial error distribution and a logit link function. The following logistic
25 regression was performed:
26
27
28
29

$$\text{logit}(\text{Not diabetic}) = \alpha_0 + \sum \alpha_i \cdot X_i$$
$$P(\text{Not DM2}) = \frac{1}{1 + e^{-\text{logit}(\text{Not DM2})}}$$

30
31
32
33
34
35
36
37
38 The response of the model resulted in a value between 0 and 1, interpreted as the probability that the patient
39 did not have DM2. If the value was less than 0.5, it was accepted that the patient had DM2; and if it was
40 greater than 0.5, it was accepted that the patient did not have DM2. The values in the central band of the
41 0-1 interval were interpreted with some caution since in these cases the model predicted, approximately, a
42 probability of 0.5 of presenting DM2 and of 0.5 of not presenting DM2. To do the statistical treatment, the
43 free software R, R Core Team (2022) was used (26).
44
45
46
47
48
49

50 **3. Results**

51 Data were gathered from 80 men and 131 women; 72.5% of the men presented DM2 vs 16% of the women.
52 The mean age of the adults with DM2 was 10.6 years older than adults with NGM ($p < 0.001$). The BMI of
53 the adults with DM2 was 6.5 units higher than adults with NGM ($p < 0.001$) (15).
54
55
56
57

58 **3.1. Pearson correlation coefficient**

59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

In the four units of time in the week (weekday total time, weekday working time, weekday non-working time and weekend), the variables age, BMI, sex, sleeping time, sedentary breaks < 20min (number/day), time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day) and total sedentary breaks (number/day) were variables that significantly correlated with the variable presenting DM2 (see **Table 1**). In the case of age, BMI and sleeping time, the correlation was positive, increasing the values of these variables in adults with DM2. The correlation was negative for the three variables that measured the SB pattern, and therefore the adults with DM2 had lower values. In the case of gender, the correlation was negative, increasing diabetes in men (see **Table 1**).

The variables of the SB pattern correlated with DM2 were also significantly correlated with each other (see **Table 2**). To avoid collinearity, only the variable that measured sedentary breaks < 20min (number/day) was used in the GLM model, discarding the variables time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day) and total sedentary breaks (number/day). The variable that measured the average hours/day of sleep on weekdays was not correlated with the variables sedentary breaks < 20min (number/day), time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day) and total sedentary breaks (number/day).

3.2. General linear model (GLM)

Taking into account the variables significantly correlated with the presence of DM2, the parameters of the following model were estimated:

$$\text{logit}(\text{Not diabetic}) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \text{Age} + \alpha_2 \cdot \text{BMI} + \alpha_3 \cdot \text{Sex} + \alpha_4 \cdot \text{Sleep} + \alpha_5 \cdot \text{Breaks20}$$

In the models corresponding to weekdays, the variable sleep time was introduced since it was significantly correlated in this period of time. The model that used the information on weekday working time and weekday non-working time showed the greatest deviance explaining at least 10% more of the variability of the data compared to the other models (see **Table 3**). If the sleep time variable was eliminated, the deviance was 40.27%. If the model included the information on the SB pattern of weekdays and weekends simultaneously, the variables corresponding to holidays were not significant.

The model chosen to make predictions was the one that used the significant variables in weekday total time. The variables that intervened in the selected model (1) are sex, age, the average number of hours of sleep (sleep time), the BMI and the number of breaks in time intervals of less than 20 minutes.

$$\begin{aligned} \text{logit}(\text{Not diabetic}) \\ = -17.18 + 0.17 \cdot \text{Age} + 0.16 \cdot \text{BMI} - 2.22 \cdot \text{Sex} + 1.37 \cdot \text{Sleep} - 0.06 \\ \cdot \text{WB20}. \end{aligned}$$

1
2
3 **3.3. Validation of the mathematical model**

4 The model correctly classified 88.89% of the patients. It classified all the adults with NGM correctly and
5 77% of patients with DM2. Three women were erroneously identified as participants with NGM: one was
6 40 years of age, another had a very low BMI (19.71 kg/m²) and slept an average of six hours a day, and the
7 third was a 51-year-old woman with a BMI of 38.77 kg/m² who performed an average number of 63.5
8 sedentary breaks of less than 20 minutes. The model predicts a mean probability of 0.89 of suffering from
9 DM2 for adults diagnosed with the disease and a mean probability of 0.18 for adults with NGM.
10
11
12
13
14

15 **3.4. Recommendation of the number of sedentary breaks less than 20min (number/day)**

16 To develop the practical tool, we fixed the values of the non-modifiable variables in the short term and
17 required the model to take a value greater than 0.5 (probability of presenting NGM), a value that would
18 classify the individual as non-diabetic from which it was possible to obtain an estimate of the minimum
19 number of breaks < 20 minutes required to modify the SB pattern of adults with DM2 (see Table 4).
20
21
22
23
24

25 The BMI variable was classified into three groups: normal, overweight and obese, in accordance with
26 current guidelines from the World Health Organization (WHO), which defines a normal BMI as 18.5 to
27 24.9 kg/m². A BMI ≥ 25 kg/m² is considered to be overweight, a BMI ≥ 30 kg/m² obese, and severe obesity
28 is defined as a BMI ≥ 40 kg/m² (27).
29
30
31
32

33 The results of Table 4 could allow the health professional to estimate the minimum number of breaks during
34 sedentary behaviour required to modify the SB pattern, adapted to adults with DM2 according to sex, age,
35 BMI and sleep time. For example, for a 60-year-old man with a BMI of 30 kg/m² who sleeps eight hours a
36 day, the minimum number of breaks < 20 minutes per day would be 109, while if the person were a woman,
37 it would be 72 breaks/day.
38
39
40
41
42

43 **4. Discussion**

44 Through the development of a mathematical model, this study contributed to identifying, with a high level
45 of accuracy (88.89%), adults with DM2, based on a measurement of the SB pattern (number of breaks <20
46 minutes/day), sleep time (hours), sex, age and BMI. These factors are easy to measure with non-invasive
47 methods, are known to be associated with the risk of DM2 (9-11) and focus attention on new approaches
48 and methods for the early detection of DM2 from clinical practice.
49
50
51
52
53
54

55 Through the mathematical model a clinical tool that was individualized for adults with DM2, easy to use,
56 practical and with no increase in health cost was designed, in order to assess the number of daily sedentary
57 breaks. It can provide primary healthcare professionals with predictive information so as to integrate the
58
59
60
61
62
63
64
65

1 interventions of prevention and modifications of the SB pattern and can be used routinely in clinical practice
2 to encourage the performance of confirmatory tests for the diagnosis of DM2 in a greater number of
3 patients. Since diabetes is an underdiagnosed disease, with almost half of those with diabetes being unaware
4 they have it or asymptomatic (28), the use of this predictive tool could have a great impact at the health,
5 social and economic level by being able to predict the evolution of this disease and minimize its
6 consequences in the population.
7
8

9
10
11 Most of the existing DM2 prediction models are based on a large number of laboratory variables (glucose
12 levels, HbA1c, uric acid, blood osmolality, sodium, blood urea nitrogen, triglycerides, LDL cholesterol,
13 among others) that are costly to obtain, involve invasive methods that require blood tests in the laboratory
14 (29) and are not available in the general population, not even in developed countries. In addition, models
15 for classifying diabetes that include non-laboratory variables (for example, sex, drinking, smoking, physical
16 activity) do not take into account objective characteristics of the SB or physical activity pattern, since they
17 are based on self-reports or subjective methods (29, 30). The mathematical model developed in this study
18 requires basic information within the reach of the majority of the population, with fewer geographical
19 limitations and with a potential improvement of cost-efficiency compared to traditional models.
20
21
22
23
24
25
26
27

28 The mathematical model, based on objective measurements of the SB pattern, supports the need to take
29 these variables into account since there is robust evidence that SB is one of the main risk factors that explain
30 the rise in the DM2 epidemic (7,9,10,31). Taking advantage of the rise of mobile technology and the growth
31 in the market of devices for the objective measurement of physical activity and SB, introducing measures
32 of the daily number of breaks in sitting time in these devices could provide the necessary data to use the
33 model in healthcare practice (17). Wearable activity trackers are a low-cost tool, have a wide scope, are
34 clinically beneficial and can improve physical activity and SB levels in the clinical population (32) in the
35 long term. In addition, they provide automated feedback on the time spent in different intensities of physical
36 activity and sedentary behaviours, making them interactive tools for behaviour change through smartphone
37 apps (33). Incorporating an algorithm that contains the model in wearable devices to change the SB pattern
38 can enable a person at risk to take measures that can prevent the development or delay the progression of
39 the disease by increasing the number of breaks during the day.
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49

50 The main strength of this study includes the objective measures of sedentary behaviour in all contexts,
51 including in the workplace and during leisure time. The instrument (the ActivPal device) used to measure
52 the SB pattern has shown good reliability and validity and is considered the gold standard for measuring
53 SB, especially for measuring the accumulation of sedentary time throughout the day (22). The second
54 strength is the representativeness of the study sample; the prevalence of DM2 is higher in men than women
55 and increases with age (28). The sample of adults living with diabetes also had a lower proportion of
56 women, tended to be older and had a higher BMI, in line with other studies (34). The study sample also
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1 slept for long hours similarly to what is generally observed in adults with DM2 who sleep for many hours
2 but of worse quality; contributing to the development of comorbidities such as obesity o sleep obstructive
3 disorder (35). In addition, adults with DM2 who live in the community and have an office job were included.
4 Most adults in Western nations spend most of their days employed (36) and ever more people have office
5 jobs in which sitting is the default (37). Adults with DM2 were treated with both oral anti-diabetic
6 medication and insulin and were monitored and controlled by primary health care. Given that patients with
7 DM2 visit primary care providers frequently (38), it is especially important to focus the
8 studies/interventions on adults with office jobs (jobs with little physical demand) given the magnitude and
9 differentiated risk of a sedentary lifestyle in this type of administrative jobs since they are the ones that
10 report the highest levels (or highest prevalence) of sedentary lifestyle (39). The main limitation of this study
11 is that the analysis was cross-sectional, therefore causal relationships could not be examined.
12
13
14
15
16
17
18
19
20

21 **4. Conclusions**

22 This is the first study to design a mathematical model that integrates variables of the SB pattern to predict,
23 control and monitor adults with DM2 from clinical practice. Future research should consider the use of
24 objective, non-invasive variables such as the number of sedentary breaks under 20 minutes/day, in the
25 prediction models and management tools for DM2 in clinical practice. It is necessary to include this variable
26 since it is characteristic of adults with DM2 (15) and it is a modifiable factor, so it is essential to design SB
27 intervention tools at the level of clinical practice for the effective control of the disease.
28
29
30
31
32
33

34 **5. List of abbreviations**

35 DM2: Type 2 diabetes mellitus

36 SB: sedentary behaviour

37 NGM: normal glucose metabolism

38 BMI: body mass index

39 GLM: generalised linear model

40 HbA1c: Hemoglobin A1c
41
42
43
44
45
46
47
48
49

50 **6. Declarations**

51 **Ethics approval and consent to participate**

52 The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Clinical
53 Research Ethics Committee of the Primary Care Research Institute Jordi Gol i Gurina with the registration
54 code P18/102 and date of approval 24 October 2018. Informed consent was obtained from all subjects
55 involved in the study.
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Consent for publication

Not applicable.

Availability of data and materials

Pertinent data generated or analyzed as a result of this study protocol in the future will be made available in publications, and some portions could be made available from the corresponding author upon reasonable request.

Competing interests

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Funding

The study was funded by the Fondo de Investigación Sanitaria (Fund for Research in Health Sciences), Instituto de Salud Carlos III (PI17/01788), the Spanish Ministry of Science and Innovation (DEP2021-37169), a Jose Luís Torres grant from redGDPS Foundation (redgdps/BJLTB/02/2022), the predoctoral research grant Isabel Fernández 2020 from the Spanish Society of Family and Community Medicine (semFYC), and another grant from the Càtedra Autonomous University of Barcelona (UAB)– Novartis for research in Family and Community Medicine. The funders had no role in the design, analysis, data interpretation or writing of the manuscript.

Authors' contributions

FA, MAC, JBR, CPE, CZY, CMC and APR were responsible for the conception and design of the study. MAC was responsible for the sample size calculation and conceived the statistical methods. FA, APR, JBR, CZY and CPR participated in the development of the study. All authors have performed a critical revision of this manuscript and the final version.

Acknowledgements

We thank the Foundation University Institute for Primary Health Care Research Jordi Gol i Gurina for supporting this work.

Authors' information

^aPrimary Healthcare Centre Passeig de Sant Joan, Catalan Health Institute, Barcelona, Spain; ^bMember of the redGDPS Foundation, Madrid, Spain; ^cSport and Physical Activity Research Group, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, Vic, Spain; ^dResearch Group on Methodology, Methods, Models and Outcomes of Health and Social Sciences, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, Barcelona, Spain; ^eBarcelona Research Support Unit, Primary Care Research Institute

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

IDIAP Jordi Gol, Barcelona, Spain; ^fCIBER of Diabetes and Associated Metabolic Disease (CIBERDEM). Instituto de Salud Carlos III (ISCIII). Madrid, Spain; ^gDepartment of Mathematics, ETSEA, University of Lleida, Lleida, Spain.

Conflict of Interest

None

References

1. Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract.* 2022;183:109119. doi:10.1016/j.diabres.2021.109119
2. Cho NH, Shaw JE, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract.* 2018;138:271-281. doi:10.1016/j.diabres.2018.02.023
3. Dieleman JL, Baral R, Birger M, Bui AL, Bulchis A, et al. 2016. US spending on personal health care and public health, 1996–2013. *JAMA* 316:2627–46
4. Bommer, Heesemann, E, Sagalova, V, et al The global economic burden of diabetes in adults aged 20-79 years: a cost-of-illness study. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2017; 5(6): 423–430.
5. American Diabetes Association 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2020 . *Diabetes Care* 2020;43(Suppl 1):S14-31. 10.2337/dc20-S002
6. Zheng Y, Ley SH, Hu FB. Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. *Nat Rev Endocrinol* 2018;14:88-98. 10.1038/nrendo.2017.151
7. Rockette-Wagner B, Edelstein S, Venditti EM, Reddy D, Bray GA, Carrion-Petersen ML, et al. The impact of lifestyle intervention on sedentary time in individuals at high risk of diabetes. *Diabetologia* 2015; 58 (6): 1198-202.
8. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, et al. Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2017;14(1):75. Published 2017 Jun 10. doi:10.1186/s12966-017-0525-8
9. Wilmut EG, Edwardson CL, Achana FA, et al. Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis [published correction appears in *Diabetologia*. 2013 Apr;56(4):942-3]. *Diabetologia.* 2012;55(11):2895-2905. doi:10.1007/s00125-012-2677-z
10. Loh R, Stamatakis E, Folkerts D, Allgrove JE, Moir HJ. Effects of Interrupting Prolonged Sitting with Physical Activity Breaks on Blood Glucose, Insulin and Triacylglycerol Measures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* 2020;50(2):295-330. doi:10.1007/s40279-019-01183-w
11. Healy GN, Winkler EA, Brakenridge CL, Reeves MM, Eakin EG. Accelerometer-derived sedentary and physical activity time in overweight=obese adults with type 2 diabetes: cross-sectional associations with cardiometabolic biomarkers. *PLoS One.* 2015;10(3):e0119140.
12. Dempsey PC, Larsen RN, Dunstan DW, Owen N, Kingwell BA. Sitting Less and Moving More: Implications for Hypertension. *Hypertension.* 2018;72(5):1037-1046. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11190
13. Hu FB, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz G, Liu S, Solomon CG, et al. Diet, lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women. *N Engl J Med* 2001 Sep 13;345(11):790-797.
14. American Diabetes Association. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2021 [published correction appears in *Diabetes Care.* 2021 Sep;44(9):2182]. *Diabetes Care.* 2021;44(Suppl 1):S15-S33. doi:10.2337/dc21-S002
15. Colomer, F.A, Cugat, M.À.C, Bort-Roig, J, et al. Differences in Free-Living Patterns of Sedentary Behaviour between Office Employees with Diabetes and Office Employees without Diabetes: A

Principal Component Analysis for Clinical Practice. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 12245. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912245>

16. Lee IM, Shiroma EJ. Using accelerometers to measure physical activity in large-scale epidemiological studies: issues and challenges. *Br J Sports Med.* 2014;48(3):197–201.
17. Brickwood KJ, Watson G, O'Brien J, Williams AD. Consumer-Based Wearable Activity Trackers Increase Physical Activity Participation: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2019;7(4):e11819. Published 2019 Apr 12. doi:10.2196/11819
18. American Diabetes Association. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes. *Diabetes Care* 2020;43(Suppl 1):S14-S31. doi:10.2337/dc20-S002
19. Chau JY, Van Der Ploeg HP, Dunn S, Kurko J, Bauman AE. Validity of the occupational sitting and physical activity questionnaire. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44(1):118-125. doi:10.1249/MSS.0b013e3182251060
20. Bort-Roig J, Chirveches-Pérez E, Giné-Garriga M, Navarro-Blasco L, Bausà-Peris R, Iturrioz-Rosell P, González-Suárez AM, Martínez-Lemos I, Puigoriol-Juventeny E, Dowd K, Puig-Ribera A. An mHealth Workplace-Based "Sit Less, Move More" Program: Impact on Employees' Sedentary and Physical Activity Patterns at Work and Away from Work. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Nov 28;17(23):8844. doi: 10.3390/ijerph17238844. PMID: 33260697; PMCID: PMC7730175.
21. Alòs F, Colomer MÀ, Martin-Cantera C, et al. Effectiveness of a healthcare-based mobile intervention on sedentary patterns, physical activity, mental well-being and clinical and productivity outcomes in office employees with type 2 diabetes: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Public Health.* 2022;22(1):1269. Published 2022 Jun 29. doi:10.1186/s12889-022-13676-x
22. Dowd KP, Harrington DM, Bourke AK, Nelson J, Donnelly AE. The measurement of sedentary patterns and behaviors using the activPAL™ Professional physical activity monitor. *Physiol Meas* 2012;33(11):1887-1899. doi:10.1088/0967-3334/33/11/1887
23. Burton NW, Haynes M, van Uffelen JG, Brown WJ, Turrell G. Mid-aged adults' sitting time in three contexts. *Am J Prev Med.* 2012;42(4):363-373. doi:10.1016/j.amepre.2011.11.012
24. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G. Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods* 2007;39(2):175-191. doi:10.3758/bf03193146.
25. Vandekerckhove, JS, Matzke, D., Wagenmakers, E: Model Comparison and the Principle of Parsimony; *Oxford Handbook of Computational and Mathematical Psychology.* OxfordLibrary of Psychology, 2015. Available online: <https://escholarship.org/uc/item/9j47k5q9> (accessed on 1 October 2022).
26. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2022; Available online: <https://www.R-project.org/> (accessed on 1 October 2022).
27. World Health Organization. Obesity and overweight. Fact sheet N°311 January 2015. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (accessed on 15 September 2022).
28. Soriguer F, Goday A, Bosch-Comas A, et al. Prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose regulation in Spain: the Di@bet.es Study. *Diabetologia.* 2012;55(1):88-93. doi:10.1007/s00125-011-2336-9
29. Dinh A, Miertschin S, Young A, Mohanty SD. A data-driven approach to predicting diabetes and cardiovascular disease with machine learning. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2019;19(1):211. Published 2019 Nov 6. doi:10.1186/s12911-019-0918-5
30. Deberneh HM, Kim I. Prediction of Type 2 Diabetes Based on Machine Learning Algorithm. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(6):3317. Published 2021 Mar 23. doi:10.3390/ijerph18063317
31. González K, Fuentes J, Márquez JL. Physical Inactivity, Sedentary Behavior and Chronic Diseases. *Korean J Fam Med.* 2017;38(3):111-115. doi:10.4082/kjfm.2017.38.3.111
32. Ferguson T, Olds T, Curtis R, et al. Effectiveness of wearable activity trackers to increase physical activity and improve health: a systematic review of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet Digit Health.* 2022;4(8):e615-e626. doi:10.1016/S2589-7500(22)00111-X

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

33. Schoeppe S, Alley S, Van Lippevelde W, et al. Efficacy of interventions that use apps to improve diet, physical activity and sedentary behaviour: A systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2016; 13: 127
34. Vézina-Im LA, Morin CM, Desroches S. *Sleep, Diet and Physical Activity Among Adults Living With Type 1 and Type 2 Diabetes. Can J Diabetes. 2021;45(7):659-665. doi:10.1016/j.jejd.2021.01.013*
35. Jehan S, Myers AK, Zizi F, Pandi-Perumal SR, Jean-Louis G, McFarlane SI. Obesity, obstructive sleep apnea and type 2 diabetes mellitus: Epidemiology and pathophysiologic insights. *Sleep Med Disord.* 2018;2(3):52-58. Epub 2018 Jun 21. PMID: 30167574; PMCID: PMC6112821.
36. Ausubel, J.H. & Grubler, A. (1995). Working less and living longer: Long-term trends in working time and time budgets. *Technological Forecasting and Social Change* 50 (3) 195-213.
37. Buckley JP, Hedge A, Yates T, et al. The sedentary office: an expert statement on the growing case for change towards better health and productivity. *Br J Sports Med.* 2015;49(21):1357-1362. doi:10.1136/bjsports-2015-094618
38. Grant RW, McCarthy EP, Singer DE, Meigs JB. Frequent outpatient contact and decreasing medication affordability in patients with diabetes from 1997 to 2004. *Diabetes Care.* 2006;29(6):1386-1388. doi:10.2337/dc06-0196
39. Vandelanotte C, Duncan MJ, Short C, Rockloff M, Ronan K, Happell B, Di Milia L. Associations between occupational indicators and total, work-based and leisure-time sitting: a cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2013 Dec 1;13:1110. doi: 10.1186/1471-2458-13-1110. PMID: 24289321; PMCID: PMC3879072.

Table 1. Pearson's correlation coefficient and p-value between the recorded variables and the variable presenting DM2 in the four units of time sampled.

	Weekday -Total time		Weekend	
	correlation	p-value	correlation	p-value
Age (years)	0.5439	<.0001	0.537	<.0001
BMI (kg/m²)	0.5255	<.0001	0.539	<.0001
Sex	-0.5738	<.0001	-0.5538	<.0001
Sleep time (hours)	0.3956	<.0001	0.1981	0.0049
Light-intensity physical activity (minutes/day)	-0.0036	0.9585	-0.1342	0.0581
Moderate to vigorous physical activity (minutes/day)	-0.0915	0.1907	0.0311	0.6624
Sedentary breaks <20 min (number/day)	-0.5059	<.0001	-0.3873	<.0001
Sedentary breaks 20-40 min (number/day)	0.0479	0.4937	0.0619	0.384
Sedentary breaks 40-60 min (number/day)	0.1614	0.0205	0.1195	0.092
Sedentary breaks > 60 min (number/day)	0.1187	0.0892	0.0988	0.1641
Time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day)	-0.4431	<.0001	-0.1092	0.1239
Time spent in sedentary bouts 20-40 min (minutes/day)	0.051	0.467	0.087	0.2207
Time spent in sedentary bouts 40-60 min (minutes/day)	0.1471	0.0348	0.1123	0.1132
Time spent in sedentary bouts >60 min (minutes/day)	0.126	0.071	0.0847	0.2329
Total sedentary breaks (number/day)	-0.5239	<.0001	-0.4005	<.0001
Total time spent in sedentary bouts (minutes/day)	-0.1064	0.1278	0.1045	0.1408
	Weekday – Working time		Weekday Non-Working time	
	correlation	p-value	correlation	p-value
Age (years)	0.4831	<.0001	0.4831	<.0001
BMI (kg/m²)	0.4209	<.0001	0.4209	<.0001
Sex	-0.5541	<.0001	-0.5541	<.0001
Sleep time (hours)				
Light-intensity physical activity (minutes/day)	0.3413	<.0001	-0.258	0.0011
Moderate to vigorous physical activity (minutes/day)	0.1379	0.0839	-0.0231	0.7733
Sedentary breaks <20 min (number/day)	-0.3016	0.0001	-0.443	<.0001
Sedentary breaks 20-40 min (number/day)	-0.0498	0.5345	0.0141	0.8601
Sedentary breaks 40-60 min (number/day)	0.1278	0.1095	-0.0034	0.966
Sedentary breaks > 60 min (number/day)	0.1694	0.0333	-0.0927	0.2468
Time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day)	-0.2756	0.0005	-0.3563	<.0001
Time spent in sedentary bouts 20-40 min (minutes/day)	-0.0353	0.6596	-0.0043	0.9568
Time spent in sedentary bouts 40-60 min (minutes/day)	0.1173	0.1422	-0.0158	0.8439
Time spent in sedentary bouts >60 min (minutes/day)	0.2074	0.0089	-0.0716	0.3711
Total sedentary breaks (number/day)	-0.3156	<.0001	-0.452	<.0001
Total time spent in sedentary bouts (minutes/day)	-0.0226	0.7783	-0.2265	0.0042

BMI: body mass index

Table 2. Pearson's correlation coefficient and p-value between the variables related to SB that are correlated with the DM2 variable.

Pearson's Correlation (p-value)	Sedentary breaks <20 min (number/day)	Time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day)	Total sedentary breaks (number/day)
Weekday Total time			

Sleep time (hours)	-0.0995 (0.1508)	-0.2016 (0.0033)	-0.1339 (0.0527)
Sedentary breaks <20 min (number/day)		0.7711 (<0.0001)	0.9948 (<0.0001)
Time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day)			0.7815 (<0.0001)
Weekend			
Sleep time (hours)	-0.3182 (<0.0001)	-0.3165 (<0.0001)	-0.3424(<0.0001)
Sedentary breaks <20 min (number/day)		0.7331 (<0.0001)	0.9948 (<0.0001)
Time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day)			0.737 (<0.0001)
Weekday – Non-Working time			
Sleep time (hours)	0.0482 (0.5439)	0.1183 (0.1351)	0.082 (0.3009)
Sedentary breaks <20 min (number/day) weekday-		0.661 (<0.0001)	0.9954 (<0.0001)
Time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day)			0.669 (<0.0001)
Weekday - Working time			
Sleep time (hours) weekend	-0.0221 (0.7806)	0.0786 (0.3217)	-0.0128 (0.8717)
Sedentary breaks <20 min (number/day) weekday-working time		0.8357 (<0.0001)	0.9953 (<0.0001)
Time spent in sedentary bouts <20 min (minutes/day) weekday-working time			0.8495 (<0.0001)

Table 3. Parameters and deviance of the GLM models for different units of time.

Model		Estimate	Std. Error	Pr(> z)
Weekday – Total time	(Intercept)	-17.18	4.41	<0.001 ***
	Age (years)	0.17	0.04	<0.001 ***
	BMI (Kg/m ²)	0.16	0.06	0.004 **
	Sex	-2.22	0.55	<0.001 ***
	SleepWeek (hours)	1.37	0.37	<0.001 ***
	Sedentary breaks < 20min (number/day)	-0.06	0.02	<0.001 ***
Weekend	(Intercept)	-8.49	2.58	<0.001 ***
	Age (years)	0.14	0.03	0.000 ***
	BMI (Kg/m ²)	0.18	0.05	0.000 ***
	Sex	-2.24	0.49	0.000 ***
	Sedentary breaks < 20min (number/day)	-0.03	0.02	0.077
	(Intercept)	-18.41	4.66	<0.001 ***
Weekday - Working time	Age (years)	0.17	0.05	<0.001 ***
	BMI (Kg/m ²)	0.15	0.06	0.013 *
	Sex	-2.39	0.58	<0.001 ***
	SleepWeek (hours)	1.34	0.39	0.001 ***
	Sedentary breaks < 20min (number/day)	-0.04	0.02	0.024 *
	(Intercept)	16.45	4.21	0.013 *

Weekday – Non-Working time Deviance 60.17%	Age (years)	0.14	0.05	<0.003	**
	BMI (Kg/m ²)	0.12	0.05	0.040	*
	SleepWeek (hours)	-1.25	0.33	<0.001	***
	Sedentary breaks < 20min (number/day)	-0.11	0.04	<0.004	**
	Sex	-2.46	0.39	<0.001	***

BMI: body mass index

Table 4. Number of breaks <20 minutes during sedentary behaviour recommended according to the proposed mathematical model (1)

BMI (kg/m ²)	Age (years)	Sleep time (hours)					
		Men			Women		
		7 hours	7.5 hours	8 hours	7 hours	7.5 hours	8 hours
Normal	50	28	39	50	9	2	13
	60	56	67	79	19	30	42
Overweight 25-29.9 kg/m ²	40	17	28	39	-	5	2
	50	45	56	68	8	19	31
	60	73	85	96	36	48	59
Obese 30-39.9 kg/m ²	40	30	41	53	20	4	16
	50	58	70	81	21	33	44
	60	87	98	109	50	61	72

ESTUDI V

Alòs, F., Colomer, M. À., Bort-Roig, J., Martín-Cantera, C., Minaya, A., Saigi, I., Sitjar-Suñer, M., & Puig-Ribera, A. (2023). Impact of a primary care-based mobile health intervention to 'sit less and move more' on glycemic control, HbA1c and cardiovascular risk factors in office employees with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research* (En revisió).

Impact of a primary care-based mobile health intervention to ‘sit less and move more’ on glycemic control, HbA1c and cardiovascular risk factors in office employees with type 2 diabetes: A randomized controlled trial.

Francesc Alòs¹, M^a Àngels Colomer², Judit Bort-Roig³, Carlos Martin-Cantera⁴, Alicia Minaya⁵, Ignasi Saigó⁵, Miquel Sitjar-Suñer^{6,7}, Anna Puig-Ribera³

¹Primary Healthcare Centre Passeig de Sant Joan, Catalan Health Institute, Barcelona, Spain.

²Department of Mathematics, ETSEA, University of Lleida, Lleida, Spain.

³ Sport and Physical Activity Research Group, Centre for Health and Social Care Research, University of Vic-Central University of Catalonia, Vic, Spain.

⁴ Barcelona Research Support Unit, Primary Care Research Institute IDIAP Jordi Gol, Barcelona, Spain

⁵Endocrinology and Nutrition Department, Vic University Hospital, Barcelona, Spain

⁶ Primary health Centre, Institut Català de la Salut, 17800 Olot, Spain; miquel.sitjar@hotmail.es (M.S.-S.)

⁷Nursing Department, University of Girona, 17003 Girona, Spain;

Corresponding author

Francesc Alòs. Primary Healthcare Centre Passeig de Sant Joan, 08010 Barcelona, Spain, fralos.bcn.ics@gencat.cat

Abstract

Background

Type 2 diabetes (DM2) is a highly prevalent, fatal and costly disease. Sedentary behaviour and physical inactivity are two of the main modifiable factors that contribute to its development. The use of mobile health (mHealth) applications in clinical practice implies new strategies in the control and management of DM2. However, the effect of their use on clinical variables, sedentary behaviour, physical inactivity and cardiovascular risk factors is not clear.

Objective

This study evaluated the efficacy of an mhealth programme to “sit less and move more” at work –prescribed from clinical practice– on clinical variables and cardiovascular risk factors in office staff with DM2.

Methods

A randomized controlled trial compared usual care (n=50) with an mhealth programme to sit less and move more. The intervention group (n=49), in addition to standard care, received an automated mobile phone Walk@Work-Application (W@W-App) and web-based intervention for 13 weeks that focused on decreasing and breaking up prolonged occupational sitting time in desk-based office employees. They were recruited in five primary health care centres (April 2019 to January 2020) in the metropolitan area of Barcelona (Spain).

The main variables included glycemic control, HbA1c concentration, total cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) and triglycerides, which were measured by blood tests before the intervention and at 6- and 12-month

follow-ups. The systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), body mass index (BMI), physical activity level and sedentary behaviour (ActivPal device, Workforce Sitting Questionnaire) were measured before and after the intervention and at 6- and 12-month follow-ups. The results obtained from both groups were compared using a t-test for continuous variables and a chi-square test for qualitative variables.

Results

In comparison with the control group, the participants in the intervention group had significant and clinically relevant reduction rates for glycated hemoglobin (HbA1c; $\leq -0.5\%$), glycemia ($p < 0.01$), triglyceride levels ($p < 0.01$), SBP and DBP ($p < 0.01$) at the 12-month follow-up. There were also reductions in sitting time while at work at the 6- ($p < 0.01$) and 12-month follow-ups ($p < 0.05$) and in sitting time outside working hours on workdays doing leisure activities at the 6- and 12-month follow-ups ($p < 0.05$).

Conclusions

An mhealth programme focused on decreasing and breaking up prolonged occupational sitting time in desk-based office employees was effective in the control of clinical variables and cardiovascular risk factors in adults with DM2. These types of programmes can be used as an affordable complementary method to facilitate positive health behaviour changes and prevent and control cardiovascular diseases in adults with DM2 from clinical practice.

Trial Registration: ClinicalTrials.gov NCT04092738.
<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04092738>

Keywords: mHealth, type 2 diabetes, mobile applications, smartphone, sedentary behaviour, physical activity, office employees, primary healthcare, desk-based job, workplace self-management, health behaviour change

1. Background

Type 2 diabetes mellitus (DM2) affected 10.5 % of the world population between 20 and 79 years of age in 2021, and it is forecasted to increase to 12.2% in 2045 (1). In 2021 it was responsible for 11% of annual deaths, and it accounted for a significant burden in healthcare spending, including outpatient and hospital care, pharmaceutical products and emergency care (2,3). Cardiovascular disease is one of the main causes of morbidity and mortality in people with DM2 (4). It is estimated that more than 75% of adults with diabetes over the age of 40 will die of a cardiovascular disease and are more likely than adults without diabetes to die in their first cardiovascular event (5). Therefore, in adults with DM2 it is essential to emphasize glycemic control and the management of cardiovascular risk factors associated with diabetes (4).

Sedentary behaviour (SB) and physical inactivity –promoted by increasingly sedentary jobs (6)– have a high prevalence in adults with DM2 (7, 8) and are two of the main modifiable risk factors for the prevention, development and management of glucose intolerance (IGT or prediabetes) and

DM2 (9). In adults with DM2, the prevalence of SB and physical inactivity is related to a higher rate of cardiovascular morbidity and mortality (9). SB is defined as any waking behaviour while in a sitting, reclining or lying posture characterized by an energy expenditure ≤ 1.5 times the basal metabolic rate or metabolic equivalent of task (MET) (10). The SB pattern is defined as the manner in which SB is accumulated throughout the day while awake, including the total sedentary time, the number of sedentary interruptions/breaks daily (a non-sedentary bout in between two sedentary bouts), the frequency and duration of the sedentary bouts (a period of uninterrupted sedentary time), and the time accumulated in each period (10).

Adults with DM2 have been shown to have a pattern of sedentary behaviour that is different from adults without diabetes (11), characterized by having fewer daily SB interruptions and spending less time sitting for short periods of less than 20 minutes (11). Modifying these characteristic sedentary patterns of adults with DM2 and equating them to the SB patterns of people without diabetes would make it possible to reduce a modifiable risk factor for DM2 (12) that is currently little addressed from clinical practice, which is traditionally focused on increasing moderate and vigorous activity (13).

Mobile health programmes (mHealth; i.e. medical healthcare interventions carried out through smart phones) (14) are an opportunity to address risk factors that are rarely treated in clinical practice, such as SB (12,13). mHealth programmes improve accessibility to health services, improve access to information, provide patients with real-time information, and allow patients to monitor their own data (15). However, the prescription of mHealth programmes from healthcare practice is scarce due to the lack of randomized controlled trials that determine their effectiveness on clinical variables (16, 17). In this regard, the short-, medium- and long-term impact of mHealth programmes to modify the SB pattern of in the clinical population is not clear, with little evidence on the effectiveness mHealth programmes on glycemic control and CV risk factors in adults with DM2.

The Walk@Work Application (W@W-App) is an automated mobile phone and web-based intervention that focuses on decreasing and breaking up prolonged occupational sitting time in desk-based office employees. The W@W-App includes a self-monitoring tool that adds a commercially available sensor (MetaWearC; MbitLab Inc) (18) covered with a waterproof round case and attached via a band to the thigh. The sensor gathers employees' postural and movement information during working hours. The W@W-App communicates with the MetaWearC external sensor via a low-energy Bluetooth System with postural and movement data being directly processed and displayed in real time by the app on the phone. W@W-App has been fully described elsewhere (19).

The objective of this randomized controlled trial is to evaluate the short-, medium- and long-term impact of prescribing the mHealth programme W@W-App from primary care consultations on glycemic control, HbA1c concentration and control of cardiovascular risk factors (HBP, DLP, obesity, sedentary behaviour and physical inactivity) in adults with DM2 with sedentary or office jobs.

2. Methods

2.1. Study design

This study is a parallel, single-blind, randomized controlled trial (RCT) that enrolled 99 eligible adults with DM2 with a 1:1 allocation. 49 and 50 patients were randomly assigned to the intervention (mHealth programme) and control (usual care) groups, respectively. The care provider and outcome evaluator were blinded to the assignment. This RCT study protocol to evaluate the effectiveness of a healthcare-based mobile intervention on sedentary patterns, physical activity and clinical outcomes in office employees with type 2 diabetes has been described elsewhere (19). The study was registered at ClinicalTrials.gov (identification number: NCT04092738) and was approved by the Clinical Research Ethics Committee of the Primary Care Research Institute Jordi Gol with the registration code P18/102. All participants provided written informed consent prior to participation.

Participants and Procedure

The recruitment of participants was carried out in five primary health care centres in the metropolitan area of Barcelona (Spain) between March 2019 and January 2020. A total of 161 adults at working age (between 18 and 65 years old) that had a diagnosis of DM2 in accordance with international criteria were invited (20). Participants were recruited randomly, initially by phone and, if they accepted, later through a face-to-face assessment in the consulting room. Participating patients were eligible if they had a smartphone, were office workers with a minimum of 55% of their daily working hours performing sedentary tasks according to the Occupational Sitting and Physical Activity Questionnaire (OSPAQ) (21), and had a work contract of at least 18.5 hours/week.

Exclusion criteria included having a diagnosis of musculoskeletal, cardiovascular, pulmonary, or orthopedic problems or any other physical condition that prevented them from being physically active, participating simultaneously in another study or programme targeting sedentary behavior, physical activity, nutrition or weight control, being pregnant or having a history of psychiatric problems or substance abuse that could interfere with adherence to the study protocol.

A sequential recruitment of the participating primary health care centres was carried out. In March 2019, two primary health care centres participated simultaneously, inviting a total of 75 patients.

47 agreed to participate and 28 were excluded (20 failed to meet the inclusion criteria and 8 declined to participate (5 due to lack of time for self-care and 3 due to lack of interest/motivation). In December 2019, three new primary health care centres participated, inviting a total of 86 patients. 52 agreed to participate and 34 were excluded (29 failed to meet the inclusion criteria and 5 declined to participate – 4 due to lack of time for self-care and 1 due to lack of interest/motivation). A detailed description of the study procedure has been published elsewhere (19). Due to the fact that a state of alarm was declared in Spain in March 2020, the sequential recruitment of primary health care centres and participants was interrupted.

Measures

The sociodemographic characteristics of the participants (age, gender and social class) were obtained from participants' clinical history and a baseline questionnaire completed during practice consultation (see study protocol, 19).

The clinical variables of the study were the percentage (mean, standard deviation (SD)) of glycosylated hemoglobin (HbA1c), glucose level (mg/dl; mean, SD), the level of total cholesterol (mg/dl; mean, SD), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) (mg/dl; mean, SD), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) (mg/dl; mean, SD) and triglycerides (mg/dl; mean, SD). The variables were measured from fasting blood samples at baseline and at the 6- and 12-month follow-ups. Measurements were taken as part of the blood samples that were routinely taken in primary health care centres from adults with DM2.

Blood pressure and body mass index (BMI) were measured at the preliminary level at 3-, 6- and 12-month follow-ups during practice consultations (see study protocol, 28). Blood pressure was measured using a validated OMRON M3 sphygmomanometer following the recommendations of the European Society of Hypertension (22). Three measurements were taken in the consultations in sitting position with digital recordings, each at least 5 minutes apart, with the mean of the last two readings used for analyses. Participants' weight (kg) and height (m²) variables were measured with an approved Seca 770 scale and a height measuring rod Seca 222. The BMI (mean, SD) was calculated by dividing the body weight by the square of the height in metres (kg/m²). The BMI variable was classified into three groups: normal (18.5 to 24.9 kg/m²), overweight (≥ 25 kg/m² and < 30) and (obesity ≥ 30 kg/m²), in accordance with current guidelines from the World Health Organization (WHO) (23).

Measurements for objective habitual occupational sedentary behavior and physical activity were taken at the beginning and at a 6-month follow-up using the activPAL3™ device during practice

consultations. The activPAL3™ measured and quantified the sedentary behavior patterns and physical activity of employees across weekdays. Data was processed using activPAL Professional Software™ (version 7.2.32), Microsoft Excel 2010 (Redmond, WA, USA), and MATLAB v8.4 (MathWorks®, Natick, MA, USA), following previously published protocols (24). Resulting from the activPAL3™ software output, the following outcomes were determined: standing time (minutes/day), total sedentary breaks (number/day), number of sedentary breaks with four different lengths (<20 min, 20-40 min, 40-60 min and >60 min), time spent in sedentary bouts and time spent on four different lengths of sedentary bouts (< 20 min, 20–40 min, 40-60 min and >60 min). Additionally, total time spent in light-intensity physical activity and moderate-to-vigorous physical activity was determined using previously validated count-to-activity thresholds (25).

Subjective measurements of domains for sedentary behavior were taken at the beginning and at 3-, 6- and 12-month follow-ups during practice consultations (see study protocol, 19) using a seven-day total and domain-specific sitting time questionnaire (Workforce Sitting Questionnaire, WSQ) (26). Participants completed the WSQ, which asked about sitting time (minutes/day; mean, SD) during workdays and non-workdays on the previous 7 days (1) while travelling to and from places; (2) while at work; (3) while watching TV; (4) while using a computer, tablet or smartphone at home; and (5) while doing other leisure activities. Subjective measurements for physical activity were taken at baseline during practice consultations using the Spanish version of a Brief Physical Activity Assessment Tool (SBPAAT), which identified participants who were insufficiently active versus those who followed the health recommendations for physical activity (27).

Sample Size

An initial sample size of 220 participants was estimated, 110 in the intervention group and 110 in the control group, considering a 20% loss to follow-up, and 95% statistical power. The study began in April 2019, and at the end of the same year SARS-V2 appeared in Wuhan (China), which spread worldwide and completely changed people's lives and habits and, of course, the ongoing clinical studies. As a consequence, the losses were 45% higher than were initially estimated.

With a final sample size of 99 participants, and using the free software G*Power (28) for a two-sided mean comparison test, no significant differences between the two groups were found. With a significance level of 5% and a mean effect size of 0.5 ($d = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma}$), the power of the test was determined to be 0.69. When the effect of the intervention was verified with the one-sided test, the power was 0.80. Multimedia Appendix 1 shows the power of the mean comparison test for

independent samples, with the two-sided and one-sided test. Generally, a power value of **0.80 is acceptable** and can be used as a reference point (29).

The mHealth intervention: Walk@Work-App

The mHealth intervention W@W-App has been described elsewhere (19). Briefly, participants registered, configured and installed the complete W@W-App in their own mobile phones during practice consultations for 13 weeks, the period during which participants wore a band with the attached external sensor on their thigh (see study protocol, 19). The band was worn only during working hours, including the time taken to go to and back from work. During Week 0, the W@W-App provided self-monitoring features to get baseline measurements for occupational stepping, sitting and standing time and set up a programme baseline with individual targets for each employee. During Weeks 1–12, the app kept self-monitoring and displayed employees' occupational activity in real-time at the bottom of the screen. Daily and weekly motivational messages in the mobile screen reported the progress made on the achievement of individual targets. In the W@W-App website, graphs showed continuous feedback from week 0 to week 12 in relation to the goals that should have been achieved throughout the programme.

During weeks 1–12, participants had access to automated strategies to sit less and move more at work during an 8-week ramping phase and a 4-week maintenance phase. During the ramping phase, every two weeks employees were challenged to progressively increase their movement by replacing occupational sitting time with 10 minutes (Weeks 1–2), 20 minutes (Weeks 3–4), 30 minutes (Weeks 5–6) or 37 minutes (Weeks 7–8) of moving or stepping above the average baseline (Week 0). During the maintenance phase (weeks 9–12), participants were challenged to keep reducing daily sitting time and increase movement or walking time by 40–60 minutes a day. Strategies have been described in detail elsewhere (19). Throughout the programme, the W@W-App provided a range of effective behaviour change techniques to reduce and break up sitting time and increase physical activity at work (30).

Statistical Analysis

No statistically significant differences between the control and intervention groups were found at baseline. Once the null hypothesis was accepted, it was accepted that both groups had similar characteristics at baseline, and therefore the differences observed at 3, 6 and 12 months were due to the intervention.

To study whether the variables improved with the intervention, the difference between the values of the variables to be studied at time t (3, 6 or 12 months) and the initial time ($t=0$) were calculated.

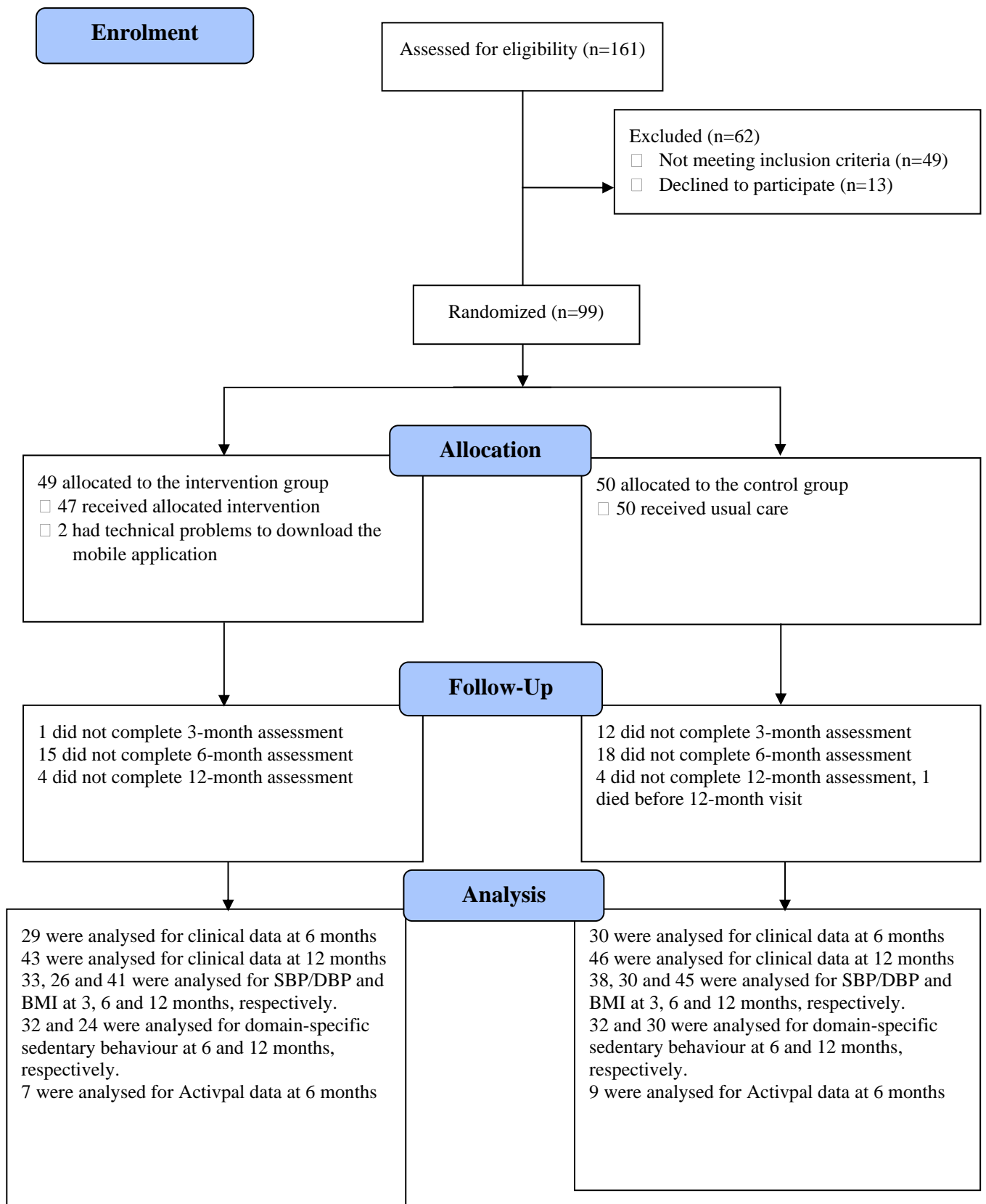
For the quantitative variables (age, clinical variables, weight, objective and subjective habitual and occupational sedentary behaviour and objective habitual physical activity) a two-sided mean comparison test was performed, and for the qualitative variables (gender, social class and subjective habitual physical activity) a chi square test was performed to study the independence between the variable and the group to which the patient belonged.

Results

Subject Participation

In the intervention group (n=49), two participants (4%) had technical problems downloading the mobile application on their smartphones and 47 (96%) participants completed the trial. In the control group (n=50), 14 participants (28%) were lost to the follow-up, including one who died, and 35 (70%, 35/50) participants completed the follow-up. Thus, a total of 75 participants completed the RCT and follow-up measures (**Figure 1**). The losses during the follow-ups (between June 2019 and May 2020) were due to the state of alarm that was declared in Spain in March 2020, which forced citizens to stay at home and non-essential workers not to go to their physical jobs.

Figure 1. Flow Diagram. Schematic representation of the randomized controlled trial.



Baseline Characteristics of the Study Participants

Table 1 shows the baseline sociodemographic characteristics of the study participants as well as the clinical variables and cardiovascular risk factors. No statistically significant differences were observed between the intervention and control groups at the preliminary level in demographic characteristics and clinical variables. The mean age of the participants was 56.18 (SD 6.07) years, 69 (69.70%) were men and more than half of the participants (52.6 %) had a university degree or diploma. 66.7% of the participants had normal SBP values (<140 mmHg), 76.8% had normal DBP values (<90 mmHg), 11% had normal BMI values (18.5 – 25 Kg/m²) and 28.4% performed enough physical activity to meet the WHO recommendations.

Table 1. Baseline sociodemographic characteristics and clinical outcomes of the study participants (n=99). Homogeneity of the groups at baseline.

Characteristics	Control (n=50)	Intervention (n=49)	p-value
Demographics			
Age (years), mean (SD)	56,12 (5.95)	56,24 (6.25)	0.9191
Males, n (%)	38 (38.40%)	31 (31.30%)	0.1681
Female, n (%)	12 (12.10%)	18 (18.20%)	
Social class, n (%)			
I. Graduates or higher, company directors, n (%)	12 (12.10%)	17 (17.20%)	0.07301
II. Holding a university diploma, small entrepreneurs n (%)	16 (16.20%)	7 (7.10%)	
IIINM. Non-manual skilled, n (%)	2 (2.00%)	2 (2.00%)	
IIIM. Manual skilled, n (%)	7 (7.10%)	17 (17.20%)	
IV. Partially qualified, n (%)	6 (6.10%)	3 (3.00%)	
V. Not qualified, n (%)	6 (6.10%)	3 (3.00%)	
Doesn't know, n (%)	1 (1.00%)	0 (0.00%)	
Clinical data			
BMI (k/m ²)	30.69 (5.56) n=50	31.4 (6.2) n=48	0.5549
Glycemia (mg/dl), mean (SD)	145.91 (68.63)	155.09 (53.88)	0.4607
Hemoglobin A1c (%), mean (SD)	7,28 (1,78)	7,42 (1,22)	0.6387
Total cholesterol (mg/dL), mean (SD)	179.67 (45.74)	190.18 (39.96)	0.2263
High-density lipoprotein cholesterol (mg/dL), mean (SD)	43.94 (14.00)	47.93 (14.92)	0.1726
Low-density lipoprotein cholesterol (mg/dL), mean (SD)	98.47 (40.69)	108.61 (37.07)	0.1978
Triglycerides (mg/dL), mean (SD)	163.33 (84.82)	168.87 (134.03)	0.8068
Systolic blood pressure (mmHg), mean (SD)	81.50 (11.23)	82.39 (8.82)	0.6625
Diastolic blood pressure (mmHg), mean (SD)	133.58 (15.05)	134.98 (15.51)	0.6497

SD, standard deviation

The initial pattern of SB and physical activity of the adults with DM2 participating in the study has been described elsewhere (11). Table 2 describes this pattern according to the intervention

and control groups. No statistically significant differences were observed between the two groups in SB and physical activity.

Table 2. Baseline objective habitual sedentary behavior and physical activity for study participants

Characteristics	Control (n=35)	Intervention (n=40)	p-value
Total sedentary breaks (number/day), mean (SD)	49.97 (16.95)	44.81 (12.99)	0.1478
Sedentary breaks < 20 min (number/day), mean (SD)	42.88 (16.72)	38.07 (12.84)	0.1722
Sedentary breaks of 20–40 min (number/day), mean (SD)	4.59 (1.61)	4.76 (1.72)	0.6550
Sedentary breaks of 40–60 min (number/day), mean (SD)	1.68 (0.65)	1.71 (0.78)	0.8603
Sedentary breaks > 60 min (number/day), mean (SD)	1.65 (1.07)	1.87 (1.18)	0.3911
Total sedentary bout time (minutes/day), mean (SD)	568.04 (133.38)	564.36 (127.90)	0.9038
Time spent in sedentary bouts < 20 min (minutes/day), mean (SD)	198.69 (67.29)	177.61 (60.93)	0.1618
Time spent in sedentary bouts 20–40 min (minutes/day), mean (SD)	127.92 (44.34)	132.62 (47.57)	0.6591
Time spent in sedentary bouts 40–60 min (minutes/day), mean (SD)	81.08 (31.61)	83.01 (37.70)	0.8100
Time spent in sedentary bouts > 60 min (minutes/day), mean (SD)	160.35 (108.58)	171.12 (109.66)	0.6710
Standing time (minutes/day), mean (SD)	4.18 (1.57)	4.56 (1.73)	0.3281
Light-intensity physical activity (minutes/day)	79.8 (33)	70.2 (30.6)	0.1938
Moderate-to-vigorous physical activity (minutes/day)	38.4 (25.2)	42 (24)	0.5107

SD, standard deviation

Table 3 shows time spent on various sedentary activities during the week and at the weekend of the adults with DM2 that participated in the study. Most of the daily sedentary time was spent divided between work (326.275 minutes/day on average) and the use of computers, tablets or smartphones both on weekdays (350.95 minutes/day on average) and at weekends (237.16 minutes/day on average). No statistically significant baseline differences were observed between the groups.

Table 3. Baseline subjective sedentary behaviour domains for study participants

Characteristics	Control (n=42)	Intervention (n=46)	p-value
Sitting time while travelling to and from places on workdays (minutes/day), mean (SD)	105.60 (127.23)	90.61 (136.59)	0.5955
Sitting time while travelling to and from places on non-workdays (minutes/day), mean (SD)	95.71 (158.02)	67.07 (100.62)	0.3191
Sitting time while at work (minutes/day), mean (SD)	336.79 (133.27)	315.76 (162.21)	0.5069
Sitting time while watching TV on workdays (minutes/day), mean (SD)	140.12 (102.48)	128.15 (56.37)	0.5054
Sitting time while watching TV on non-workdays (minutes/day), mean (SD)	210.00 (130.51)	216.52 (102.94)	0.7966
Sitting time while using a computer, tablet or smartphone at home on workdays (minutes/day), mean (SD)	333.71 (151.04)	368.15 (110.03)	0.2291

Sitting time while using a computer, tablet or smartphone at home on non-workdays (minutes/day), mean (SD)	277.19 (167.66)	197.13 (128.59)	0.0147
Sitting time while doing other leisure activities on workdays (minutes/day), mean (SD)	93.21 (71.02)	82.39 (49.58)	0.4140
Sitting time while doing other leisure activities on non-workdays (minutes/day), mean (SD)	123.93 (101.31)	130.76 (76.20)	0.7237

SD, standard deviation

Study Outcomes

In comparison with the control group, participants in the intervention group had significant and clinically relevant reduction rates for glycated hemoglobin (HbA1c; $\leq -0.5\%$), blood glucose ($p < 0.01$), in triglyceride levels ($p < 0.01$), SBP and DBP ($p < 0.01$) at the 12-month follow-up (see Table 4). The maximum difference between the groups and improvement in these clinical variables and cardiovascular risk factors were obtained at the 6-month follow-up, when a reduction of 15.56mg/dl in blood glucose, 5.45mg/dl total cholesterol, 32.11mg/dl in triglycerides and 6.12mm Hg in DPB was observed. For the variables of HbA1c and SBP, the maximum difference between the groups and improvement was obtained at the 12-month follow-up (0.50% in the concentration of HbA1c; 6.44 mm Hg in SBP values).

The BMI results improved in the intervention group compared to the control group (see Table 4). On average the control group results worsen while the intervention group results improve. There was an improvement and reduction of BMI in the IG which is already evident after 3 months and which was maintained but was not significant (see Table 4)

Table 4. Comparison of outcome measures between the two groups of the clinical variables and anthropometric parameters at baseline, 6 months and 12 months

Parameters	Control (n=50)	Intervention (n=49)	P value
Blood glucose (mg/dl) level (mg/dL), mean (SD)			
t = 0	145.91 (68.63)	155.09 (53.88)	0.4607
t = 6	144.60 (55.55)	137.41 (51.73)	0.3045
t = 12	168.91 (60.54)	138.72 (41.42)	0.0040
Mean difference (t = 0 and t = 6)	-1.35 (50.79)	15.46 (50.41)	0.1036
Mean difference (t = 0 and t = 12)	-24.28 (64.03)	10.87 (46.57)	0.0022
Hemoglobin A1c (%), mean (SD)			
t = 0	7.28 (1.78)	7.42 (1.22)	0.6387
t = 6	7.47 (1.64)	7.04 (1.17)	0.1276
t = 12	7.91 (1.68)	6.83 (0.98)	< 0.001
Difference (t = 0 and t = 6)	-0.11 (1.17)	0.41 (1.03)	0.0383
Difference (t = 0 and t = 12)	-0.51 (1.56)	0.50 (0.99)	< 0.001
Total Cholesterol (mg/dl), mean (SD)			
t = 0	179.67 (45.74)	190.18 (39.96)	0.2263
t = 6	188.75 42.27	194.60 36.68	0.7141
t = 12	195.25 35.96	186.05 36.92	0.1242
Difference (t = 0 and t = 6)	-3.27 33.68	5.45 25.89	0.1344
Difference (t = 0 and t = 12)	-9.17 27.82	2.14 21.80	0.0198
HDL Cholesterol (mg/dl), mean (SD)			

<i>t</i> = 0	43.94 (13.99)	47.93 (14.92)	0.1726
<i>t</i> = 6	44.78 (16.81)	50.26 (13.34)	0.1855
<i>t</i> = 12	48.07 (11.94)	49.45 (12.44)	0.6108
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	1.26 (12.96)	-1.07 (5.17)	0.3828
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-2.52 (9.21)	-0.63 (6.95)	0.2934
LDL Cholesterol (mg/dl), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	98.47 (40.69)	108.61 (37.07)	0.1978
<i>t</i> = 6	102.54 (45.5)	112.46 (39.65)	0.401
<i>t</i> = 12	113.40 (30.11)	108.37 (30.16)	0.4577
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	3.09 (38.37)	8.27 (31.10)	0.5963
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-13.09 (38.57)	1.46 (20.17)	0.0360
Triglycerides (mg/dl), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	163.33 (84.82)	168.87 (134.03)	0.8068
<i>t</i> = 6	160.76 (89.03)	157.09 (111.87)	0.4459
<i>t</i> = 12	222.02 (169.50)	145.59 (53.25)	0.0032
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	4.24 (79.25)	32.11 (74.84)	0.0889
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-56.13 (124.03)	25.77 (114.72)	0.0011
Systolic blood pressure (SBP) (mm Hg), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	133.58 (15.05)	134.98 (15.51)	0.6497
<i>t</i> = 3	135.57 (14.92)	130.61 (11.96)	0.0639
<i>t</i> = 6	136.00 (10.96)	129.27 (15.13)	0.0333
<i>t</i> = 12	137.80 (14.23)	127.95 (9.66)	< 0.001
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 3)	-2.11 (15.86)	0.82 (8.24)	0.1648
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	-3.40 (12.04)	6.00 (12.23)	0.0028
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-4.60 (14.15)	6.44 (10.39)	< 0.001
Diastolic blood pressure (DBP) (mm Hg), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	81.5 (11.23)	82.39 (10.1)	0.6625
<i>t</i> = 3	83.41 (10.07)	78.36 (10.98)	0.0252
<i>t</i> = 6	79.97 (10.54)	76.50 (11.21)	0.1204
<i>t</i> = 12	82.30 (10.10)	76.12 (7.68)	0.0010
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 3)	-1.27 (10.08)	3.21 (7.54)	0.0189
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	0.77 (7.75)	6.12 (8.95)	0.0108
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-0.18 (10.07)	5.80 (7.84)	0.0015
Body Mass Index (BMI) (Kg/m²), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	30.69 (5.56)	31.4 (6.2)	0.5549
<i>t</i> = 3	31.22 (5.72)	28.87 (7.56)	0.0777
<i>t</i> = 6	31.16 (4.69)	30.61 (5.60)	0.3483
<i>t</i> = 12	31.24 (5.89)	31.00 (6.60)	0.4338
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 3)	-0.09 (0.97)	1.46 (5.97)	0.0779
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	-0.36 (0.85)	0.57 (1.63)	0.0067
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-0.22 (1.02)	0.48 (1.51)	0.0092

SD, standard deviation; T0: baseline, T6: at the 6-month follow-up; T12: at the 12-month follow-up, T6T0: difference between the baseline and the 6-month follow-up; T12T0: difference between the baseline and the 12-month follow-up

In comparison with the control group, the objective measures for SB and physical activity identified an improvement in the results in terms of a greater number of daily breaks in the sitting time. Given the state of alarm decreed in March 2020, 17 measurements were obtained (9 patients from the control group and 7 from the intervention group) in the 6-month follow-up, so the results are an approximation that should be confirmed with a new experimental phase. There was a greater number of SB breaks in the intervention group, on average there was an increase of 7.7 breaks/day, while in the control group the increase was 1.69 breaks/day. These differences are due to an increase in interruptions in times of less than 20 minutes.

Table 5. Comparison of outcome between the two groups at 6 months of the objective measures for sedentary behaviour and physical activity

Parameters	Control (n=9)	Intervention (n=7)	P value
Total sedentary breaks (number/day), mean (SD)	-1.69 (6.33)	-7.70 (9.32)	0.0868
Sedentary breaks < 20 min (number/day), mean (SD)	-1.57 (4.88)	-5.13 (9.03)	0.1867
Sedentary breaks of 20–40 min (number/day), mean (SD)	0.03 (1.69)	0.16 (2.16)	0.5541
Sedentary breaks of 40–60 min (number/day), mean (SD)	0.24 (0.92)	-0.42 (0.72)	0.0676
Sedentary breaks > 60 min (number/day), mean (SD)	0.04 (0.75)	-0.34 (0.78)	0.1748
Total bout time, mean (SD)	7.84 (60.75)	-65.78 (106.24)	0.0681
Time spent in sedentary bouts < 20 min (minutes/day), mean (SD)	-1.16 (25.43)	-33.45 (34.72)	0.0328
Time spent in sedentary bouts 20–40 min (minutes/day), mean (SD)	-0.18 (50.79)	7.47 (57.26)	0.6073
Time spent in sedentary bouts 40–60 min (minutes/day), mean (SD)	13.63 (44.37)	-20.08 (35.81)	0.0583
Time spent in sedentary bouts > 60 min (minutes/day), mean (SD)	-4.45 (85.44)	-19.71 (57.67)	0.3387
Standing time (minutes/day), mean (SD)	-0.23 (0.45)	-1.14 (4.46)	0.3046
Light-intensity physical activity (minutes/day)	-0.07 (0.10)	-0.20 (0.54)	0.2799
Moderate-to-vigorous physical activity (minutes/day)	-0.12 (0.28)	-0.13 (0.45)	0.4692

SD, standard deviation

Compared to the control group and with regards to the sedentary time spent in different domains, significant differences were observed in the reduction of sitting time while at work of 45.63 minutes/day and 26.25 minutes/day at the 6- ($p<0.01$) and 12-month follow-ups ($p<0.05$), respectively. A significant reduction was also identified in sedentary time using a computer, tablet or smartphone at home on non-workdays ($p<0.05$) and while doing other sedentary leisure activities on workdays of 10 minutes/day and 22 minutes/day at the 6- ($p<0.05$) and 12-month follow-ups ($p<0.05$), respectively (see Table 6).

Table 6. Comparison of outcome measures between the two groups of subjective sedentary behaviour domains at the start, and after 6 and 12 months.

Characteristics	Control (n= 42)	Intervention (n=46)	<i>P</i> value
Sitting time while travelling to and from places on workdays (minutes/day), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	105.60 (127.23)	90.61 (136.59)	0.5955
<i>t</i> = 6	110.16 (112.30)	94.38 (155.10)	0.3214
<i>t</i> = 12	111.33 (112.33)	79.17 (106.27)	0.1432
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	10.45 (73.81)	-6.19 (21.17)	0.1107
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	15.33 (67.77)	-8.25 (31.21)	0.0488*
Sitting time while travelling to and from places on non-workdays (minutes/day), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	95.71 (158.02)	67.07 (100.62)	0.3191
<i>t</i> = 6	84.53 (120.20)	66.56 (120.06)	0.2759
<i>t</i> = 12	94.17 (123.33)	71.46 (99.41)	0.2286
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	2.73 (43.48)	-6.09 (112.91)	0.3409
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	13.00 (49.16)	19.58 (102.38)	0.3871
Sitting time while at work (minutes/day), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	336.79 (133.27)	315.76 (162.21)	0.5069
<i>t</i> = 6	356.67 (133.92)	272.81 (140.58)	0.0083*
<i>t</i> = 12	347.00 (133.39)	274.58 (127.31)	0.0237*
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	-1.52 (34.38)	-45.63 (49.90)	0.0001*
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-11.00 (95.68)	-26.25 (51.90)	0.2296
Sitting time while watching TV on workdays (minutes/day), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	140.12 (102.48)	128.15 (56.37)	0.5054
<i>t</i> = 6	114.06 (56.73)	113.59 (55.19)	0.4867
<i>t</i> = 12	123.17 (70.47)	94.38 (33.53)	0.0273*
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	-18.64 (77.67)	-17.19 (51.71)	0.4648
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-10.00 (79.21)	-31.25 (51.38)	0.1199
Sitting time while watching TV on non-workdays (minutes/day), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	210.00 (130.51)	216.52 (102.94)	0.7966
<i>t</i> = 6	179.06 (94.71)	182.81 (97.69)	0.4383
<i>t</i> = 12	174.00 (95.65)	178.75 (95.48)	0.4284
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	-7.27 (73.50)	-17.81 (54.87)	0.2570
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	0.00 (36.10)	-11.25 (66.68)	0.2311
Sitting time while using a computer, tablet or smartphone at home on workdays (minutes/day), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	333.71 (151.04)	368.15 (110.03)	0.2291

<i>t</i> = 6	338.31 (107.34)	309.38 (114.41)	0.1504
<i>t</i> = 12	343.67 (131.27)	310.00 (114.89)	0.1601
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	-28.48 (120.00)	-60.94 (65.43)	0.0902
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-3.53 (134.09)	-41.88 (70.07)	0.0915
Sitting time while using a computer, tablet or smartphone at home on non-workdays (minutes/day), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	277.19 (167.66)	197.13 (128.59)	0.0147*
<i>t</i> = 6	264.69 (145.29)	170.41 (108.32)	0.0023*
<i>t</i> = 12	276.00 (142.12)	166.25 (110.49)	0.0012*
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	-11.52 (72.38)	-31.41 (45.84)	0.0949
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	9.00 (40.29)	-27.83 (64.27)	0.0097*
Sitting time while doing other leisure activities on workdays (minutes/day), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	93.21 (71.02)	82.39 (49.58)	0.4140
<i>t</i> = 6	102.19 (74.99)	69.06 (50.12)	0.0213*
<i>t</i> = 12	100.00 (76.92)	63.75 (39.87)	0.0153*
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	11.82 (36.70)	-10.00 (50.99)	0.0266*
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	6.00 (42.72)	-22.08 (45.59)	0.0126*
Sitting time while doing other leisure activities on non-workdays (minutes/day), mean (SD)			
<i>t</i> = 0	123.93 (101.31)	130.76 (76.20)	0.7237
<i>t</i> = 6	126.56 (89.43)	100.31 (67.13)	0.0947
<i>t</i> = 12	125.00 (74.78)	101.25 (58.56)	0.0982
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 6)	-1.36 (37.94)	-18.75 (50.97)	0.0626
Difference (<i>t</i> = 0 and <i>t</i> = 12)	-4.50 (58.31)	-18.75 (49.90)	0.1690

SD, standard deviation; * There are statistically significant differences; T0: baseline T6: at the 6-month follow-up; T12: at the 12-month follow-up, T6T0: difference between the baseline and the 6-month follow-up; T12T0: difference between the baseline and the 12-month follow-up

Discussion

Principal Findings

The objective of this randomized controlled trial was to evaluate the short-, medium- and long-term impact of prescribing the mhealth W@W-App programme from primary care consultations on glycaemic control and cardiovascular risk factors (HT, DLP, obesity, sedentary behaviour and physical inactivity) in adults with DM2 with sedentary or office jobs.

This study reported four main findings. First, the mHealth programme to “sit less and move more” at work in patients with DM2 produced a clinically significant improvement in glycaemic control, with a reduction at 12 months of 0.5 units in the percentage of HbA1c and of triglyceride levels.

The differences in triglyceride levels between the groups were greater at 6 months but remained significant at 12 months. Second, the intervention produced an improvement in other main cardiovascular risk factors (SBP and DBP). The differences in SBP and DBP units between the groups were also greater at 6 months but remained significant at 12 months. Third, the patients in the intervention group presented a greater number of SB breaks compared to the control group due to an increase in breaks in periods of less than 20 minutes. Fourth, the adults with DM2 in the intervention group showed a significant improvement in the reduction of sitting time while at work at both the 6- and 12-month follow-ups. The reduction of sitting time was produced in other domains of daily life on non-workdays and workdays, using a computer, tablet or smartphone at home on non-workdays or doing other leisure activities on workdays.

Comparison with the literature

This study supports the results of studies of interventions based on mobile technology to promote physical activity in adults with DM2 that are effective (31). There are few studies that measure the impact of mhealth interventions on promoting physical activity and reducing SB and HbA1c levels compared to usual care in patients with DM2.

In general, technological solutions for diabetes self-management use a feedback loop that uses patient-generated health data (PGHD) to adapt education and individualize feedback regarding HbA1C improvement (32, 33). Despite this, the majority of mobile applications for the management of DM2 focus solely on the measurement and control of blood glucose or in combination with diet, blood pressure control and weight or physical activity in a way that is not very detailed (33, 34). Few include changing the SB pattern as the main intervention strategy in the self-management of the disease. Despite the few studies of mobile applications where the main focus of the intervention is the pattern of physical activity and SB, mobile applications that include the promotion of physical activity, with automatic data transfer that promote motivation and increase physical activity have been shown to play an important role in DM2 self-management (35).

The effect of technology-based interventions in patients with DM2 on long-term clinical parameters is described in other studies, where the effects were not maintained at 12 months (34, 36). One factor that could explain the decrease in the effect after 6 months was the situation caused by the COVID-19 pandemic, which required a rapid reconfiguration of general practice to minimize face-to-face contact with patients to reduce infection risk (37). Another factor that could explain the sustainability of the effect of the intervention at 12 months could be the 3-month duration of the intervention. Previous studies (38, 39) have reported the greater effect of longer interventions compared to shorter ones (40). In addition, the patients synchronized the mobile

application with a wearable device, which seem more effective (38, 29) than interventions without such a device.

Several recent studies of mHealth programmes for DM2 have highlighted the importance of help and clinical support from professionals to increase motivation, intervention adherence and potential clinical benefits (41, 42). A systematic review of the effectiveness of interventions that use applications to improve diet, physical activity and SB found evidence that interventions that combine personal advice were more successful than a mobile application alone (43). In this study, the primary care professional (doctor or nurse) invited and supported the patient during follow-up, but as of March 2020 contact was probably reduced due to the COVID-19 pandemic situation. Studies suggest that it is important to assess not only the characteristics, duration and functioning of the mHealth programme but also contextual factors such as the support of a healthcare professional and intervention in the workplace, which could influence the significant impact on clinical results.

Another aspect related to the potential benefit of the mhealth programme is that the scope of the intervention was focused on working hours, where a significant part of sedentary time accumulates, potentially having greater beneficial effects in the control of DM2 and CVR factors. Interventions in the workplace can be an effective health promotion strategy, which has also been endorsed by the World Health Organization. In adults with DM2, the interruption of sedentary time with short, regular and frequent episodes of light-intensity physical activity such as walking or simple resistance activities attenuates the level of postprandial glucose, insulin, C-peptide and triglycerides (44), and reduces waist circumference, body mass index (BMI) (45) and blood pressure (46). In our results there was a greater number of SB breaks in the intervention group, increasing 7.7 interruptions/day, mainly due to the increase in interruptions in periods of time less than 20 minutes, modifying the characteristic pattern in adults with DM2 compared to adults without DM2 (11), which can justify the results in the clinical improvements.

Strengths and Limitations

This study has several strengths. First, we found that the effectiveness of mHealth programme interventions on sedentary time, physical activity and clinical outcomes in adults with chronic disease has been evaluated in very few studies. Our study is one of the few that evaluates the impact of the intervention to sit less and move more at work in adults with DM2 from clinical practice compared to usual care.

Second, one of the main strengths was that the control group was not active and received usual care. This fact can explain that part of the detected clinical improvement is due to the intervention.

However, it may be that the patients of the intervention group had more visits with health professionals, as a result of the intervention itself, compared to the control group. It was not possible to blind the professionals to the mHealth programme intervention, given that the patients consulted with the health professionals on aspects related to the programme.

Third, the mhealth programme included behaviour change techniques, goals, planning, feedback and monitoring, social support and reward. Portable technology was used that synchronized with the mobile application in real time. Through the use of tracking devices and continuous feedback, participants became aware of physical activity and behavioural patterns and were able to visualize and measure their achievements, increasing motivation to continue with changes to reach their goals.

Finally, other factors that might have influenced the results were taken into account, such as changes in diet and medication during the intervention and follow-up period. No differences in medication (insulinization and number of oral antibiotics) were observed in the groups during the intervention and follow-up period. With regards to changes in diet, there were statistically significant differences between the two groups at the 3-, 6- and 12-month follow-ups (p-value < 0.001, p-value= 0.032 y p-value <0.001, respectively). The proportion of patients that made changes in their diet in the intervention group was higher than in the control group: 17 patients of the control group and 5 of the intervention group did not change their diet (Multimedia Appendix 2), and 8 patients of the control group alternated periods of diet changes with periods without changes, compared to 14 intervention group. These changes in diet could have affected the improvements in clinical variables and cardiovascular risk factors. However, the observation of a greater change in diet in the intervention group could mean that the mHealth programme also had a positive impact on other healthy lifestyles. Future research should study the impact of these programmes on other modifiable risk factors.

The main limitation was that the recruitment of patients had to be suspended completely due to the COVID-19 pandemic, owing to legal restrictions related to the pandemic or logistical, personnel or operational problems. This led to a reduction in the total sample of patients. Researchers usually design their experiments in such a way that their results are significant 80% of the times (47). The power in our case is lower than initially desirable, so we need to be cautious in the interpretation of the results. Despite this, the data generated are sufficient to indicate that the evaluated mhealth programme had an impact on the clinical variables and cardiovascular risk factors.

Conclusions and implications

Mobile app interventions to “sit less and move more” at work may be effective in decreasing sedentary time, improve glycemic control and the main cardiovascular risk factors in patients with DM2 that are monitored in primary health care consultations. This is one of the first studies that evaluates the impact of the use of applications to "sit less and move more" in patients with diabetes on glucose control measured by hemoglobin A1c (HbA1c) levels and clinical parameters. Future research should increase the sample size for RCTs measuring ActivPal-based SB and PA levels.

The mHealth programmes to sit less and move more could be used as an additional strategy to address SB that is not often dealt with in clinical practice in primary health care in patients with DM2 (11). DM2 generates enormous social and health costs and reducing HbA1C levels could lead to economic savings. Financing mHealth programmes that can complement the usual care of adults with DM2 could be a measure to alleviate the high pressure on healthcare and the limited resources of the healthcare system.

Future research is needed on the optimal number and combination of application characteristics and behaviour change techniques to maximize intervention effectiveness (43), and also to know the factors that increase the use of the application, the continuous participation of the healthcare professionals and the reminders (48) and maintain the effects on the clinical results of the intervention in the medium-long term. Given that lifestyle changes take time and require reinforcement, a longer intervention period with continuous support (i.e. health advice) may be needed for sustained behavioural changes that lead to better control of diabetes.

Authors’ contributions: FA, MAC, JBR, CPE, CZY, CMC and APR were responsible for the conception and design of the study. MAC was responsible for the sample size calculation and conceived the statistical methods. FA, APR, JBR, CZY, and CPR participated in the development of the study. All authors have performed a critical revision of this manuscript and the final version.

Funding: The study was funded by Fondo de Investigación Sanitaria, Instituto de Salud Carlos III (PI17/01788), the Spanish Ministry of Science and Innovation (DEP2021-37169), grant Jose Luís Torres from redGDPS Foundation (redgdps/BJLTB/02/2022), the predoctoral research grant Isabel Fernández 2020 from the Spanish Society of Family and Community Medicine (semFYC) and another grant from the The Novartis Chair of Family Medicine Teaching and Research of the Autonomous University of Barcelona (UAB). The funders had no role in the design, analysis, data interpretation or writing of the manuscript.

Declaration of Competing Interest: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

1. Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract.* 2022;183:109119. doi:10.1016/j.diabres.2021.109119

2. Dieleman JL, Baral R, Birger M, Bui AL, Bulchis A, et al. 2016. US spending on personal health care and public health, 1996–2013. *JAMA* 316:2627–46
3. Bommer EC, Nagalingam R, Heeseemann E, Sagalova V, et al. The global economic burden of diabetes in adults aged 20–79 years: a cost-of-illness study. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2017; 5(6): 423–430.
4. Kelsey MD, Nelson AJ, Green JB, et al. Guidelines for Cardiovascular Risk Reduction in Patients With Type 2 Diabetes: JACC Guideline Comparison. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(18):1849-1857. doi:10.1016/j.jacc.2022.02.046
5. Damaskos C, Garmpis N, Kollia P, et al. Assessing Cardiovascular Risk in Patients with Diabetes: An Update. *Curr Cardiol Rev*. 2020;16(4):266-274. doi:10.2174/1573403X15666191111123622
6. Rockette-Wagner B, Edelstein S, Venditti EM, et al. The impact of lifestyle intervention on sedentary time in individuals at high risk of diabetes. *Diabetologia*. 2015;58(6):1198-1202. doi:10.1007/s00125-015-3565-0
7. van der Berg JD, Stehouwer CD, Bosma H, et al. Associations of total amount and patterns of sedentary behaviour with type 2 diabetes and the metabolic syndrome: The Maastricht Study. *Diabetologia*. 2016;59(4):709-718. doi:10.1007/s00125-015-3861-8
8. Jarvie JL, Pandey A, Ayers CR, et al. Aerobic Fitness and Adherence to Guideline-Recommended Minimum Physical Activity Among Ambulatory Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*. 2019;42(7):1333-1339. doi:10.2337/dc18-2634
9. Wilmot EG, Edwardson CL, Achana FA, et al. Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis [published correction appears in *Diabetologia*. 2013 Apr;56(4):942-3]. *Diabetologia*. 2012;55(11):2895-2905. doi:10.1007/s00125-012-2677-z
10. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, et al. Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017;14(1):75. Published 2017 Jun 10. doi:10.1186/s12966-017-0525-8
11. Colomer FA, Cugat MÀC, Bort-Roig J, et al. Differences in Free-Living Patterns of Sedentary Behaviour between Office Employees with Diabetes and Office Employees without Diabetes: A Principal Component Analysis for Clinical Practice. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(19):12245. Published 2022 Sep 27. doi:10.3390/ijerph191912245
12. Alòs et al, Incorporating objective measures of sedentary behaviour into the detection and control methods of type 2 diabetes mellitus: development of a mathematical model for clinical practice, submitted.
13. Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW. Sedentary behavior as a mediator of type 2 diabetes. *Med Sport Sci*. 2014;60:11-26. doi:10.1159/000357332
14. Park YT. Emerging New Era of Mobile Health Technologies. *Healthc Inform Res*. 2016;22(4):253-254. doi:10.4258/hir.2016.22.4.253
15. Wang J, Wang Y, Wei C, Yao NA, Yuan A, Shan Y, Yuan C. Smartphone interventions for long-term health management of chronic diseases: an integrative review. *Telemed J E Health*. 2014 Jun;20(6):570–83. doi: 10.1089/tmj.2013.0243.
16. Veazie S, Winchell K, Gilbert J, et al. Rapid Evidence Review of Mobile Applications for Self-management of Diabetes. *J Gen Intern Med*. 2018;33(7):1167-1176. doi:10.1007/s11606-018-4410-1
17. Bonn SE, Alexandrou C, Hjörleifsdóttir Steiner K, et al. App-technology to increase physical activity among patients with diabetes type 2 - the DiaCert-study, a randomized controlled trial. *BMC Public Health*. 2018;18(1):119. Published 2018 Jan 10. doi:10.1186/s12889-018-5026-4
18. MetwearC Product Specification v1. MbientLab Inc. <https://mbientlab.com/documents/MetaWearC-CPRO-PS.pdf>. Accessed 22 July 2021.

19. Alòs F, Colomer MÀ, Martin-Cantera C, et al. Effectiveness of a healthcare-based mobile intervention on sedentary patterns, physical activity, mental well-being and clinical and productivity outcomes in office employees with type 2 diabetes: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Public Health*. 2022;22(1):1269. Published 2022 Jun 29. doi:10.1186/s12889-022-13676-x
20. American Diabetes Association Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes. *Diabetes Care*. 2020;43((Suppl. 1)):S14–S31. doi: 10.2337/dc20-S002.
21. Chau JY, Van Der Ploeg HP, Dunn S, Kurko J, Bauman AE. Validity of the occupational sitting and physical activity questionnaire. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44(1):118-125. doi:10.1249/MSS.0b013e3182251060
22. Stergiou GS, Palatini P, Parati G, et al. 2021 European Society of Hypertension practice guidelines for office and out-of-office blood pressure measurement. *J Hypertens*. 2021;39(7):1293-1302. doi:10.1097/HJH.0000000000002843
23. World Health Organization. Obesity and overweight. Fact sheet N°311 January 2015. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (accessed on 15 September 2022)
24. Dowd KP, Harrington DM, Bourke AK, Nelson J, Donnelly AE. The measurement of sedentary patterns and behaviors using the activPAL™ Professional physical activity monitor. *Physiol Meas* 2012;33(11):1887-1899. doi:10.1088/0967-3334/33/11/1887
25. Powell C, Carson BP, Dowd KP, Donnelly AE. Simultaneous validation of five activity monitors for use in adult populations. *Scand J Med Sci Sports* 2017;27(12):1881-1892. doi:10.1111/sms.12813
26. Marshall AL, Miller YD, Burton NW, Brown WJ. Measuring total and domain-specific sitting: a study of reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(6):1094–102. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c5ec18>
27. Puig Ribera A, Peña Chimenis O, Romaguera Bosch M, et al. Cómo identificar la inactividad física en atención primaria: validación de las versiones catalana y española de 2 cuestionarios breves [How to identify physical inactivity in primary care: validation of the Catalan and Spanish versions of 2 short questionnaires]. *Aten Primaria*. 2012;44(8):485-493. doi:10.1016/j.aprim.2012.01.005
28. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G. Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods* 2007;39(2):175–191. doi:<https://doi.org/10.3758/bf03193146>
29. Cohen, Jacob (1988). «Statistical power analysis for the behavioral sciences» (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
30. Howlett N, Trivedi D, Troop NA, Chater AM. Are physical activity interventions for healthy inactive adults effective in promoting behavior change and maintenance, and which behavior change techniques are effective? A systematic review and meta-analysis. *Transl Behav Med*. 2019;9(1):147-157. doi:10.1093/tbm/iby010
31. Connelly J, Kirk A, Masthoff J, MacRury S. The use of technology to promote physical activity in Type 2 diabetes management: a systematic review. *Diabet Med*. 2013 Dec;30(12):1420-32. doi: 10.1111/dme.12289.
32. Greenwood DA, Gee PM, Fatkin KJ, Peeples M. A Systematic Review of Reviews Evaluating Technology-Enabled Diabetes Self-Management Education and Support. *J Diabetes Sci Technol*. 2017;11(5):1015-1027. doi:10.1177/1932296817713506
33. Bonoto BC, de Araújo VE, Godói IP, et al. Efficacy of Mobile Apps to Support the Care of Patients With Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2017;5(3):e4. Published 2017 Mar 1. doi:10.2196/mhealth.6309

34. Holmen H, Torbjørnsen A, Wahl AK, et al. A Mobile Health Intervention for Self-Management and Lifestyle Change for Persons With Type 2 Diabetes, Part 2: One-Year Results From the Norwegian Randomized Controlled Trial RENEWING HEALTH. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2014;2(4):e57. Published 2014 Dec 11. doi:10.2196/mhealth.3882
35. Årsand E, Frøisland DH, Skrøvseth SO, Chomutare T, Tataru N, Hartvigsen G, et al. Mobile health applications to assist patients with diabetes: lessons learned and design implications. *J Diabetes Sci Technol* 2012 Sep 01;6(5):1197-1206
36. Varney JE, Weiland TJ, Inder WJ, Jelinek GA. Effect of hospital-based telephone coaching on glycaemic control and adherence to management guidelines in type 2 diabetes, a randomised controlled trial. *Intern Med J*. 2014;44(9):890-897. doi:10.1111/imj.12515
37. Turner A, Scott A, Horwood J, et al. Maintaining face-to-face contact during the COVID-19 pandemic: a longitudinal qualitative investigation in UK primary care. *BJGP Open*. 2021;5(5):BJGPO.2021.0036. Published 2021 Oct 26. doi:10.3399/BJGPO.2021.0036
38. Ashe MC, Winters M, Hoppmann CA, et al. "Not just another walking program": Everyday Activity Supports You (EASY) model-a randomized pilot study for a parallel randomized controlled trial. *Pilot Feasibility Stud*. 2015;1:4. doi:10.1186/2055-5784-1-4
39. Lyons EJ, Swartz MC, Lewis ZH, Martinez E, Jennings K. Feasibility and Acceptability of a Wearable Technology Physical Activity Intervention With Telephone Counseling for Mid-Aged and Older Adults: A Randomized Controlled Pilot Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2017;5(3):e28. Published 2017 Mar 6. doi:10.2196/mhealth.6967
40. Bickmore TW, Silliman RA, Nelson K, et al. A randomized controlled trial of an automated exercise coach for older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2013;61(10):1676-1683. doi:10.1111/jgs.12449
41. Lie SS, Karlsen B, Oord ER, Graue M, Oftedal B. Dropout From an eHealth Intervention for Adults With Type 2 Diabetes: A Qualitative Study. *J Med Internet Res*. 2017;19(5):e187. Published 2017 May 30. doi:10.2196/jmir.7479
42. Cui M, Wu X, Mao J, Wang X, Nie M. T2DM Self-Management via Smartphone Applications: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*. 2016;11(11):e0166718. Published 2016 Nov 18. doi:10.1371/journal.pone.0166718
43. Schoeppe S, Alley S, Van Lippevelde W, et al. Efficacy of interventions that use apps to improve diet, physical activity and sedentary behaviour: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2016;13(1):127. Published 2016 Dec 7. doi:10.1186/s12966-016-0454-y
44. Loh R, Stamatakis E, Folkerts D, Allgrove JE, Moir HJ. Effects of Interrupting Prolonged Sitting with Physical Activity Breaks on Blood Glucose, Insulin and Triacylglycerol Measures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med*. 2020;50(2):295-330. doi:10.1007/s40279-019-01183-w
45. Healy GN, Winkler EA, Brakenridge CL, Reeves MM, Eakin EG. Accelerometer-derived sedentary and physical activity time in overweight=obese adults with type 2 diabetes: cross-sectional associations with cardiometabolic biomarkers. *PLoS One*. 2015;10(3):e0119140.
46. Dempsey PC, Larsen RN, Dunstan DW, Owen N, Kingwell BA. Sitting Less and Moving More: Implications for Hypertension. *Hypertension*. 2018;72(5):1037-1046. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11190
47. Cohen, Jacob (1988). «Statistical power analysis for the behavioral sciences» (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
48. Attwood S, Morton KL, Mitchell J, Van Emmenis M, Sutton S; VBI Programme Team. Reasons for non-participation in a primary care-based physical activity trial: a qualitative study. *BMJ Open*. 2016;6(5):e011577. Published 2016 May 23. doi:10.1136/bmjopen-2016-011577

Discussió

Aquesta tesi doctoral ha avaluat l'eficàcia d'un programa mHealth per a modificar el patró de CS des de la pràctica clínica a l'APS en adults amb DM2 que tenen feines d'oficina. L'actual context econòmic, social i físic facilita que les persones es moguin poc i estiguin molt de temps assegudes en la realització de les activitats de la vida diària. Aquest estil de vida s'ha instaurat ràpidament, sobretot des de mitjans del segle passat, i ha provocat canvis en la forma dels desplaçaments, la comunicació, els tipus de feina, el major ús de les tecnologies (l'ordinador, els dispositius mòbils i els videojocs) i en el temps d'oci el qual ha provocat una reducció significativa de les demandes de despesa energètica humana (Delfino et al., 2018). Aquests canvis ambientals, socials i tecnològics han estat identificats com la causa de l'increment del temps en comportaments sedentaris, posant de manifest la necessitat de dissenyar i avaluar intervencions que abordin la inactivitat física i CS perllongat a nivell poblacional. La baixa efectivitat de les intervencions per augmentar l'AF i limitar el CS en poblacions clíniques a l'APS, ja sobrecarregada, contribueix a l'augment de la pressió assistencial causada per malalties que es podrien prevenir mitjançant l'increment del % de persones físicament actives (OMS, 2022).

En adults amb DM2, les estratègies de prevenció situen l'adopció d'un estil de vida físicament actiu com una part important del pla de gestió de la DM2, prevenció de complicacions i maneig de la malaltia a la pràctica clínica (Bull, et al., 2020). En aquest sentit, les intervencions en AF són objectius prioritaris de les intervencions terapèutiques i educatives a la pràctica assistencial (Balcázar Nava et al., 2008). Els professionals d'APS (metge/-sa i infermer/-a de família) ocupen una posició primordial per realitzar intervencions efectives sobre AF i reducció del CS donada la confiança inherent que els pacients tenen amb els seus professionals de referència (AuYoung et al., 2016), la capacitat per arribar a un gran segment de la població general i el paper que ocupen com a font fiable d'informació de salut (Estabrooks et al., 2003). No obstant, els professionals d'APS rarament aborden el CS de forma eficaç en la DM2 o poblacions clíniques.

Existeixen varis factors que influeixen en la "ineficàcia" des de l'APS per abordar el CS com a factor de risc modificable associat al desenvolupament i control de la DM2. En primer lloc, a nivell de la pràctica clínica es busca aconseguir canvis en el comportament i estils de vida dels pacients. Tot i així, en moltes ocasions no es fàcil obtenir resultats favorables. Habitualment, la forma de motivar els canvis de comportament és a través del consell sanitari breu, definit com un tipus d'assessorament verbal, discussió, negociació o estímul, amb o sense suport escrit o d'un altre tipus amb l'objectiu de persuadir al pacient i obtenir modificacions del comportament (National Institute for Health and Care Excellence, NICE 2013). L'OMS va

suggerir que el consell d'AF breu hauria de ser prestat a l'APS. (WHO 2010). A Anglaterra, el NICE recomana que els metges ofereixin assessorament breu a l'APS als pacients insuficientment actius (NICE 2013). Tot i així, el simple subministrament d'informació, la simple prescripció del que les persones "han de fer", no té un efecte directe a gran part de la població. La evidència per al consell breu en canvis d'estils de vida es dèbil, amb un rang d'èxit entorn el 2,5-10% (Lancaster et al., 2004) en comparació amb el grau d'adherència a tractaments mèdics farmacològics de processos crònics que es situa al voltant entre el 50% i el 75% (Bonafont et al., 2004). A més a més, l'assessorament breu d'AF a l'APS és centra tradicionalment en l'AFMV (Garrett et al., 2011) sense tenir en compte el context actual d'increment del temps de CS perllongat. I el consell per promoure l'AFMV a l'APS no només té un efecte limitat en la modificació de l'AF dels pacients -indicant que per si sol no és suficient (van der Wardt et al., 2021) - si no que no redueix el CS tal i com indiquen Gardner et al (2016) i Martin et al (2015) quan parlen de l'impacte limitat de les intervencions dirigides a augmentar l'AFMV sobre la reducció del CS (Gardner et al., 2016; Martin et al., 2015). Aquesta evidència mostra la necessitat de completar les intervencions habituals en AF a l'APS amb intervencions específiques per a la reducció del CS de forma paral·lela.

En segon lloc, els professionals d'APS refereixen barreres per abordar l'AF a les consultes, principalment a causa de la manca de temps i en especial quan han de cobrir múltiples problemes mèdics o complexos (Jones et al., 2019). El temps de consulta dels professionals de l'APS sol ser breu (Lewis et al., 2014; Bodenheimer et al., 2009), temps durant el qual els metges de família tracten de mitjana tres qüestions mèdiques per visita, amb mitjanes lleugerament més altes per a pacients grans i amb diabetis (Lewis et al., 2014; Bodenheimer et al., 2009). Així doncs, només un terç dels pacients refereixen haver rebut consell sobre AF per part dels seus metges de família (Dacey et al., 2014; Tulloch et al., 2006). En aquest context, l'ús de dispositius wearables i programes de salut mòbil senzills i fàcils d'utilitzar poden esdevenir eines econòmiques i factibles de ser implementades en entorns d'APS amb l'objectiu de millorar l'eficàcia no només de les intervencions en AF sinó també per introduir l'abordatge del CS a les consultes. Una revisió narrativa va suggerir que centrar l'assessorament inicial d'AF a consulta en la reducció i limitació del CS és una estratègia útil per progressar gradualment cap a una intervenció d'AF de millora del control glucèmic en adults amb DM2 (Dogra et al., 2022; Duvivier et al, 2017; Dempsey et al., 2018). Aquest fet és rellevant donat que els adults amb DM2, per raó clínica, poden no tenir la capacitat de realitzar AFMV. En canvi, la majoria d'adults amb DM2 tenen la capacitat de substituir i interrompre el CS perllongat per AF d'intensitat lleugera, una intervenció que ha mostrat ser beneficiosa i pragmàtica per a persones amb DM2, especialment en aquelles que són físicament inactives, obeses o tenen una tolerància reduïda a l'exercici físic (Dempsey et al., 2017; Dempsey et al., 2016).

Els resultats d'aquesta tesi doctoral suggereixen que les intervencions de salut mòbils a l'APS focalitzades en reduir els efectes nocius del CS prolongat i ininterromput entre els pacients amb DM2 permetrien adaptar-se millor no només a les característiques dels pacients i als contextos, sinó també a les característiques de l'APS, aportant el suport necessari per modificar estils de vida inactius i sedentaris des de la pràctica assistencial.

1. Principals contribucions

Les principals contribucions d'aquesta tesi doctoral són tres. Primer, el programa mHealth Walk@WorkApp-Diab va ser efectiu en la millora de variables clíniques i modificació del CS d'adults amb DM2 amb feines d'oficina, contribuint a l'escassa evidència sobre l'impacte d'intervencions mHealth per reduir el CS en població clínica a l'APS. Segon, es va determinar que els adults amb DM2 tenen un patró de CS característic que roman consistent tant en horari laboral com fora de l'horari laboral com els caps de setmana, identificant els components del patró de CS que caldria abordar en adults amb DM2 des de l'APS. Tercer, la identificació d'un patró del CS diferenciat i característic en funció de si els adults presenten o no DM2 ha permès desenvolupar un model matemàtic senzill per a la pràctica clínica que permet una identificació precoç d'adults amb DM2 o amb risc de presentar-la utilitzant cinc variables clíniques no invasives: sexe, edat, IMC, hores de son i nombre d'interrupcions del CS en períodes menor de 20 minuts (nombre/dia).

En primer lloc, en comparació amb el grup control els participants que varen implementar el programa mHealth Walk@WorkApp-Diab van presentar una reducció significativa i clínicament rellevant d'HbA1c $\leq -0,5\%$, glucèmia ($p < 0,01$), nivells de triglicèrids ($p < 0,01$), PAS i PAD. ($p < 0,01$) als 12 mesos de seguiment. També van presentar una reducció del CS ocupacional als 6 mesos ($p < 0,01$) i 12 mesos de seguiment ($p < 0,05$) i del CS fora de l'horari laboral els dies feiners fent activitats de lleure als 6 i 12 mesos de seguiment ($p < 0,05$). Aquests resultats indiquen que la integració del programa Walk@WorkApp-Diab a les consultes periòdiques i de seguiment d'infermeria i medicina familiar i comunitària complementant l'atenció sanitària habitual dels pacients amb patologia crònica prevalent facilitaria la reducció del CS i augment de l'AF a baix cost (Rinaldi et al., 2020). Els programes mHealth podrien millorar la pràctica assistencial actual a l'APS vers la modificació dels estils de vida dels pacients amb DM2 la qual habitualment utilitza consultes presencials o telefòniques amb un seguiment periòdic professional. Altres estratègies més personalitzades, com disposar d'un professional d'AF i consultes personals d'intervencions dietètiques no estan àmpliament disponibles (Schellenberg et al., 2013).

Escassos assaigs han avaluat els efectes clínics d'intervencions mòbils per reduir el CS des de l'APS en adults amb DM2. Els resultats obtinguts en aquesta tesi doctoral indiquen que petits increments en l'AF i reduccions del temps de CS podrien estar associades a una millora clínicament significativa del control glucèmic i dels factors de risc cardiovascular (Pereira et al., 2020). Una revisió sistemàtica i una metaanàlisi van trobar que les intervencions dirigides a la reducció del CS (soles o combinades amb augments de l'AF) són efectives per reduir els factors de risc cardiovascular i el risc cardiometabòlic en petit grau, però encara hi ha poca evidència sobre intervencions a llarg termini en poblacions amb malalties cròniques com ara la DM2 (Hadgraft et al., 2021). Els estudis que mostren efectivitat de les intervencions breus d'AF són principalment a curt termini (6 mesos) i el seu impacte en AF és mesurada subjectivament, factors que comprometen la seva eficàcia, viabilitat i acceptabilitat (Lamming et al., 2017).

Pel que fa a l'impacte de la tecnologia mòbil sobre la modificació d'estils de vida inactius i sedentaris en persones amb DM2, l'evidència existent encara és més escassa. Aquesta tesi doctoral posa de manifest la importància dels enfocaments personalitzats que permeten la implementació de programes de salut mòbil a l'hora de promoure canvis en els estils de vida a persones amb DM2. L'ús de tecnologia mòbil en DM2 a l'APS s'ha basat fonamentalment en solucions d'autogestió de la diabetis amb tecnologia de retroalimentació que utilitza dades de salut generades pel pacient per adaptar l'educació i personalitzar el control glucèmic i l'hemoglobina A1C (Greenwood et al., 2017; Bonoto et al., 2017; Pludwinski et al., 2016). També s'han utilitzat alguns monitors d'AF situats al canell per alertar a l'individu després d'un llarg període de temps assegut ininterromput el qual pot ajudar a reduir el temps assegut (Rinaldi et al., 2020). Tant els monitors d'AF com els programes mHealth poden proporcionar suport a nivell individual i augmentar la consciència del CS en persones amb DM2 (Hays et al., 2001). No obstant, existeixen escassos programes mHealth que integrin la monitorització de CS a temps real combinada amb estratègies progressives per modificar el CS que també incloguin tècniques de canvi de comportament, tal i com mostra Walk@WorkApp-Diab. La combinació d'aquestes característiques permetria fomentar l'atenció centrada en la persona, una característica essencial de l'APS que implica adaptar les estratègies preventives i de tractament a la persona (Toop et al. 1998).

En segon lloc, els adults amb DM2 es van caracteritzar per tenir un patró de CS amb un menor nombre d'interrupcions de CS en intervals de temps menor de 20 minuts tant a la feina, fora de la feina, com els caps de setmana. De mitjana, els adults van presentar 31 interrupcions sedentàries/dia menys que els adults sense DM2 (Alòs et al., 2022). Aquests resultats són rellevants perquè determinen la importància de mesurar el CS objectivament però també registrant els diferents contextos (temps d'oci, desplaçaments, ocupació i activitat domèstica) a la

pràctica clínica. Donat que els diferents contextos del CS i l'AF tenen diferents implicacions per a la salut, és important considerar-los per separat si es vol maximitzar l'efectivitat de les intervencions de reducció i limitació del CS a l'APS. Des del nostre coneixement, és la primera vegada que es caracteritza el patró de CS de la població amb DM2 que tenen feines d'oficina.

Des d'una perspectiva pràctica, la recomanació de reduir el temps sedentari i incrementar el nombre d'interrupcions del CS, focalitzant les recomanacions en els diferents contextos i els dies entre setmana o caps de setmana en aquest perfil de pacients pot ser més eficaç que la prescripció d'AF, facilitant una millor adherència terapèutica i ampliant la intervenció en AF a varis contextos enlloc de centrar la intervenció en un únic context (el temps d'oci) (Halmilton et al., 2014).

En tercer lloc, es va dissenyar una eina per a la detecció i abordatge precoç d'adults amb feines d'oficina i risc de presentar DM2 o amb DM2 oculta mitjançant un model validat que va classificar correctament el 88,89% dels participants. Aquest model va permetre, a partir del perfil antropomètric del participant, el disseny d'una eina preventiva senzilla d'ús a la pràctica clínica per a modificar el patró CS dels adults amb DM2.

L'ús d'aquest tipus d'eines integrades als algoritmes dels dispositius mòbils podria permetre el seu ús rutinari en la pràctica clínica per promoure la realització de proves confirmatòries de diagnosi de DM2 en un major nombre de pacients i l'abordatge precoç. Aquest fet podria tenir un impacte rellevant a nivell sanitari, social i econòmic al permetre avançar-se a l'evolució de la DM2 i les seves complicacions. Aquesta contribució suggereix que estudis futurs haurien de caracteritzar el CS en altres patologies associades al CS (malaltia cardiovascular, alguns tipus de càncer, trastorns d'ansietat i depressió, entre d'altres) per tant de facilitar el disseny d'eines objectives no invasives de detecció i abordatge precoç d'aquestes malalties.

2. Fortaleses i limitacions

Aquesta tesi doctoral presenta varies fortaleses i limitacions. Primer, es tracta dels pocs estudis que avaluen l'efectivitat d'una intervenció mòbil a la pràctica clínica a l'APS centrada en pacients amb malaltia crònica, DM2. La majoria d'estudis que avaluen la tecnologia mòbil es centren en adults de totes les edats que viuen a la comunitat sense malalties cròniques (Direito et al., 2017). Segon, es dels pocs estudis que avalua l'impacte de la tecnologia mòbil combinat amb l'atenció habitual a l'APS. Aquest fet supera una de les limitacions de l'evidència actual, donat que la majoria dels estudis avaluen intervencions en AF i CS de forma aïllada, sense integrar els dispositius a l'àmbit assistencial. A més, el grup control no era actiu i rebia l'atenció habitual. Això pot explicar que part de la millora clínica detectada es degui a la intervenció.

Tercer, la intervenció mhealth inclou una combinació d'estratègies i tècniques de canvi de comportament, objectius, planificació, retroalimentació i seguiment, suport social i recompensa. Es va utilitzar tecnologia portàtil que es sincronitzava amb l'aplicació mòbil en temps real. Mitjançant l'ús de dispositius de seguiment i retroalimentació contínua, els participants van prendre consciència de l'activitat física i els patrons de comportament i van poder visualitzar i mesurar els seus èxits, augmentant la motivació per continuar amb els canvis per assolir els seus objectius.

Finalment, aquesta tesi doctoral utilitza mesures objectives d'AF i el CS, mentre que la majoria d'intervencions en estils de vida utilitzen mesures subjectives o autodeclarades (Plasqui et al., 2013). Cal afegir que la majoria d'estudis tenen mides de mostra petits, la qual cosa dificulta la generalització i implementació de les intervencions en CS a la pràctica clínica les quals requereixen de més investigació i validació en adults amb malalties cròniques. La principal limitació va ser la manca de dades objectives en CS i AF mesurades amb l'ActivPal a causa de les restriccions en context de la pandèmia de la COVID-19, la qual cosa fa que sigui necessari continuar ampliant la mostra d'estudi. Malgrat això, les dades generades van ser suficients per indicar que el programa mhealth avaluat va tenir un impacte en les variables clíniques i els factors de risc cardiovascular i poder caracteritzar als adults amb DM2 i dissenyar eines de detecció i abordatge precoç d'adults amb DM2 des de la pràctica clínica.

3. Implicacions a la pràctica clínica i recomanacions per a la recerca futura.

L'augment constant de la prevalença de la DM2 juntament amb el control glucèmic inadequat per part d'alguns individus, fa necessari la integració de noves i efectives estratègies a la pràctica clínica a l'APS per a la prevenció i el control metabòlic dels pacients amb DM2. Actualment, existeixen milers d'aplicacions mHealth disponibles a les botigues d'aplicacions i la gran majoria relacionades amb els estils de vida, però poques estan basades en evidència científica, ni són precises i adequades per a l'ús dels pacients i professionals a la pràctica clínica (Rowland et al., 2020). Els dispositius i les aplicacions mòbils de salut poden ajudar a identificar el patró del CS d'adults amb DM2 (Alòs, et al. 2022), canviar el CS (Alòs, et al. Preprint 2023), a la presa de decisions clíniques, promoure una millor acceptació/comprensió de la malaltia i el seu tractament per part del pacient, facilitar una participació més activa en el control de la malaltia i aconseguir taxes més elevades de control glucèmic (Alòs et al., preprint 2023). Però manca validesa i precisió de la informació proporcionada pels dispositius que hi ha al mercat i més evidència en l'efectivitat dels programes mHealth en la reducció del CS sobre resultats clínics (control glucèmic i millora dels factors de risc cardiovascular).

Els estudis mostren una clara tendència dels patrons d'ús d'aplicacions mhealth on els professionals de la salut són usuaris d'aplicacions mHealth per a ells mateixos, però poques

vegades recomanen les aplicacions mHealth als seus pacients (Sezgin et al., 2017; Byambasuren et al., 2019). D'altra banda, els professionals d'APS generalment creuen que poden fomentar l'educació dels pacients, però creuen menys el fet de poder millorar la salut dels pacients i la gestió de les malalties cròniques (Lim et al., 2021). La manca de coneixement sobre les aplicacions mHealth fiables disponibles per a l'ús dels pacients i la manca de confiança a l'hora d'assessorar els pacients sobre els riscos que presenten específicament els programes mHealth, com ara la privadesa de les dades, son algunes de les barreres que presenten els professionals d'atenció familiar i comunitària (Gagnon et al., 2016). La falta de validesa, precisió i evidència podria explicar perquè els professional d'atenció familiar i comunitària poques vegades recomana aplicacions mhealth als pacients. L'OMS (2019) (WHO 2019) accentua els beneficis de la tecnologia mHealth per fomentar l'empoderament personal i promoure hàbits de vida saludables i manifesta la necessitat d'integrar la tecnologia mòbil al sector sanitari però també n'identifica el principal obstacle que n'impedeix la plena implementació: la manca d'evidència científica sobre la seva efectivitat.

En aquest sentit, aquesta tesi doctoral contribueix a l'escassa evidència existent sobre l'efectivitat que presenten aquests dispositius en la millora del control glucèmic i dels factors de risc cardiovascular i com integrar-los per reduir el CS en l'atenció al pacient amb DM2 i als protocols de tractament existents a l'APS. En un futur, es necessita investigació qualitativa per explorar les incerteses i les barreres dels professional d'APS a l'hora de recomanar aplicacions mHealth als pacients. També caldria analitzar amb més detall l'enfocament i la funcionalitat de les aplicacions mHealth utilitzades pels professionals d'atenció familiar i comunitària i pacients pel que fa al seu potencial per millorar l'efectivitat i l'eficiència de l'atenció i l'impacte de la prevenció primària i secundària en la càrrega de malaltia, complicacions i la pressió assistencial en visites dels pacients. Aquests estudis haurien de facilitar l'ús rigorós d'aquestes aplicacions mòbils ja que es tracta de tecnologies sanitàries que comencen a ser finançades pels sistemes nacionals de salut (Charpentier et al., 2011). Això explica la necessitat de més avaluacions per identificar aquelles aplicacions mòbils que aportin més valor afegit als pacients, professionals sanitaris i al sistema de salut.

Finalment, els nous sistemes de monitorització contínua de glucosa en temps real (MCG-TR) inclosos en el finançament del Sistema Nacional de Salut en adults amb DM1 i pendants d'incloure'ls en situacions particulars en adults amb DM2, a diferència dels mesuradors convencionals de glucèmia capil·lar (GC), són dispositius que mesuren la glucèmia intersticial (GI) de forma contínua cada 1 o 5 minuts segons el dispositiu i estan pensats per a l'ús diari del pacient. Poden donar informació en temps real sobre el valor, la velocitat d'augment o descens i mitjançant fletxes la tendència de la glucosa. Els MCG-TR permeten conèixer la informació de

la glucèmia directament amb un lector o mòbil amb o sense necessitat d'escanejar per descarregar el valor de la glucosa i valors anteriors (pro activitat).

Aquests nous sistemes (MCG-TR) permeten obtenir-ne una informació més real, dinàmica/evolutiva i didàctica. Integrar els dispositius mòbils de rastreig del CS i les aplicacions mòbils per reduir el CS junt amb els sistemes de MCG ajudaria tant als pacients com als professionals de la salut d'APS a millorar l'atenció preventiva, diagnòstica i terapèutica de la DM2. Aquests sistemes de MCG han demostrat ser eficaços en el control glucèmic, mostrant una reducció significativa, i sostinguda fins als 24 mesos de seguiment, de la HbAc en adults amb DM2, reducció d'hipoglucèmies, qualitat de vida i cost-efectivitat (Evans et al., 2021; Evans et al., 2022). La integració dels sistemes de monitorització contínua de la glucosa, i del patró del CS seria de gran importància per l'estudi del comportament glucèmic i del CS, perquè permetrien tant a pacients amb DM2 com professionals de l'APS identificar la duració i magnitud de les oscil·lacions glucèmiques relacionat amb el canvi de patró del CS, afavorint la presa de decisions terapèutiques compartides amb el pacient, personalitzant les intervencions i millorant la seva eficàcia. Conèixer la freqüència, magnitud i duració i en quin moment del dia es produeixen oscil·lacions glucèmiques o nivells augments de glucosa permetria que els pacients coneguessin quan i perquè tenen un control inadequat. Seria necessari avaluar des de la pràctica clínica, la combinació dels sistemes de MCG i CS en adults amb DM2 i l'impacte que té la seva integració en el maneig dels adults amb DM2 a l'APS.

Conclusions

El programa mHealth Walk@WorkApp-Diab té el potencial d'abordar el CS des de la pràctica clínica a l'APS i pot proporcionar una eina valuosa per millorar els resultats en salut i fomentar l'autogestió clínica en les persones amb DM2. Els adults amb DM2 i treballs d'oficina presenten un patró del CS característic i diferenciat dels adults sense DM2. Les intervencions efectives per abordar el CS des de la pràctica clínica haurien de focalitzar en un increment de les pauses o interrupcions sedentàries totals però sobretot en intervals menors a 20 minuts. Així mateix, incorporar un algorisme que contingui una expressió matemàtica en dispositius mòbils per identificar i controlar el patró del CS podria ser una solució d'aplicació senzilla per a la detecció precoç i el control integral de la DM2 en la pràctica clínica habitual a l'APS. Els programes mHealth, prescrits des de la pràctica clínica a l'APS com un complement a l'atenció sanitària habitual, poden ser una eina assequible i eficaç per millorar el control glucèmic i del factors de risc cardiovascular en adults amb DM2.

Bibliografia

- Agarwal, P., Mukerji, G., Desveaux, L., Ivers, N. M., Bhattacharyya, O., Hensel, J. M., Shaw, J., Bouck, Z., Jamieson, T., Onabajo, N., Cooper, M., Marani, H., Jeffs, L., & Bhatia, R. S. (2019). Mobile App for Improved Self-Management of Type 2 Diabetes: Multicenter Pragmatic Randomized Controlled Trial. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(1), e10321. <https://doi.org/10.2196/10321>
- Ahlqvist, E., Storm, P., Käräjämäki, A., Martinell, M., Dorkhan, M., Carlsson, A., Vikman, P., Prasad, R. B., Aly, D. M., Almgren, P., Wessman, Y., Shaat, N., Spégel, P., Mulder, H., Lindholm, E., Melander, O., Hansson, O., Malmqvist, U., Lernmark, Å., Lahti, K., ... Groop, L. (2018). Novel subgroups of adult-onset diabetes and their association with outcomes: a data-driven cluster analysis of six variables. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 6(5), 361–369. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(18\)30051-2](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(18)30051-2)
- Ahmad, E., Sargeant, J. A., Yates, T., Webb, D. R., & Davies, M. J. (2022). Type 2 Diabetes and Impaired Physical Function: A Growing Problem. *Diabetology*, 3(1), 30–45. <https://doi.org/10.3390/diabetology3010003>
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Bassett, D. R., Jr, Tudor-Locke, C., Greer, J. L., Vezina, J., Whitt-Glover, M. C., & Leon, A. S. (2011). 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(8), 1575–1581. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821ece12>
- Alkhajah, T. A., Reeves, M. M., Eakin, E. G., Winkler, E. A., Owen, N., & Healy, G. N. (2012). Sit-stand workstations: a pilot intervention to reduce office sitting time. *American journal of preventive medicine*, 43(3), 298–303. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.05.027>
- Alòs, F., Colomer, M. À., Bort-Roig, J., Chirveches-Pérez, E., Zaldúa, Y. C., Martín-Cantera, C., Franch-Nadal, J., & Puig-Ribera, A. (2022). Differences in Free-Living Patterns of Sedentary Behaviour between Office Employees with Diabetes and Office Employees without Diabetes: A Principal Component Analysis for Clinical Practice. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), 12245. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912245>.
- Alsahli, M., Abd-Alrazaq, A., Househ, M., Konstantinidis, S., & Blake, H. (2022). The Effectiveness of Mobile Phone Messaging-Based Interventions to Promote Physical Activity in Type 2 Diabetes Mellitus: Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of medical Internet research*, 24(3), e29663. <https://doi.org/10.2196/2966>

- American Diabetes Association (2021). 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. *Diabetes care*, 44(Suppl 1), S15–S33. <https://doi.org/10.2337/dc21-S002>
- AuYoung, M., Linke, S. E., Pagoto, S., Buman, M. P., Craft, L. L., Richardson, C. R., Hutber, A., Marcus, B. H., Estabrooks, P., & Sheinfeld Gorin, S. (2016). Integrating Physical Activity in Primary Care Practice. *The American journal of medicine*, 129(10), 1022–1029. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2016.02.008>
- Badawy, S. M., & Kuhns, L. M. (2016). Economic Evaluation of Text-Messaging and Smartphone-Based Interventions to Improve Medication Adherence in Adolescents with Chronic Health Conditions: A Systematic Review. *JMIR mHealth and uHealth*, 4(4), e121. <https://doi.org/10.2196/mhealth.6425>
- Balcázar Nava P, Gurrola Peña G, Bonilla Muñoz M, Colín Garatachía H, Esquivel Santoveña E. (2008). Estilo de vida en personas adultas con diabetes mellitus 2. *Rev Cient Elec Psicología*, 6, 147-158.
- Ballin, M., Nordström, P., Niklasson, J., & Nordström, A. (2021). Associations of Objectively Measured Physical Activity and Sedentary Time with the Risk of Stroke, Myocardial Infarction or All-Cause Mortality in 70-Year-Old Men and Women: A Prospective Cohort Study. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(2), 339–349. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01356-y>
- Bashshur, R., Shannon, G., Krupinski, E., & Grigsby, J. (2011). The taxonomy of telemedicine. *Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association*, 17(6), 484–494. <https://doi.org/10.1089/tmj.2011.0103>
- Bauman, A., Ainsworth, B. E., Sallis, J. F., Hagströmer, M., Craig, C. L., Bull, F. C., Pratt, M., Venugopal, K., Chau, J., Sjöström, M., & IPS Group (2011). The descriptive epidemiology of sitting. A 20-country comparison using the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). *American journal of preventive medicine*, 41(2), 228–235. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2011.05.003>
- Bauman, A. E., Petersen, C. B., Blond, K., Rangul, V., & Hardy, L. L. (2017). The Descriptive Epidemiology of Sedentary Behaviour. *Sedentary Behaviour Epidemiology*, 73-106. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61552-3_4
- Bauman, A., Phongsavan, P., Schoeppe, S., & Owen, N. (2006). Physical activity measurement--a primer for health promotion. *Promotion & education*, 13(2), 92–103. <https://doi.org/10.1177/10253823060130020103>
- Baxter, C., Carroll, J. A., Keogh, B., & Vandelanotte, C. (2020). Assessment of Mobile Health Apps Using Built-In Smartphone Sensors for Diagnosis and Treatment: Systematic Survey of Apps Listed in International Curated Health App Libraries. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(2), e16741. <https://doi.org/10.2196/16741>

- Bazargan-Hejazi, S., Arroyo, J. S., Hsia, S., Brojeni, N. R., & Pan, D. (2017). A Racial Comparison of Differences between Self-Reported and Objectively Measured Physical Activity among US Adults with Diabetes. *Ethnicity & disease*, 27(4), 403–410. <https://doi.org/10.18865/ed.27.4.403>
- Bélair, M. A., Kohen, D. E., Kingsbury, M., & Colman, I. (2018). Relationship between leisure time physical activity, sedentary behaviour and symptoms of depression and anxiety: evidence from a population-based sample of Canadian adolescents. *BMJ open*, 8(10), e021119. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-021119>
- Bellettiere, J., LaMonte, M. J., Evenson, K. R., Rillamas-Sun, E., Kerr, J., Lee, I. M., Di, C., Rosenberg, D. E., Stefanick, M., Buchner, D. M., Hovell, M. F., & LaCroix, A. Z. (2019). Sedentary behavior and cardiovascular disease in older women: The Objective Physical Activity and Cardiovascular Health (OPACH) Study. *Circulation*, 139(8), 1036–1046. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.035312>
- Bennie, J. A., Chau, J. Y., van der Ploeg, H. P., Stamatakis, E., Do, A., & Bauman, A. (2013). The prevalence and correlates of sitting in European adults - a comparison of 32 Eurobarometer-participating countries. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 10, 107. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-107>
- Berman, M. A., Guthrie, N. L., Edwards, K. L., Appelbaum, K. J., Njike, V. Y., Eisenberg, D. M., & Katz, D. L. (2018). Change in Glycemic Control With Use of a Digital Therapeutic in Adults With Type 2 Diabetes: Cohort Study. *JMIR diabetes*, 3(1), e4. <https://doi.org/10.2196/diabetes.9591>
- Biddle, S. J., Edwardson, C. L., Wilmot, E. G., Yates, T., Gorely, T., Bodicoat, D. H., Ashra, N., Khunti, K., Nimmo, M. A., & Davies, M. J. (2015). A Randomised Controlled Trial to Reduce Sedentary Time in Young Adults at Risk of Type 2 Diabetes Mellitus: Project STAND (Sedentary Time ANd Diabetes). *PloS one*, 10(12), e0143398. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143398>
- Biswas, A., Oh, P. I., Faulkner, G. E., Bajaj, R. R., Silver, M. A., Mitchell, M. S., & Alter, D. A. (2015). Sedentary Time and Its Association With Risk for Disease Incidence, Mortality, and Hospitalization in Adults. *Annals of Internal Medicine*, 162(2), 123-132. <https://doi.org/10.7326/m14-1651>
- Blackburn, N. E., Wilson, J. J., McMullan, I. I., Caserotti, P., Giné-Garriga, M., Wirth, K., Coll-Planas, L., Alias, S. B., Roqué, M., Deidda, M., Kunzmann, A. T., Dallmeier, D., & Tully, M. A. (2020). The effectiveness and complexity of interventions targeting sedentary behaviour across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 17(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-00957-0>

- Blankenship, J. M., Chipkin, S. R., Freedson, P. S., Staudenmayer, J., Lyden, K., & Braun, B. (2019). Managing free-living hyperglycemia with exercise or interrupted sitting in type 2 diabetes. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 126(3), 616–625. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00389.2018>
- Bodenheimer, T., Chen, E., & Bennett, H. D. (2009). Confronting the growing burden of chronic disease: can the U.S. health care workforce do the job?. *Health affairs (Project Hope)*, 28(1), 64–74. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.28.1.64>
- Bonn, S. E., Alexandrou, C., Hjörleifsdóttir Steiner, K., Wiklander, K., Östenson, C. G., Löf, M., & Trolle Lagerros, Y. (2018). App-technology to increase physical activity among patients with diabetes type 2 - the DiaCert-study, a randomized controlled trial. *BMC public health*, 18(1), 119. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5026-4>
- Booth, F. W., Roberts, C. K., Thyfault, J. P., Ruegsegger, G. N., & Toedebusch, R. G. (2017). Role of Inactivity in Chronic Diseases: Evolutionary Insight and Pathophysiological Mechanisms. *Physiological reviews*, 97(4), 1351–1402. <https://doi.org/10.1152/physrev.00019.2016>
- Bonafont Pujol X., Costa Pagés J. (2004). Adherència al tractament farmacològic. *Butlletí d'Informació terapèutica del Departament de Sanitat i Seguretat Social de la Generalitat de Catalunya*, 16(3):9–14.
- Bonoto, B. C., de Araújo, V. E., Godói, I. P., de Lemos, L. L., Godman, B., Bennie, M., Diniz, L. M., & Junior, A. A. (2017). Efficacy of Mobile Apps to Support the Care of Patients With Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *JMIR mHealth and uHealth*, 5(3), e4. <https://doi.org/10.2196/mhealth.6309>
- Borrór, A., Zieff, G., Battaglini, C., & Stoner, L. (2018). The Effects of Postprandial Exercise on Glucose Control in Individuals with Type 2 Diabetes: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(6), 1479–1491. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0864-x>
- Bouchard, R. J. Shephard, T. Stephens, J. R. Sutton, & B. D. Mcpherson (1990). Exercise, fitness, and health: The consensus statement. En C. Bouchard, R. J. Shephard, T. Stephens, J. R. Sutton, & B. D. Mcpherson (Eds.), *Exercise fitness, and health: A consensus of current knowledge* (pp. 3-28). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, Inc.
- Boulé, N. G., Haddad, E., Kenny, G. P., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2001). Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA*, 286(10), 1218–1227. <https://doi.org/10.1001/jama.286.10.1218>

- Boulé, N. G., Kenny, G. P., Haddad, E., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2003). Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*, 46(8), 1071–1081. <https://doi.org/10.1007/s00125-003-1160-2>
- Brocklebank, L. A., Falconer, C. L., Page, A. S., Perry, R., & Cooper, A. R. (2015). Accelerometer-measured sedentary time and cardiometabolic biomarkers: A systematic review. *Preventive medicine*, 76, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.04.013>
 - Braga, M., Casanova, A., Teoh, H., Dawson, K. C., Gerstein, H. C., Fitchett, D. H., Harris, S. B., Honos, G., McFarlane, P. A., Steele, A., Ur, E., Yale, J. F., Langer, A., Goodman, S. G., Leiter, L. A., & Diabetes Registry to Improve Vascular Events (DRIVE) Investigators (2010). Treatment gaps in the management of cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes in Canada. *The Canadian journal of cardiology*, 26(6), 297–302. [https://doi.org/10.1016/s0828-282x\(10\)70393-7](https://doi.org/10.1016/s0828-282x(10)70393-7)
 - Brugnara, L., Murillo, S., Novials, A., Rojo-Martínez, G., Soriguer, F., Goday, A., Calle-Pascual, A., Castaño, L., Gaztambide, S., Valdés, S., Franch, J., Castell, C., Vendrell, J., Casamitjana, R., Bosch-Comas, A., Bordiú, E., Carmena, R., Catalá, M., Delgado, E., Girbés, J., ... Ortega, E. (2016). Low Physical Activity and Its Association with Diabetes and Other Cardiovascular Risk Factors: A Nationwide, Population-Based Study. *PloS one*, 11(8), e0160959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160959>
 - Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., Lambert, E., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
 - Buman, M. P., Winkler, E. A., Kurka, J. M., Hekler, E. B., Baldwin, C. M., Owen, N., Ainsworth, B. E., Healy, G. N., & Gardiner, P. A. (2014). Reallocating time to sleep, sedentary behaviors, or active behaviors: associations with cardiovascular disease risk biomarkers, NHANES 2005-2006. *American journal of epidemiology*, 179(3), 323–334. <https://doi.org/10.1093/aje/kwt292>
 - Byambasuren, O., Beller, E., & Glasziou, P. (2019). Current Knowledge and Adoption of Mobile Health Apps Among Australian General Practitioners: Survey Study. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(6), e13199. <https://doi.org/10.2196/13199>
 - Cao, C., Friedenreich, C. M., & Yang, L. (2022). Association of Daily Sitting Time and Leisure-Time Physical Activity With Survival Among US Cancer Survivors. *JAMA oncology*, 8(3), 395–403. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2021.6590>

- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports* (Washington, D.C. : 1974), 100(2), 126–131.
- Charpentier, G., Benhamou, P. Y., Dardari, D., Clergeot, A., Franc, S., Schaepelynck-Belicar, P., Catargi, B., Melki, V., Chaillous, L., Farret, A., Bosson, J. L., Penfornis, A., & TeleDiab Study Group (2011). The Diabeo software enabling individualized insulin dose adjustments combined with telemedicine support improves HbA1c in poorly controlled type 1 diabetic patients: a 6-month, randomized, open-label, parallel-group, multicenter trial (TeleDiab 1 Study). *Diabetes care*, 34(3), 533–539. <https://doi.org/10.2337/dc10-1259>
- Chastin, S., Gardiner, P. A., Harvey, J. A., Leask, C. F., Jerez-Roig, J., Rosenberg, D., Ashe, M. C., Helbostad, J. L., & Skelton, D. A. (2021). Interventions for reducing sedentary behaviour in community-dwelling older adults. *The Cochrane database of systematic reviews*, 6(6), CD012784. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012784.pub2>
- Chastin, S. F., & Granat, M. H. (2010). Methods for objective measure, quantification and analysis of sedentary behaviour and inactivity. *Gait & posture*, 31(1), 82–86. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.09.002>
- Chau, J. Y., Grunseit, A. C., Chey, T., Stamatakis, E., Brown, W. J., Matthews, C. E., Bauman, A. E., & van der Ploeg, H. P. (2013). Daily sitting time and all-cause mortality: a meta-analysis. *PloS one*, 8(11), e80000. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080000>
- Chavez, S., Fedele, D., Guo, Y., Bernier, A., Smith, M., Warnick, J., & Modave, F. (2017). Mobile Apps for the Management of Diabetes. *Diabetes care*, 40(10), e145–e146. <https://doi.org/10.2337/dc17-0853>
- Cho, N. H., Shaw, J. E., Karuranga, S., Huang, Y., da Rocha Fernandes, J. D., Ohlrogge, A. W., & Malanda, B. (2018). IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045. *Diabetes research and clinical practice*, 138, 271–281. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.02.023>
- Church, T. S., Blair, S. N., Cocreham, S., Johannsen, N., Johnson, W., Kramer, K., Mikus, C. R., Myers, V., Nauta, M., Rodarte, R. Q., Sparks, L., Thompson, A., & Earnest, C. P. (2010). Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *JAMA*, 304(20), 2253–2262. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1710>
- Clemes, S. A., O'Connell, S. E., & Edwardson, C. L. (2014). Office workers' objectively measured sedentary behavior and physical activity during and outside working hours. *Journal of occupational and environmental medicine*, 56(3), 298–303. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000101>

- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Yardley, J. E., Riddell, M. C., Dunstan, D. W., Dempsey, P. C., Horton, E. S., Castorino, K., & Tate, D. F. (2016). Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes care*, 39(11), 2065–2079. <https://doi.org/10.2337/dc16-1728>
- Cooper, A. J., Brage, S., Ekelund, U., Wareham, N. J., Griffin, S. J., & Simmons, R. K. (2014). Association between objectively assessed sedentary time and physical activity with metabolic risk factors among people with recently diagnosed type 2 diabetes. *Diabetologia*, 57(1), 73–82. <https://doi.org/10.1007/s00125-013-3069-8>
- Copeland, J. L., Clarke, J., & Dogra, S. (2015). Objectively measured and self-reported sedentary time in older Canadians. *Preventive medicine reports*, 2, 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2015.01.003>
- Crespo-Salgado, J. J., Delgado-Martín, J. L., Blanco-Iglesias, O., & Aldecoa-Landesá, S. (2015). Guía básica de detección del sedentarismo y recomendaciones de actividad física en atención primaria [Basic guidelines for detecting sedentarism and recommendations for physical activity in primary care]. *Atencion primaria*, 47(3), 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2014.09.004>
- da Rocha, R. B., Silva, C. S., & Cardoso, V. S. (2020). Self-Care in Adults with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review. *Current diabetes reviews*, 16(6), 598–607. <https://doi.org/10.2174/1573399815666190702161849>
- Dacey, M. L., Kennedy, M. A., Polak, R., & Phillips, E. M. (2014). Physical activity counseling in medical school education: a systematic review. *Medical education online*, 19, 24325. <https://doi.org/10.3402/meo.v19.24325>
- Davies, J.K., MacDonald, G., & Macdonald, G. (Eds.). (1998). *Quality, Evidence and Effectiveness in Health Promotion* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203068953>
- Davies, M. J., Aroda, V. R., Collins, B. S., Gabbay, R. A., Green, J., Maruthur, N. M., Rosas, S. E., Del Prato, S., Mathieu, C., Mingrone, G., Rossing, P., Tankova, T., Tsapas, A., & Buse, J. B. (2022). Management of Hyperglycemia in Type 2 Diabetes, 2022. A Consensus Report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetes care*, 45(11), 2753–2786. <https://doi.org/10.2337/dci22-0034>
- De Greef, K., Deforche, B., Tudor-Locke, C., & De Bourdeaudhuij, I. (2010). A cognitive-behavioural pedometer-based group intervention on physical activity and sedentary behaviour in individuals with type 2 diabetes. *Health education research*, 25(5), 724–736. <https://doi.org/10.1093/her/cyq017>
- de Mello, M. B., Righi, N. C., Schuch, F. B., Signori, L. U., & da Silva, A. M. V. (2022). Effect of high-intensity interval training protocols on VO2max and HbA1c level in people

- with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 65(5), 101586. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101586>
- de Rezende, L. F., Rodrigues Lopes, M., Rey-López, J. P., Matsudo, V. K., & Luiz, O.doC. (2014). Sedentary behavior and health outcomes: an overview of systematic reviews. *PloS one*, 9(8), e105620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105620>
 - Deberneh, H. M., & Kim, I. (2021). Prediction of Type 2 Diabetes Based on Machine Learning Algorithm. *International journal of environmental research and public health*, 18(6), 3317. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063317>
 - Del Pozo-Cruz, J., García-Hermoso, A., Alfonso-Rosa, R. M., Alvarez-Barbosa, F., Owen, N., Chastin, S., & Del Pozo-Cruz, B. (2018). Replacing Sedentary Time: Meta-analysis of Objective-Assessment Studies. *American journal of preventive medicine*, 55(3), 395–402. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2018.04.042>
 - Delfino, L. D., Dos Santos Silva, D. A., Tebar, W. R., Zanuto, E. F., Codogno, J. S., Fernandes, R. A., & Christofaro, D. G. (2018). Screen time by different devices in adolescents: association with physical inactivity domains and eating habits. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(3), 318–325. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06980-8>
 - Dempsey, P. C., Owen, N., Yates, T. E., Kingwell, B. A., & Dunstan, D. W. (2016). Sitting Less and Moving More: Improved Glycaemic Control for Type 2 Diabetes Prevention and Management. *Current diabetes reports*, 16(11), 114. <https://doi.org/10.1007/s11892-016-0797-4>
 - Dempsey, P. C., Larsen, R. N., Sethi, P., Sacre, J. W., Straznicky, N. E., Cohen, N. D., Cerin, E., Lambert, G. W., Owen, N., Kingwell, B. A., & Dunstan, D. W. (2016). Benefits for Type 2 Diabetes of Interrupting Prolonged Sitting With Brief Bouts of Light Walking or Simple Resistance Activities. *Diabetes care*, 39(6), 964–972. <https://doi.org/10.2337/dc15-2336>
 - Dempsey, P. C., Grace, M. S., & Dunstan, D. W. (2017). Adding exercise or subtracting sitting time for glycaemic control: where do we stand?. *Diabetologia*, 60(3), 390–394. <https://doi.org/10.1007/s00125-016-4180-4>
 - Dempsey, P. C., Larsen, R. N., Dunstan, D. W., Owen, N., & Kingwell, B. A. (2018). Sitting Less and Moving More: Implications for Hypertension. *Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)*, 72(5), 1037–1046. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11190>
 - Dempsey, P. C., Dunstan, D. W., Larsen, R. N., Lambert, G. W., Kingwell, B. A., & Owen, N. (2018). Prolonged uninterrupted sitting increases fatigue in type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*, 135, 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2017.11.001>

- Dinh, A., Miertschin, S., Young, A., & Mohanty, S. D. (2019). A data-driven approach to predicting diabetes and cardiovascular disease with machine learning. *BMC medical informatics and decision making*, 19(1), 211. <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0918-5>
- Direito, A., Carraça, E., Rawstorn, J., Whittaker, R., & Maddison, R. (2017). mHealth Technologies to Influence Physical Activity and Sedentary Behaviors: Behavior Change Techniques, Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine*, 51(2), 226–239. <https://doi.org/10.1007/s12160-016-9846-0>
- Dogra, S., Copeland, J. L., Altenburg, T. M., Heyland, D. K., Owen, N., & Dunstan, D. W. (2022). Start with reducing sedentary behavior: A stepwise approach to physical activity counseling in clinical practice. *Patient education and counseling*, 105(6), 1353–1361. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2021.09.019>
- Domin, A., Spruijt-Metz, D., Theisen, D., Ouzzahra, Y., & Vögele, C. (2021). Smartphone-Based Interventions for Physical Activity Promotion: Scoping Review of the Evidence Over the Last 10 Years. *JMIR mHealth and uHealth*, 9(7), e24308. <https://doi.org/10.2196/24308>
- Donahoo, W. T., Levine, J. A., & Melanson, E. L. (2004). Variability in energy expenditure and its components. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 7(6), 599–605. <https://doi.org/10.1097/00075197-200411000-00003>
- Du, Y., Liu, B., Sun, Y., Snetselaar, L. G., Wallace, R. B., & Bao, W. (2019). Trends in Adherence to the Physical Activity Guidelines for Americans for Aerobic Activity and Time Spent on Sedentary Behavior Among US Adults, 2007 to 2016. *JAMA network open*, 2(7), e197597. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.7597>
- Dunstan, D. W., Dogra, S., Carter, S. E., & Owen, N. (2021). Sit less and move more for cardiovascular health: emerging insights and opportunities. *Nature reviews. Cardiology*, 18(9), 637–648. <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00547-y>
- Dunstan, D. W., Kingwell, B. A., Larsen, R., Healy, G. N., Cerin, E., Hamilton, M. T., Shaw, J. E., Bertovic, D. A., Zimmet, P. Z., Salmon, J., & Owen, N. (2012). Breaking up prolonged sitting reduces postprandial glucose and insulin responses. *Diabetes care*, 35(5), 976–983. <https://doi.org/10.2337/dc11-1931>
- Duvivier, B. M., Schaper, N. C., Hesselink, M. K., van Kan, L., Stienen, N., Winkens, B., Koster, A., & Savelberg, H. H. (2017). Breaking sitting with light activities vs structured exercise: a randomised crossover study demonstrating benefits for glycaemic control and insulin sensitivity in type 2 diabetes. *Diabetologia*, 60(3), 490–498. <https://doi.org/10.1007/s00125-016-4161-7>

- ElSayed, N. A., Aleppo, G., Aroda, V. R., Bannuru, R. R., Brown, F. M., Bruemmer, D., Collins, B. S., Hilliard, M. E., Isaacs, D., Johnson, E. L., Kahan, S., Khunti, K., Leon, J., Lyons, S. K., Perry, M. L., Prahalad, P., Pratley, R. E., Seley, J. J., Stanton, R. C., Gabbay, R. A., ... on behalf of the American Diabetes Association (2023). 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Care in Diabetes-2023. *Diabetes care*, 46(Suppl 1), S19–S40. <https://doi.org/10.2337/dc23-S002>
- ElSayed, N. A., Aleppo, G., Aroda, V. R., Bannuru, R. R., Brown, F. M., Bruemmer, D., Collins, B. S., Hilliard, M. E., Isaacs, D., Johnson, E. L., Kahan, S., Khunti, K., Leon, J., Lyons, S. K., Perry, M. L., Prahalad, P., Pratley, R. E., Seley, J. J., Stanton, R. C., Young-Hyman, D., ... on behalf of the American Diabetes Association (2023). 5. Facilitating Positive Health Behaviors and Well-being to Improve Health Outcomes: Standards of Care in Diabetes-2023. *Diabetes care*, 46(Suppl 1), S68–S96. <https://doi.org/10.2337/dc23-S005>
- ElSayed, N. A., Aleppo, G., Aroda, V. R., Bannuru, R. R., Brown, F. M., Bruemmer, D., Collins, B. S., Hilliard, M. E., Isaacs, D., Johnson, E. L., Kahan, S., Khunti, K., Leon, J., Lyons, S. K., Perry, M. L., Prahalad, P., Pratley, R. E., Seley, J. J., Stanton, R. C., Gabbay, R. A., ... on behalf of the American Diabetes Association (2023). 7. Diabetes Technology: Standards of Care in Diabetes-2023. *Diabetes care*, 46(Suppl 1), S111–S127. <https://doi.org/10.2337/dc23-S007>
- Ekelund, U., Tarp, J., Steene-Johannessen, J., Hansen, B. H., Jefferis, B., Fagerland, M. W., Whincup, P., Diaz, K. M., Hooker, S. P., Chernofsky, A., Larson, M. G., Spartano, N., Vasan, R. S., Dohrn, I. M., Hagströmer, M., Edwardson, C., Yates, T., Shiroma, E., Anderssen, S. A., & Lee, I. M. (2019). Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis. *BMJ (Clinical research ed.)*, 366, 14570. <https://doi.org/10.1136/bmj.14570>
- Ekelund, U., Steene-Johannessen, J., Brown, W. J., Fagerland, M. W., Owen, N., Powell, K. E., Bauman, A., Lee, I. M., Lancet Physical Activity Series 2 Executive Committee, & Lancet Sedentary Behaviour Working Group (2016). Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *Lancet (London, England)*, 388(10051), 1302–1310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30370-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30370-1)
- Estabrooks, P. A., Glasgow, R. E., & Dzewaltowski, D. A. (2003). Physical activity promotion through primary care. *JAMA*, 289(22), 2913–2916. <https://doi.org/10.1001/jama.289.22.2913>
- Evans, M., Welsh, Z., Ells, S., & Seibold, A. (2020). The Impact of Flash Glucose Monitoring on Glycaemic Control as Measured by HbA1c: A Meta-analysis of Clinical

- Trials and Real-World Observational Studies. *Diabetes therapy : research, treatment and education of diabetes and related disorders*, 11(1), 83–95. <https://doi.org/10.1007/s13300-019-00720-0>
- Evans, M., Welsh, Z., & Seibold, A. (2022). Reductions in HbA1c with Flash Glucose Monitoring Are Sustained for up to 24 Months: A Meta-Analysis of 75 Real-World Observational Studies. *Diabetes therapy : research, treatment and education of diabetes and related disorders*, 13(6), 1175–1185. <https://doi.org/10.1007/s13300-022-01253-9>
 - Falconer, C. L., Page, A. S., Andrews, R. C., & Cooper, A. R. (2015). The Potential Impact of Displacing Sedentary Time in Adults with Type 2 Diabetes. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(10), 2070–2075. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000651>
 - Fatehi, F., Gray, L. C., & Russell, A. W. (2017). Mobile Health (mHealth) for Diabetes Care: Opportunities and Challenges. *Diabetes technology & therapeutics*, 19(1), 1–3. <https://doi.org/10.1089/dia.2016.0430>
 - Farooqui, & Farooqui, A. A. (2018). Role of the Mediterranean diet in the brain and neurodegenerative diseases (Farooqui & A. A. Farooqui, Eds.). Elsevier/Academic Press.
 - Fiedler, J., Eckert, T., Wunsch, K., & Woll, A. (2020). Key facets to build up eHealth and mHealth interventions to enhance physical activity, sedentary behavior and nutrition in healthy subjects - an umbrella review. *BMC public health*, 20(1), 1605. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09700-7>
 - Franch-Nadal, J., Mediavilla-Bravo, J., Mata-Cases, M., Mauricio, D., Asensio, D., & Sarroca, J. (2017). Prevalence and control of type 2 diabetes mellitus among primary care physicians in Spain. PRISMA Study. Prevalencia y control de la diabetes mellitus tipo 2 entre los médicos de Atención Primaria de España. Estudio PRISMA. *Endocrinología, diabetes y nutrición*, 64(5), 265–271. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2017.03.003>
 - Franch Nadal, J., Artola Menéndez, S., Diez Espino, J., & Mata Cases, M. (2010). Evolución de los indicadores de calidad asistencial al diabético tipo 2 en atención primaria (1996–2007). Programa de mejora continua de calidad de la Red de Grupos de Estudio de la Diabetes en Atención Primaria de la Salud. *Medicina Clínica*, 135(13), 600–607. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2009.06.033>
 - Gaede, P., Lund-Andersen, H., Parving, H. H., & Pedersen, O. (2008). Effect of a multifactorial intervention on mortality in type 2 diabetes. *The New England journal of medicine*, 358(6), 580–591. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0706245>
 - Gagnon, M. P., Ngangue, P., Payne-Gagnon, J., & Desmartis, M. (2016). m-Health adoption by healthcare professionals: a systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*, 23(1), 212–220. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocv052>

- Garatachea, N., Torres Luque, G., & González Gallego, J. (2010). Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometers in older adults. *Nutricion hospitalaria*, 25(2), 224–230.
- García Soidán J, coordinador. (2018). Guía de diabetes tipo 2 para clínicos: Recomendaciones de la redGDPS. Fundación redGDPS. Recuperado 2 de febrero de 2023, de https://www.redgdps.org/gestor/upload/colecciones/Guia%20DM2_web.pdf
- Gardner, B., Smith, L., Lorencatto, F., Hamer, M., & Biddle, S. J. (2016). How to reduce sitting time? A review of behaviour change strategies used in sedentary behaviour reduction interventions among adults. *Health psychology review*, 10(1), 89–112. <https://doi.org/10.1080/17437199.2015.1082146>
- Garrett, S., Elley, C. R., Rose, S. B., O'Dea, D., Lawton, B. A., & Dowell, A. C. (2011). Are physical activity interventions in primary care and the community cost-effective? A systematic review of the evidence. *The British journal of general practice : the journal of the Royal College of General Practitioners*, 61(584), e125–e133. <https://doi.org/10.3399/bjgp11X561249>
- Gay, V., & Leijdekkers, P. (2015). Bringing Health and Fitness Data Together for Connected Health Care: Mobile Apps as Enablers of Interoperability. *Journal of medical Internet research*, 17(11), e260. <https://doi.org/10.2196/jmir.5094>
- Gérvas, J. J., Fernández, P., & Sagredo, G. (1987). Acerca de la atención primaria (forma de trabajo y características básicas) y de los registros. En *En: Gérvas JJ* (pp. 6–16).
- Gilchrist, S. C., Howard, V. J., Akinyemiju, T., Judd, S. E., Cushman, M., Hooker, S. P., & Diaz, K. M. (2020). Association of Sedentary Behavior With Cancer Mortality in Middle-aged and Older US Adults. *JAMA oncology*, 6(8), 1210–1217. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2020.2045>
- Goday A. (2002). Epidemiología de la diabetes y sus complicaciones no coronarias [Epidemiology of diabetes and its non-coronary complications]. *Revista española de cardiología*, 55(6), 657–670. [https://doi.org/10.1016/s0300-8932\(02\)76674-8](https://doi.org/10.1016/s0300-8932(02)76674-8)
- Godkin, F. E., Jenkins, E. M., Little, J. P., Nazarali, Z., Percival, M. E., & Gibala, M. J. (2018). The effect of brief intermittent stair climbing on glycemic control in people with type 2 diabetes: a pilot study. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 43(9), 969–972. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0135>
- Goldney, R. D., Phillips, P. J., Fisher, L. J., & Wilson, D. H. (2004). Diabetes, depression, and quality of life: a population study. *Diabetes care*, 27(5), 1066–1070. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.5.1066>
- Greenwood, D. A., Gee, P. M., Fatkin, K. J., & Peeples, M. (2017). A Systematic Review of Reviews Evaluating Technology-Enabled Diabetes Self-Management Education and

- Support. *Journal of diabetes science and technology*, 11(5), 1015–1027. <https://doi.org/10.1177/1932296817713506>
- Greenwood, D. A., Howell, F., Scher, L., Yousef, G., Rinker, J., Yehl, K., Isaacs, D., & Peebles, M. M. (2020). A Framework for Optimizing Technology-Enabled Diabetes and Cardiometabolic Care and Education: The Role of the Diabetes Care and Education Specialist. *The Diabetes educator*, 46(4), 315–322. <https://doi.org/10.1177/0145721720935125>
 - GSMA Intelligence (2020), *The Mobile Economy: Middle East and North Africa 2019*, GSMA Intelligence, https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2020/03/GSMA_MobileEconomy2020_MENA_Eng.pdf.
 - Guk, K., Han, G., Lim, J., Jeong, K., Kang, T., Lim, E. K., & Jung, J. (2019). Evolution of Wearable Devices with Real-Time Disease Monitoring for Personalized Healthcare. *Nanomaterials (Basel, Switzerland)*, 9(6), 813. <https://doi.org/10.3390/nano9060813>
 - Guo, C., Zhou, Q., Zhang, D., Qin, P., Li, Q., Tian, G., Liu, D., Chen, X., Liu, L., Liu, F., Cheng, C., Qie, R., Han, M., Huang, S., Wu, X., Zhao, Y., Ren, Y., Zhang, M., Liu, Y., & Hu, D. (2020). Association of total sedentary behaviour and television viewing with risk of overweight/obesity, type 2 diabetes and hypertension: A dose-response meta-analysis. *Diabetes, obesity & metabolism*, 22(1), 79–90. <https://doi.org/10.1111/dom.13867>
 - Guo, S., Xu, Y., Qin, J., Chen, Y., You, Y., Tao, J., Liu, Z., & Huang, J. (2021). Effect of tai chi on glycaemic control, lipid metabolism and body composition in adults with type 2 diabetes: A meta-analysis and systematic review. *Journal of rehabilitation medicine*, 53(3), jrm00165. <https://doi.org/10.2340/16501977-2799>
 - Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077-e1086. [https://doi.org/10.1016/s2214-109x\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(18)30357-7)
 - Hadgraft, N. T., Winkler, E., Climie, R. E., Grace, M. S., Romero, L., Owen, N., Dunstan, D., Healy, G., & Dempsey, P. C. (2021). Effects of sedentary behaviour interventions on biomarkers of cardiometabolic risk in adults: systematic review with meta-analyses. *British journal of sports medicine*, 55(3), 144–154. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101154>
 - Haffner, S. M., Stern, M. P., Hazuda, H. P., Mitchell, B. D., & Patterson, J. K. (1990). Cardiovascular risk factors in confirmed prediabetic individuals. Does the clock for coronary heart disease start ticking before the onset of clinical diabetes?. *JAMA*, 263(21), 2893–2898. <https://doi.org/10.1001/jama.263.21.2893>

- Haghi, M., Thurow, K., & Stoll, R. (2017). Wearable Devices in Medical Internet of Things: Scientific Research and Commercially Available Devices. *Healthcare informatics research*, 23(1), 4–15. <https://doi.org/10.4258/hir.2017.23.1.4>
- Haider, R., Sudini, L., Chow, C. K., & Cheung, N. W. (2019). Mobile phone text messaging in improving glycaemic control for patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes research and clinical practice*, 150, 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2019.02.022>
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., & Lancet Physical Activity Series Working Group (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet (London, England)*, 380(9838), 247–257. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60646-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60646-1)
- Ham, C (2008) Integrating NHS Care: Lessons from the front line. Nuffield Trust.
- Hamilton, M. T., Hamilton, D. G., & Zderic, T. W. (2014). Sedentary behavior as a mediator of type 2 diabetes. *Medicine and sport science*, 60, 11–26. <https://doi.org/10.1159/000357332>
- Harvey, J. A., Chastin, S. F., & Skelton, D. A. (2013). Prevalence of sedentary behavior in older adults: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 10(12), 6645–6661. <https://doi.org/10.3390/ijerph10126645>
- Hasson, R. E., Haller, J., Pober, D. M., Staudenmayer, J., & Freedson, P. S. (2009). Validity of the Omron HJ-112 pedometer during treadmill walking. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(4), 805–809. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818d9fc2>
- Hays, R. D., & Morales, L. S. (2001). The RAND-36 measure of health-related quality of life. *Annals of medicine*, 33(5), 350–357. <https://doi.org/10.3109/07853890109002089>
- He, Q., Zhao, X., Wang, Y., Xie, Q., & Cheng, L. (2022). Effectiveness of smartphone application-based self-management interventions in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of advanced nursing*, 78(2), 348–362. <https://doi.org/10.1111/jan.14993>
- Healy, G. N., Clark, B. K., Winkler, E. A., Gardiner, P. A., Brown, W. J., & Matthews, C. E. (2011). Measurement of adults' sedentary time in population-based studies. *American journal of preventive medicine*, 41(2), 216–227. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2011.05.005>
- Healy, G. N., Winkler, E. A., Brakenridge, C. L., Reeves, M. M., & Eakin, E. G. (2015). Accelerometer-derived sedentary and physical activity time in overweight/obese adults with type 2 diabetes: cross-sectional associations with cardiometabolic biomarkers. *PloS one*, 10(3), e0119140. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119140>

- Healy, G. N., Dunstan, D. W., Salmon, J., Cerin, E., Shaw, J. E., Zimmet, P. Z., & Owen, N. (2008). Breaks in sedentary time: beneficial associations with metabolic risk. *Diabetes care*, 31(4), 661–666. <https://doi.org/10.2337/dc07-2046>
- Healy, G. N., Winkler, E. A., Owen, N., Anuradha, S., & Dunstan, D. W. (2015). Replacing sitting time with standing or stepping: associations with cardio-metabolic risk biomarkers. *European heart journal*, 36(39), 2643–2649. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv308>
- Heil, D. P., Brage, S., & Rothery, M. P. (2012). Modeling physical activity outcomes from wearable monitors. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(1 Suppl 1), S50–S60. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182399dcc>
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ (Clinical research ed.)*, 327(7414), 557–560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Holmstrup, M., Fairchild, T., Keslacy, S., Weinstock, R., & Kanaley, J. (2014). Multiple short bouts of exercise over 12-h period reduce glucose excursions more than an energy-matched single bout of exercise. *Metabolism: clinical and experimental*, 63(4), 510–519. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2013.12.006>
- Homer, A. R., Taylor, F. C., Dempsey, P. C., Wheeler, M. J., Sethi, P., Townsend, M. K., Grace, M. S., Green, D. J., Cohen, N. D., Larsen, R. N., Kingwell, B. A., Owen, N., & Dunstan, D. W. (2021). Frequency of Interruptions to Sitting Time: Benefits for Postprandial Metabolism in Type 2 Diabetes. *Diabetes care*, 44(6), 1254–1263. <https://doi.org/10.2337/dc20-1410>
- Honda, H., Igaki, M., Hatanaka, Y., Komatsu, M., Tanaka, S., Miki, T., Suzuki, T., Takaishi, T., & Hayashi, T. (2016). Stair climbing/descending exercise for a short time decreases blood glucose levels after a meal in people with type 2 diabetes. *BMJ open diabetes research & care*, 4(1), e000232. <https://doi.org/10.1136/bmjdr-2016-000232>
- Honda, H., Igaki, M., Hatanaka, Y., Komatsu, M., Tanaka, S. I., Miki, T., Matsuki, Y., Takaishi, T., & Hayashi, T. (2017). Repeated 3-minute stair climbing-descending exercise after a meal over 2 weeks increases serum 1,5-anhydroglucitol levels in people with type 2 diabetes. *Journal of physical therapy science*, 29(1), 75–78. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.75>
- Hou, C., Carter, B., Hewitt, J., Francisa, T., & Mayor, S. (2016). Do Mobile Phone Applications Improve Glycemic Control (HbA1c) in the Self-management of Diabetes? A Systematic Review, Meta-analysis, and GRADE of 14 Randomized Trials. *Diabetes care*, 39(11), 2089–2095. <https://doi.org/10.2337/dc16-0346>
- Howlett, N., Trivedi, D., Troop, N. A., & Chater, A. M. (2019). Are physical activity interventions for healthy inactive adults effective in promoting behavior change and

- maintenance, and which behavior change techniques are effective? A systematic review and meta-analysis. *Translational behavioral medicine*, 9(1), 147–157. <https://doi.org/10.1093/tbm/iby010>
- Hrafnkelsdottir, S. M., Brychta, R. J., Rognvaldsdottir, V., Gestsdottir, S., Chen, K. Y., Johannsson, E., Guðmundsdottir, S. L., & Arngrimsson, S. A. (2018). Less screen time and more frequent vigorous physical activity is associated with lower risk of reporting negative mental health symptoms among Icelandic adolescents. *PloS one*, 13(4), e0196286. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196286>
 - Hu, F. B., Li, T. Y., Colditz, G. A., Willett, W. C., & Manson, J. E. (2003). Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *JAMA*, 289(14), 1785–1791. <https://doi.org/10.1001/jama.289.14.1785>
 - Iglay, K., Hannachi, H., Joseph Howie, P., Xu, J., Li, X., Engel, S. S., Moore, L. M., & Rajpathak, S. (2016). Prevalence and co-prevalence of comorbidities among patients with type 2 diabetes mellitus. *Current medical research and opinion*, 32(7), 1243–1252. <https://doi.org/10.1185/03007995.2016.1168291>
 - IDF Diabetes Atlas | Tenth Edition. (2021). Recuperado 7 de septiembre de 2022, de <https://diabetesatlas.org/>
 - Fina, F., Méndez, L., y Medina, M. (2008). Sistemas de Información de los Servicios de Atención Primaria. La experiencia 2006-2008 del Institut Català de la Salut. *Rev Innovación Sanit y Atención Integr* 1(1). https://sefap.org/media/upload/arxiu/formacion/aula_fap_2010/bibliografia/SISAP_IC_S.pdf
 - Instituto Nacional de Estadística (INE). (2020). Encuesta Europea de Salud En España 2020. Recuperado 7 de septiembre de 2022, de https://www.ine.es/prensa/eese_2020.pdf
 - Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], O.A., M.P., (2018). La prevención de los efectos sobre la salud derivados del trabajo sedentario en jóvenes asociado a las nuevas tecnologías. España. Disponible:<https://www.insst.es/documents/94886/538970/Sedentarismo+jovenes.pdf/c82d00c7-5fcf-4f73-bcc5-0e78bca969fd>
 - Islam, S. M. S., Mishra, V., Siddiqui, M. U., Moses, J. C., Adibi, S., Nguyen, L., & Wickramasinghe, N. (2022). Smartphone Apps for Diabetes Medication Adherence: Systematic Review. *JMIR diabetes*, 7(2), e33264. <https://doi.org/10.2196/33264J>
 - Jarvie, J. L., Pandey, A., Ayers, C. R., McGavock, J. M., Sénéchal, M., Berry, J. D., Patel, K. V., & McGuire, D. K. (2019). Aerobic Fitness and Adherence to Guideline-Recommended Minimum Physical Activity Among Ambulatory Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. *Diabetes care*, 42(7), 1333–1339. <https://doi.org/10.2337/dc18-2634>

- Jones, M., Bright, P., Hansen, L., Ihnatsenka, O., & Carek, P. J. (2019). Promoting Physical Activity in a Primary Care Practice: Overcoming the Barriers. *American journal of lifestyle medicine*, 15(2), 158–164. <https://doi.org/10.1177/1559827619867693>
- Jeannin, A., Narring, F., Tschumper, A., Bonivento, L. I., Addor, V., Bütikofer, A., Suris, J. C., Diserens, C., Alsaker, F., van Melle, G., & Michaud, P. A. (2005). Self-reported health needs and use of primary health care services by adolescents enrolled in post-mandatory schools or vocational training programmes in Switzerland. *Swiss medical weekly*, 135(1-2), 11–18. <https://doi.org/10.4414/smw.2005.10846>
- Jeong, I. C., Bychkov, D., & Searson, P. C. (2019). Wearable Devices for Precision Medicine and Health State Monitoring. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 66(5), 1242–1258. <https://doi.org/10.1109/TBME.2018.2871638>
- Jelleyman, C., Yates, T., O'Donovan, G., Gray, L. J., King, J. A., Khunti, K., & Davies, M. J. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 16(11), 942–961. <https://doi.org/10.1111/obr.12317>
- Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, et al. Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2022;54(2):353-368. doi:10.1249/MSS.0000000000002800
- Karasek R, Brisson C, Kawakami N, Houtman I, Bongers P, Amick B. The Job Content Questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics. *J Occup Health Psychol.* 1998;3(4):322–55. <https://doi.org/10.1037//1076-8998.3.4.322>
- Katzmarzyk, P. T., Church, T. S., Craig, C. L., & Bouchard, C. (2009). Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(5), 998–1005. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181930355>
- Kelsey, M. D., Nelson, A. J., Green, J. B., Granger, C. B., Peterson, E. D., McGuire, D. K., & Pagidipati, N. J. (2022). Guidelines for Cardiovascular Risk Reduction in Patients With Type 2 Diabetes: JACC Guideline Comparison. *Journal of the American College of Cardiology*, 79(18), 1849–1857. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.02.046>
- Khoo, S., Mohbin, N., Ansari, P., Al-Kitani, M., & Müller, A. M. (2021). mHealth Interventions to Address Physical Activity and Sedentary Behavior in Cancer Survivors: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 18(11), 5798. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115798>

- Kitsiou, S., Paré, G., Jaana, M., & Gerber, B. (2017). Effectiveness of mHealth interventions for patients with diabetes: An overview of systematic reviews. *PloS one*, 12(3), e0173160. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173160>
- Kolb, H., & Martin, S. (2017). Environmental/lifestyle factors in the pathogenesis and prevention of type 2 diabetes. *BMC medicine*, 15(1), 131. <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0901-x>
- Krasnoff, J. B., Kohn, M. A., Choy, F. K., Doyle, J., Johansen, K., & Painter, P. L. (2008). Interunit and intraunit reliability of the RT3 triaxial accelerometer. *Journal of physical activity & health*, 5(4), 527–538. <https://doi.org/10.1123/jpah.5.4.527>
- Kujala UM, Pietilä J, Myllymäki T, et al. Physical Activity: Absolute Intensity versus Relative-to-Fitness-Level Volumes. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(3):474-481. doi:10.1249/MSS.0000000000001134
- Lamming, L., Pears, S., Mason, D., Morton, K., Bijker, M., Sutton, S., Hardeman, W., & VBI Programme Team (2017). What do we know about brief interventions for physical activity that could be delivered in primary care consultations? A systematic review of reviews. *Preventive medicine*, 99, 152–163. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.02.017>
- Lancaster, T., & Stead, L. (2004). Physician advice for smoking cessation. *The Cochrane database of systematic reviews*, (4), CD000165. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000165.pub2>
- Lätt, E., Mäestu, J., Ortega, F. B., Rääsk, T., Jürimäe, T., & Jürimäe, J. (2015). Vigorous physical activity rather than sedentary behaviour predicts overweight and obesity in pubertal boys: a 2-year follow-up study. *Scandinavian journal of public health*, 43(3), 276–282. <https://doi.org/10.1177/1403494815569867>
- Lebovitz H. E. (2001). Insulin resistance: definition and consequences. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes : official journal, German Society of Endocrinology [and] German Diabetes Association*, 109 Suppl 2, S135–S148. <https://doi.org/10.1055/s-2001-18576>
- Lewith, G., Peters, D., & Manning, C. (2016). Primary care is the cornerstone of our NHS. *The British journal of general practice : the journal of the Royal College of General Practitioners*, 66(653), 604. <https://doi.org/10.3399/bjgp16X688069>
- Lewis, K. H., & Gudzone, K. A. (2014). Overcoming challenges to obesity counseling: Suggestions for the primary care provider. *Journal of Clinical Outcomes Management*, 21(3), 123-133.
- Li, R. T., Kling, S. R., Salata, M. J., Cupp, S. A., Sheehan, J., & Voos, J. E. (2016). Wearable Performance Devices in Sports Medicine. *Sports health*, 8(1), 74–78. <https://doi.org/10.1177/1941738115616917>

- Lim, H. M., Dunn, A. G., Muhammad Firdaus Ooi, S., Teo, C. H., Abdullah, A., Woo, W. J., & Ng, C. J. (2021). mHealth adoption among primary care physicians in Malaysia and its associated factors: a cross-sectional study. *Family practice*, 38(3), 210–217. <https://doi.org/10.1093/fampra/cmaa103>
- Lin B. (2019). Wearable Smart Devices for P4 Medicine in Heart Disease: Ready for Medical Cyber-Physical Systems?. *Omics : a journal of integrative biology*, 23(5), 291–292. <https://doi.org/10.1089/omi.2019.0059>
- Lobelo, F., Stoutenberg, M., & Hutber, A. (2014). The Exercise is Medicine Global Health Initiative: a 2014 update. *British journal of sports medicine*, 48(22), 1627–1633. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093080>
- Loh, R., Stamatakis, E., Folkerts, D., Allgrove, J. E., & Moir, H. J. (2020). Effects of Interrupting Prolonged Sitting with Physical Activity Breaks on Blood Glucose, Insulin and Triacylglycerol Measures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(2), 295–330. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01183-w>
- López-Valenciano, A., Mayo, X., Liguori, G., Copeland, R. J., Lamb, M., & Jimenez, A. (2020). Changes in sedentary behaviour in European Union adults between 2002 and 2017. *BMC public health*, 20(1), 1206. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09293-1>
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., Jung, M. E., & Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 111(6), 1554–1560. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00921.2011>
- Lyden, K., Keadle, S. K., Staudenmayer, J., & Freedson, P. S. (2017). The activPAL™ Accurately Classifies Activity Intensity Categories in Healthy Adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(5), 1022–1028. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001177>
- Marshall, A. L., Miller, Y. D., Burton, N. W., & Brown, W. J. (2010). Measuring total and domain-specific sitting: a study of reliability and validity. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(6), 1094–1102. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c5ec18>
- Martin, A., Fitzsimons, C., Jepson, R., Saunders, D. H., van der Ploeg, H. P., Teixeira, P. J., Gray, C. M., Mutrie, N., & EuroFIT consortium (2015). Interventions with potential to reduce sedentary time in adults: systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 49(16), 1056–1063. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094524>
- Mata, M., Antoñanzas, F., Tafalla, M., & Sanz, P. (2002). El coste de la diabetes tipo 2 en España. El estudio CODE-2 [The cost of type 2 diabetes in Spain: the CODE-2 study]. *Gaceta sanitaria*, 16(6), 511–520. [https://doi.org/10.1016/s0213-9111\(02\)71973-0](https://doi.org/10.1016/s0213-9111(02)71973-0)

- Mata-Cases, M., Artola, S., Escalada, J., Ezkurra-Loyola, P., Ferrer-García, J. C., Fornos, J. A., Gírbés, J., Rica, I., & en nombre del Grupo de Trabajo de Consensos y Guías Clínicas de la Sociedad Española de Diabetes (2015). Consensus on the detection and management of prediabetes. Consensus and Clinical Guidelines Working Group of the Spanish Diabetes Society. Consenso sobre la detección y el manejo de la prediabetes. Grupo de Trabajo de Consensos y Guías Clínicas de la Sociedad Española de Diabetes. *Revista clinica espanola*, 215(2), 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2014.10.012>
- Mata-Cases, M., Roura-Olmeda, P., Berengué-Iglesias, M., Birulés-Pons, M., Mundet-Tuduri, X., Franch-Nadal, J., Benito-Badorrey, B., Cano-Pérez, J. F., & Diabetes Study Group in Primary Health Care (GEDAPS: Grup d'Estudi de la Diabetis a l'Atenció Primària de Salut, Catalanian Society of Family and Community Medicine) (2012). Fifteen years of continuous improvement of quality care of type 2 diabetes mellitus in primary care in Catalonia, Spain. *International journal of clinical practice*, 66(3), 289–298. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2011.02872.x>
- Mata M, Cos FX, Morros R, Diego L, Barrot J, Berengué M, Brugada M, Carrera T Cano JF, Estruch M, Garrido JM, Mendoza G, Mesa J, Muñoz M, Recasens A, Vallès JA. (2013). Abordatge de la diabetis mellitus tipus 2 [en línia]. 2a ed. Barcelona: Institut Català de la Salut. (Guies de pràctica clínica i material docent, núm. 15). Disponible a: <http://www.gencat.cat/ics/professionals/guies/diabetis/diabetis.htm>
- McFarlane, S. I., Jacober, S. J., Winer, N., Kaur, J., Castro, J. P., Wui, M. A., Gliwa, A., Von Gizycki, H., & Sowers, J. R. (2002). Control of cardiovascular risk factors in patients with diabetes and hypertension at urban academic medical centers. *Diabetes care*, 25(4), 718–723. <https://doi.org/10.2337/diacare.25.4.718>
- Menéndez Torre, E. L., Ares Blanco, J., Conde Barreiro, S., Rojo Martínez, G., Delgado Alvarez, E., & en representación del Grupo de Epidemiología de la Sociedad Española de Diabetes (SED) (2021). Prevalence of diabetes mellitus in Spain in 2016 according to the Primary Care Clinical Database (BDCAP). Prevalencia de diabetes mellitus en 2016 en España según la Base de Datos Clínicos de Atención Primaria (BDCAP). *Endocrinología, diabetes y nutrición*, 68(2), 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2019.12.004>
- Michie, S., Richardson, M., Johnston, M., Abraham, C., Francis, J., Hardeman, W., Eccles, M. P., Cane, J., & Wood, C. E. (2013). The behavior change technique taxonomy (v1) of 93 hierarchically clustered techniques: building an international consensus for the reporting of behavior change interventions. *Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine*, 46(1), 81–95. <https://doi.org/10.1007/s12160-013-9486-6>

- Mielke, G. I., da Silva, I. C., Owen, N., & Hallal, P. C. (2014). Brazilian adults' sedentary behaviors by life domain: population-based study. *PloS one*, 9(3), e91614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091614>
- Milne-Ives, M., Lam, C., De Cock, C., Van Velthoven, M. H., & Meinert, E. (2020). Mobile Apps for Health Behavior Change in Physical Activity, Diet, Drug and Alcohol Use, and Mental Health: Systematic Review. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(3), e17046. <https://doi.org/10.2196/17046>
- Milton, K., Gomersall, S. R., & Schipperijn, J. (2023). Let's get moving: The Global Status Report on Physical Activity 2022 calls for urgent action. *Journal of sport and health science*, 12(1), 5–6. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.12.006>
- Miyamoto, T., Fukuda, K., Oshima, Y., & Moritani, T. (2017). Non-locomotive physical activity intervention using a tri-axial accelerometer reduces sedentary time in type 2 diabetes. *The Physician and sportsmedicine*, 45(3), 245–251. <https://doi.org/10.1080/00913847.2017.1350084>
- Moghetti, P., Balducci, S., Guidetti, L., Mazzuca, P., Rossi, E., Schena, F., Italian Society of Diabetology (SID), Italian Association of Medical Diabetologists (AMD), & Italian Society of Motor and Sports Sciences (SISMES) (2020). Walking for subjects with type 2 diabetes: A systematic review and joint AMD/SID/SISMES evidence-based practical guideline. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases : NMCD*, 30(11), 1882–1898. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.08.021>
- Müller, A. M., Maher, C. A., Vandelanotte, C., Hingle, M., Middelweerd, A., Lopez, M. L., DeSmet, A., Short, C. E., Nathan, N., Hutchesson, M. J., Poppe, L., Woods, C. B., Williams, S. L., & Wark, P. A. (2018). Physical Activity, Sedentary Behavior, and Diet-Related eHealth and mHealth Research: Bibliometric Analysis. *Journal of medical Internet research*, 20(4), e122. <https://doi.org/10.2196/jmir.8954>
- National Institute for Health and Care Excellence. (2013, 29 de mayo). Physical activity: brief advice for adults in primary care. PH44. London. <https://www.nice.org.uk/guidance/ph44>
- Nieste, I., Franssen, W. M. A., Spaas, J., Bruckers, L., Savelberg, H. H. C. M., & Eijnde, B. O. (2021). Lifestyle interventions to reduce sedentary behaviour in clinical populations: A systematic review and meta-analysis of different strategies and effects on cardiometabolic health. *Preventive medicine*, 148, 106593. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2021.106593>
- Ngueleu, A. M., Barthod, C., Best, K. L., Routhier, F., Otis, M., & Batcho, C. S. (2022). Criterion validity of ActiGraph monitoring devices for step counting and distance measurement in adults and older adults: a systematic review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 19(1), 112. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01085-5>

- OMS (2022, 19 octubre). Informe sobre la situación mundial de la actividad física 2022: resumen ejecutivo. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/363592>
- Owen, N., Sugiyama, T., Eakin, E. E., Gardiner, P. A., Tremblay, M. S., & Sallis, J. F. (2011). Adults' sedentary behavior determinants and interventions. *American journal of preventive medicine*, 41(2), 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2011.05.013>
- Owen N. (2012). Sedentary behavior: understanding and influencing adults' prolonged sitting time. *Preventive medicine*, 55(6), 535–539. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2012.08.024>
- Pan, B., Ge, L., Xun, Y. Q., Chen, Y. J., Gao, C. Y., Han, X., Zuo, L. Q., Shan, H. Q., Yang, K. H., Ding, G. W., & Tian, J. H. (2018). Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 15(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0703-3>
- Pandey, A., Patel, K. V., Bahnson, J. L., Gaussoin, S. A., Martin, C. K., Balasubramanyam, A., Johnson, K. C., McGuire, D. K., Bertoni, A. G., Kitzman, D., Berry, J. D., & Look AHEAD Research Group (2020). Association of Intensive Lifestyle Intervention, Fitness, and Body Mass Index With Risk of Heart Failure in Overweight or Obese Adults With Type 2 Diabetes Mellitus: An Analysis From the Look AHEAD Trial. *Circulation*, 141(16), 1295–1306. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.119.044865>
- Pareja-Galeano, H., Garatachea, N., & Lucia, A. (2015). Exercise as a Polypill for Chronic Diseases. *Progress in molecular biology and translational science*, 135, 497–526. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.07.019>
- Patnode, C. D., Evans, C. V., Senger, C. A., Redmond, N., & Lin, J. S. (2017). Behavioral Counseling to Promote a Healthful Diet and Physical Activity for Cardiovascular Disease Prevention in Adults Without Known Cardiovascular Disease Risk Factors: Updated Systematic Review for the U.S. Preventive Services Task Force. Agency for Healthcare Research and Quality (US).
- Peachey, M. M., Richardson, J., V Tang, A., Dal-Bello Haas, V., & Gravesande, J. (2020). Environmental, behavioural and multicomponent interventions to reduce adults' sitting time: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 54(6), 315–325. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098968>
- Pengpid, S., & Peltzer, K. (2019). Sedentary Behaviour, Physical Activity and Life Satisfaction, Happiness and Perceived Health Status in University Students from 24 Countries. *International journal of environmental research and public health*, 16(12), 2084. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122084>

- Pereira, M. A., Mullane, S. L., Toledo, M. J. L., Larouche, M. L., Rydell, S. A., Vuong, B., Feltes, L. H., Mitchell, N. R., de Brito, J. N., Hasanaj, K., Carlson, N. G., Gaesser, G. A., Crespo, N. C., Oakes, J. M., & Buman, M. P. (2020). Efficacy of the 'Stand and Move at Work' multicomponent workplace intervention to reduce sedentary time and improve cardiometabolic risk: a group randomized clinical trial. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 17(1), 133. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01033-3>
- Pigeyre, M., Hess, S., Gomez, M. F., Asplund, O., Groop, L., Paré, G., & Gerstein, H. (2022). Validation of the classification for type 2 diabetes into five subgroups: a report from the ORIGIN trial. *Diabetologia*, 65(1), 206–215. <https://doi.org/10.1007/s00125-021-05567-4>
- Plasqui, G., Bonomi, A. G., & Westerterp, K. R. (2013). Daily physical activity assessment with accelerometers: new insights and validation studies. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 14(6), 451–462. <https://doi.org/10.1111/obr.12021>
- Pludwinski, S., Ahmad, F., Wayne, N., & Ritvo, P. (2016). Participant experiences in a smartphone-based health coaching intervention for type 2 diabetes: A qualitative inquiry. *Journal of telemedicine and telecare*, 22(3), 172–178. <https://doi.org/10.1177/1357633X15595178>
- Poppe, L., De Bourdeaudhuij, I., Verloigne, M., Shadid, S., Van Cauwenberg, J., Compernelle, S., & Crombez, G. (2019). Efficacy of a Self-Regulation-Based Electronic and Mobile Health Intervention Targeting an Active Lifestyle in Adults Having Type 2 Diabetes and in Adults Aged 50 Years or Older: Two Randomized Controlled Trials. *Journal of medical Internet research*, 21(8), e13363. <https://doi.org/10.2196/13363>
- Powers, M. A., Bardsley, J. K., Cypress, M., Funnell, M. M., Harms, D., Hess-Fischl, A., Hooks, B., Isaacs, D., Mandel, E. D., Maryniuk, M. D., Norton, A., Rinker, J., Siminerio, L. M., & Uelman, S. (2020). Diabetes Self-management Education and Support in Adults With Type 2 Diabetes: A Consensus Report of the American Diabetes Association, the Association of Diabetes Care & Education Specialists, the Academy of Nutrition and Dietetics, the American Academy of Family Physicians, the American Academy of PAs, the American Association of Nurse Practitioners, and the American Pharmacists Association. *Diabetes care*, 43(7), 1636–1649. <https://doi.org/10.2337/dci20-0023>
- Prince, S. A., Cardilli, L., Reed, J. L., Saunders, T. J., Kite, C., Douillette, K., Fournier, K., & Buckley, J. P. (2020). A comparison of self-reported and device measured sedentary behaviour in adults: a systematic review and meta-analysis. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 17(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-00938-3>

- Prince, S. A., Saunders, T. J., Gresty, K., & Reid, R. D. (2014). A comparison of the effectiveness of physical activity and sedentary behaviour interventions in reducing sedentary time in adults: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 15(11), 905–919. <https://doi.org/10.1111/obr.12215>
- Programa d'harmonització farmacoterapèutica. (2019). CatSalut. Servei Català de la Salut. <https://catsalut.gencat.cat/ca/proveidors-professionals/farmacia-medicaments/programa-harmonitzacio-farmacoterapeutica/>
- Puig-Ribera, A., Martín-Cantera, C., Puigdomenech, E., Real, J., Romaguera, M., Magdalena-Belio, J. F., Recio-Rodríguez, J. I., Rodríguez-Martin, B., Arietaleanizbeaskoa, M. S., Repiso-Gento, I., Garcia-Ortiz, L., & EVIDENT Group (2015). Screening Physical Activity in Family Practice: Validity of the Spanish Version of a Brief Physical Activity Questionnaire. *PloS one*, 10(9), e0136870. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136870>
- Puig Ribera, A., Peña Chimenis, O., Romaguera Bosch, M., Duran Bellido, E., Heras Tebar, A., Solà Gonfaus, M., Sarmiento Cruz, M., & Cid Cantarero, A. (2012). Cómo identificar la inactividad física en atención primaria: validación de las versiones catalana y española de 2 cuestionarios breves [How to identify physical inactivity in primary care: validation of the Catalan and Spanish versions of 2 short questionnaires]. *Atencion primaria*, 44(8), 485–493. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2012.01.005R>
- Rawshani, A., Rawshani, A., Franzén, S., Sattar, N., Eliasson, B., Svensson, A. M., Zethelius, B., Miftaraj, M., McGuire, D. K., Rosengren, A., & Gudbjörnsdóttir, S. (2018). Risk Factors, Mortality, and Cardiovascular Outcomes in Patients with Type 2 Diabetes. *The New England journal of medicine*, 379(7), 633–644. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1800256>
- redGDPS. (2018). Guía de diabetes tipo 2 para clínicos. Fundación RedGDPS. <https://www.redgdps.org/guia-de-diabetes-tipo-2-para-clinicos/>
- Rees-Punia, E., Evans, E. M., Schmidt, M. D., Gay, J. L., Matthews, C. E., Gapstur, S. M., & Patel, A. V. (2019). Mortality Risk Reductions for Replacing Sedentary Time With Physical Activities. *American journal of preventive medicine*, 56(5), 736–741. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2018.12.006>
- Rejeski, W. J., Ip, E. H., Bertoni, A. G., Bray, G. A., Evans, G., Gregg, E. W., Zhang, Q., & Look AHEAD Research Group (2012). Lifestyle change and mobility in obese adults with type 2 diabetes. *The New England journal of medicine*, 366(13), 1209–1217. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1110294>
- Rockette-Wagner, B., Edelstein, S., Venditti, E. M., Reddy, D., Bray, G. A., Carrion-Petersen, M. L., Dabelea, D., Delahanty, L. M., Florez, H., Franks, P. W., Montez, M.

- G., Rubin, R., Kriska, A. M., & Diabetes Prevention Program Research Group (2015). The impact of lifestyle intervention on sedentary time in individuals at high risk of diabetes. *Diabetologia*, 58(6), 1198–1202. <https://doi.org/10.1007/s00125-015-3565-0>
- Román Viñas, B., Ribas Barba, L., Ngo, J., & Serra Majem, L. (2013). Validación en población catalana del cuestionario internacional de actividad física [Validity of the international physical activity questionnaire in the Catalan population (Spain)]. *Gaceta sanitaria*, 27(3), 254–257. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2012.05.013>
 - Rosenberg, D. E., Bull, F. C., Marshall, A. L., Sallis, J. F., & Bauman, A. E. (2008). Assessment of sedentary behavior with the International Physical Activity Questionnaire. *Journal of physical activity & health*, 5 Suppl 1, S30–S44. <https://doi.org/10.1123/jpah.5.s1.s30>
 - Ross, R., Chaput, J. P., Giangregorio, L. M., Janssen, I., Saunders, T. J., Kho, M. E., Poitras, V. J., Tomasone, J. R., El-Kotob, R., McLaughlin, E. C., Duggan, M., Carrier, J., Carson, V., Chastin, S. F., Latimer-Cheung, A. E., Chulak-Bozzer, T., Faulkner, G., Flood, S. M., Gazendam, M. K., Healy, G. N., ... Tremblay, M. S. (2020). Canadian 24-Hour Movement Guidelines for Adults aged 18-64 years and Adults aged 65 years or older: an integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 45(10 (Suppl. 2)), S57–S102. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0467>
 - Rowland, S. P., Fitzgerald, J. E., Holme, T., Powell, J., & McGregor, A. (2020). What is the clinical value of mHealth for patients?. *NPJ digital medicine*, 3, 4. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0206-x>
 - Rowlands, A., Davies, M., Dempsey, P., Edwardson, C., Razieh, C., & Yates, T. (2021). Wrist-worn accelerometers: recommending ~1.0 mg as the minimum clinically important difference (MCID) in daily average acceleration for inactive adults. *British journal of sports medicine*, 55(14), 814–815. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102293>
 - Riegel, B., Moser, D. K., Buck, H. G., Dickson, V. V., Dunbar, S. B., Lee, C. S., Lennie, T. A., Lindenfeld, J., Mitchell, J. E., Treat-Jacobson, D. J., Webber, D. E., & American Heart Association Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Peripheral Vascular Disease; and Council on Quality of Care and Outcomes Research (2017). Self-Care for the Prevention and Management of Cardiovascular Disease and Stroke: A Scientific Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Journal of the American Heart Association*, 6(9), e006997. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.006997>
 - Riera-Sampol, A., Bennasar-Veny, M., Tauler, P., & Aguiló, A. (2021). Effectiveness of physical activity prescription by primary care nurses using health assets: A randomized

- controlled trial. *Journal of advanced nursing*, 77(3), 1518–1532.
<https://doi.org/10.1111/jan.14649>
- Rinaldi, G., Hijazi, A., & Haghparast-Bidgoli, H. (2020). Cost and cost-effectiveness of mHealth interventions for the prevention and control of type 2 diabetes mellitus: A systematic review. *Diabetes research and clinical practice*, 162, 108084.
<https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108084>
 - Rivero F. (2022). Informe Ditrendia Mobile en España y en el Mundo 2022.
https://www.ditrendia.es/informe_mobile_2022
 - Ruiz-García, A., Arranz-Martínez, E., García-Álvarez, J. C., et al. (2020). Prevalence of diabetes mellitus in Spanish primary care setting and its association with cardiovascular risk factors and cardiovascular diseases. SIMETAP-DM study. Prevalencia de diabetes mellitus en el ámbito de la atención primaria española y su asociación con factores de riesgo cardiovascular y enfermedades cardiovasculares. Estudio SIMETAP-DM. *Clinica e investigación en arteriosclerosis : publicación oficial de la Sociedad Española de Arteriosclerosis*, 32(1), 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.arteri.2019.03.006>
 - Ryan, C. G., Grant, P. M., Dall, P. M., & Granat, M. H. (2011). Sitting patterns at work: objective measurement of adherence to current recommendations. *Ergonomics*.
 - Saint-Maurice, P. F., Troiano, R. P., Bassett, D. R., Jr, Graubard, B. I., Carlson, S. A., Shiroma, E. J., Fulton, J. E., & Matthews, C. E. (2020). Association of Daily Step Count and Step Intensity With Mortality Among US Adults. *JAMA*, 323(12), 1151–1160.
<https://doi.org/10.1001/jama.2020.1382>
 - Same, R. V., Feldman, D. I., Shah, N., Martin, S. S., Al Rifai, M., Blaha, M. J., Graham, G., & Ahmed, H. M. (2016). Relationship Between Sedentary Behavior and Cardiovascular Risk. *Current cardiology reports*, 18(1), 6.
<https://doi.org/10.1007/s11886-015-0678-5>
 - Sawesi, S., Rashrash, M., Phalakornkule, K., Carpenter, J. S., & Jones, J. F. (2016). The Impact of Information Technology on Patient Engagement and Health Behavior Change: A Systematic Review of the Literature. *JMIR medical informatics*, 4(1), e1.
<https://doi.org/10.2196/medinform.4514>
 - Schellenberg, E. S., Dryden, D. M., Vandermeer, B., Ha, C., & Korownyk, C. (2013). Lifestyle interventions for patients with and at risk for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Annals of internal medicine*, 159(8), 543–551.
<https://doi.org/10.7326/0003-4819-159-8-201310150-00007>
 - Sezgin, E., Özkan-Yildirim, S., & Yildirim, S. (2017). Investigation of physicians' awareness and use of mHealth apps: A mixed method study. *Health Policy and Technology*, 6(3), 251-267. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2017.07.007>

- Rao Kondapally Seshasai, S., Kaptoge, S., Thompson, A., Di Angelantonio, E., Gao, P., Sarwar, N., Whincup, P. H., Mukamal, K. J., Gillum, R. F., Holme, I., Njølstad, I., Fletcher, A., Nilsson, P., Lewington, S., Collins, R., Gudnason, V., Thompson, S. G., Sattar, N., Selvin, E., Hu, F. B., ... Emerging Risk Factors Collaboration (2011). Diabetes mellitus, fasting glucose, and risk of cause-specific death. *The New England journal of medicine*, 364(9), 829–841. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1008862>
- Sluik, D., Buijsse, B., Muckelbauer, R., Kaaks, R., Teucher, B., Johnsen, N. F., Tjønneland, A., Overvad, K., Ostergaard, J. N., Amiano, P., Ardanaz, E., Bendinelli, B., Pala, V., Tumino, R., Ricceri, F., Mattiello, A., Spijkerman, A. M., Monninkhof, E. M., May, A. M., Franks, P. W., ... Nöthlings, U. (2012). Physical Activity and Mortality in Individuals With Diabetes Mellitus: A Prospective Study and Meta-analysis. *Archives of internal medicine*, 172(17), 1285–1295. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2012.3130>
- Soriguer, F., Goday, A., Bosch-Comas, A., Bordiú, E., Calle-Pascual, A., Carmena, R., Casamitjana, R., Castaño, L., Castell, C., Catalá, M., Delgado, E., Franch, J., Gaztambide, S., Girbés, J., Gomis, R., Gutiérrez, G., López-Alba, A., Martínez-Larrad, M. T., Menéndez, E., Mora-Peces, I., ... Vendrell, J. (2012). Prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose regulation in Spain: the Di@bet.es Study. *Diabetologia*, 55(1), 88–93. <https://doi.org/10.1007/s00125-011-2336-9>
- Statista. (2023, 18 enero). Smartphone subscriptions worldwide 2016-2021, with forecasts from 2022 to 2027. <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>
- Starfield B. (1994). Is primary care essential?. *Lancet (London, England)*, 344(8930), 1129–1133. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(94\)90634-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(94)90634-3)
- Stephenson, A., McDonough, S. M., Murphy, M. H., Nugent, C. D., & Mair, J. L. (2017). Using computer, mobile and wearable technology enhanced interventions to reduce sedentary behaviour: a systematic review and meta-analysis. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 14(1), 105. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0561-4>
- Shrestha, N., Kukkonen-Harjula, K. T., Verbeek, J. H., Ijaz, S., Hermans, V., & Pedisic, Z. (2018). Workplace interventions for reducing sitting at work. *The Cochrane database of systematic reviews*, 6(6), CD010912. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010912.pub4>
- Shuval, K., Gabriel, K. P., & Leonard, T. (2013). TV viewing and BMI by race/ethnicity and socio-economic status. *PloS one*, 8(5), e63579. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063579>

- Sodi, R., McKay, K., Dampetla, S., & Pappachan, J. M. (2018). Monitoring glycaemic control in patients with diabetes mellitus. *BMJ (Clinical research ed.)*, 363, k4723. <https://doi.org/10.1136/bmj.k4723>
- Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B. B., Stein, C., Basit, A., Chan, J. C. N., Mbanya, J. C., Pavkov, M. E., Ramachandaran, A., Wild, S. H., James, S., Herman, W. H., Zhang, P., Bommer, C., Kuo, S., Boyko, E. J., & Magliano, D. J. (2022). IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes research and clinical practice*, 183, 109119. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109119>
- Talboom-Kamp, E. P., Verdijk, N. A., Harmans, L. M., Numans, M. E., & Chavannes, N. H. (2016). An eHealth Platform to Manage Chronic Disease in Primary Care: An Innovative Approach. *Interactive journal of medical research*, 5(1), e5. <https://doi.org/10.2196/ijmr.4217>
- Tancredi, M., Rosengren, A., Svensson, A. M., Kosiborod, M., Pivodic, A., Gudbjörnsdóttir, S., Wedel, H., Clements, M., Dahlqvist, S., & Lind, M. (2015). Excess Mortality among Persons with Type 2 Diabetes. *The New England journal of medicine*, 373(18), 1720–1732. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1504347>
- Teychenne, M., Costigan, S. A., & Parker, K. (2015). The association between sedentary behaviour and risk of anxiety: a systematic review. *BMC public health*, 15, 513. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1843-x>
- Tissot, H., Pfarrwaller, E., & Haller, D. M. (2021). Primary care prevention of cardiovascular risk behaviors in adolescents: A systematic review. *Preventive medicine*, 142, 106346. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106346>
- Toop L. (1998). Primary care: core values. Patient centred primary care. *BMJ (Clinical research ed.)*, 316(7148), 1882–1883. <https://doi.org/10.1136/bmj.316.7148.1882>
- Tremblay, M. S., Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., Chastin, S. F. M., Altenburg, T. M., Chinapaw, M. J. M., & SBRN Terminology Consensus Project Participants (2017). Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project process and outcome. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 14(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>
- Tricco, A. C., Ivers, N. M., Grimshaw, J. M., Moher, D., Turner, L., Galipeau, J., Halperin, I., Vachon, B., Ramsay, T., Manns, B., Tonelli, M., & Shojania, K. (2012). Effectiveness of quality improvement strategies on the management of diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet (London, England)*, 379(9833), 2252–2261. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60480-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60480-2)

- Tulloch, H., Fortier, M., & Hogg, W. (2006). Physical activity counseling in primary care: who has and who should be counseling?. *Patient education and counseling*, 64(1-3), 6–20. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2005.10.010>
- Unick JL, Gaussoin SA, Hill JO, Jakicic JM, Bond DS, Hellgren M, Johnson KC, Peters AL, Coday M, Kitzman DW, Bossart S, Wing RR. Four-year physical activity levels among intervention participants with type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc*. 2016 Dec;48(12):2437–45.
doi: 10.1249/MSS.0000000000001054. <http://europepmc.org/abstract/MED/2747178>
- Vallance, J. K., Winkler, E. A., Gardiner, P. A., Healy, G. N., Lynch, B. M., & Owen, N. (2011). Associations of objectively-assessed physical activity and sedentary time with depression: NHANES (2005-2006). *Preventive medicine*, 53(4-5), 284–288. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.07.013>
- van der Berg, J. D., Stehouwer, C. D., Bosma, H., van der Velde, J. H., Willems, P. J., Savelberg, H. H., Schram, M. T., Sep, S. J., van der Kallen, C. J., Henry, R. M., Dagnelie, P. C., Schaper, N. C., & Koster, A. (2016). Associations of total amount and patterns of sedentary behaviour with type 2 diabetes and the metabolic syndrome: The Maastricht Study. *Diabetologia*, 59(4), 709–718. <https://doi.org/10.1007/s00125-015-3861-8>
- van der Wardt, V., di Lorito, C., & Viniol, A. (2021). Promoting physical activity in primary care: a systematic review and meta-analysis. *The British journal of general practice : the journal of the Royal College of General Practitioners*, 71(706), e399–e405. <https://doi.org/10.3399/BJGP.2020.0817>
- van der Weegen, S., Verwey, R., Spreeuwenberg, M., Tange, H., van der Weijden, T., & de Witte, L. (2015). It's LiFe! Mobile and Web-Based Monitoring and Feedback Tool Embedded in Primary Care Increases Physical Activity: A Cluster Randomized Controlled Trial. *Journal of medical Internet research*, 17(7), e184. <https://doi.org/10.2196/jmir.4579>
- van Dommelen, P., Coffeng, J. K., van der Ploeg, H. P., van der Beek, A. J., Boot, C. R., & Hendriksen, I. J. (2016). Objectively Measured Total and Occupational Sedentary Time in Three Work Settings. *PloS one*, 11(3), e0149951. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149951>
- Vasankari, V., Husu, P., Vähä-Ypyä, H., Suni, J., Tokola, K., Halonen, J., Hartikainen, J., Sievänen, H., & Vasankari, T. (2017). Association of objectively measured sedentary behaviour and physical activity with cardiovascular disease risk. *European journal of preventive cardiology*, 24(12), 1311–1318. <https://doi.org/10.1177/2047487317711048>
- Veazie, S., Winchell, K., Gilbert, J., Paynter, R., Ivlev, I., Eden, K. B., Nussbaum, K., Weiskopf, N., Guise, J. M., & Helfand, M. (2018). Rapid Evidence Review of Mobile

- Applications for Self-management of Diabetes. *Journal of general internal medicine*, 33(7), 1167–1176. <https://doi.org/10.1007/s11606-018-4410-1>
- Vinagre, I., Mata-Cases, M., Hermosilla, E., Morros, R., Fina, F., Rosell, M., Castell, C., Franch-Nadal, J., Bolibar, B., & Mauricio, D. (2012). Control of glycemia and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes in primary care in Catalonia (Spain). *Diabetes care*, 35(4), 774–779. <https://doi.org/10.2337/dc11-1679>
 - Wang, Y., Lee, D. C., Brellenthin, A. G., Eijsvogels, T. M. H., Sui, X., Church, T. S., Lavie, C. J., & Blair, S. N. (2019). Leisure-Time Running Reduces the Risk of Incident Type 2 Diabetes. *The American journal of medicine*, 132(10), 1225–1232. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2019.04.035>
 - Wang, J., Wang, Y., Wei, C., Yao, N. A., Yuan, A., Shan, Y., & Yuan, C. (2014). Smartphone interventions for long-term health management of chronic diseases: an integrative review. *Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association*, 20(6), 570–583. <https://doi.org/10.1089/tmj.2013.0243>
 - Wattanapisit, A., Tuangratananon, T., & Wattanapisit, S. (2020). Usability and utility of eHealth for physical activity counselling in primary health care: a scoping review. *BMC family practice*, 21(1), 229. <https://doi.org/10.1186/s12875-020-01304-9>
 - Wayne, N., Perez, D. F., Kaplan, D. M., & Ritvo, P. (2015). Health Coaching Reduces HbA1c in Type 2 Diabetic Patients From a Lower-Socioeconomic Status Community: A Randomized Controlled Trial. *Journal of medical Internet research*, 17(10), e224. <https://doi.org/10.2196/jmir.4871>
 - WHO Global Observatory for eHealth. (2012, 16 junio). mHealth: new horizons for health through mobile technologies: second global survey on eHealth. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44607>
 - WHO guideline Recommendations on Digital Interventions for Health System Strengthening. (2019). World Health Organization.
 - WHO. (2012, 16 junio). Ottawa charter for health promotion. <https://www.who.int/publications/i/item/ottawa-charter-for-health-promotion>
 - WHO. (2018, 1 junio). Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272722>
 - WHO. (2010, 1 enero). Global recommendations on physical activity for health. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241599979>
 - World Health Organization & World Economic Forum. Preventing noncommunicable diseases in the workplace through diet and physical activity : WHO/World Economic Forum report of a joint event. World Health Organization. 2008; <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43825>

- Willey, K. A., & Singh, M. A. (2003). Battling insulin resistance in elderly obese people with type 2 diabetes: bring on the heavy weights. *Diabetes care*, 26(5), 1580–1588. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.5.1580>
- Williams, C. M., Nathan, N., & Wolfenden, L. (2014). Physical activity promotion in primary care has a sustained influence on activity levels of sedentary adults. *British journal of sports medicine*, 48(13), 1069–1070. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093187>
- Wilmore J., y Costill D. (2003). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Editorial Paidotribo.
- Wilmot, E. G., Edwardson, C. L., Achana, F. A., Davies, M. J., Gorely, T., Gray, L. J., Khunti, K., Yates, T., & Biddle, S. J. (2012). Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 55(11), 2895–2905. <https://doi.org/10.1007/s00125-012-2677-z>
- Wu, X., Guo, X., & Zhang, Z. (2019). The Efficacy of Mobile Phone Apps for Lifestyle Modification in Diabetes: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(1), e12297. <https://doi.org/10.2196/12297>
- Yates T, Haffner SM, Schulte PJ, et al. Association between change in daily ambulatory activity and cardiovascular events in people with impaired glucose tolerance (NAVIGATOR trial): a cohort analysis. *Lancet*. 2014;383(9922):1059-1066. doi:10.1016/S0140-6736(13)62061-9
- Yerrakalva D, Yerrakalva D, Hajna S, Griffin S. Effects of Mobile Health App Interventions on Sedentary Time, Physical Activity, and Fitness in Older Adults: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Med Internet Res*. 2019;21(11):e14343. Published 2019 Nov 28. doi:10.2196/14343
- Young-Hyman D, de Groot M, Hill-Briggs F, Gonzalez JS, Hood K, Peyrot M. Psychosocial Care for People With Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association [published correction appears in *Diabetes Care*. 2017 Feb;40(2):287] [published correction appears in *Diabetes Care*. 2017 May;40(5):726]. *Diabetes Care*. 2016;39(12):2126-2140. doi:10.2337/dc16-2053