



UNIVERSITAT DE VIC
UNIVERSITAT CENTRAL
DE CATALUNYA

Avaluació i quantificació de la intensitat de
3 variants tècniques de l'exercici del press
de banca a partir de la velocitat d'execució
utilitzant una app mòbil

TREBALL FINAL DE GRAU

Aniol Monserdà i Vilaró

4rt curs en Ciències de l'Activitat Física i de
l'Esport

Treball final de grau

Javier Peña López

Universitat de Vic, Facultat d'Educació,
Traducció i Ciències Humanes

Vic, Maig de 2018

Resum

L'objectiu de l'estudi és analitzar els canvis que es produeixen en la intensitat quan es realitzen tres tècniques diferents de press de banca. S'ha utilitzat una aplicació mòbil per mesurar la velocitat concèntrica de la barra davant de tres càrregues relatives diferents per controlar i avaluar la intensitat de l'entrenament de força i els seus efectes. Finalment, per quantificar i interpretar els canvis de la velocitat davant cada variant tècnica, la magnitud del canvi es va interpretar objectivament utilitzant la mida de l'efecte (ES). En aquest estudi van participar-hi 4 subjectes masculins habituats a l'entrenament de força i amb un mínim de dos anys d'experiència a l'exercici del press de banca (Mitjana (DT): Edat = $21,9 \pm 0,9$ anys, Alçada = $1,78 \pm 0,1$ m, massa corporal = $76,4 \pm 5,4$ kg, IMC = $24,0 \pm 0,5$ kg/ m², 1RM = $103,6 \pm 24,9$ kg [o $1,37 \pm 0,38$ kg/kg si es normalitza per kg de massa corporal]). Els resultats obtinguts mostren que el press banca del powerlifting és el més recomanat si l'objectiu és desplaçar una càrrega màxima a la velocitat més elevada.

Paraules clau: Entrenament basat en la velocitat, entrenament de força, fase concèntrica, intensitat, esforç, perfil càrrega/velocitat, press banca, RM, *Powerlifting*

Abstract

The aim of the study is to analyze the changes that occur in the intensity when three different bench press techniques are performed. An iPhone app has been used to measure the barbell concentric velocity against three different relative loads in order to control and evaluate the resistance training intensity and its effects. Finally, to quantify the specific technique changes in velocity, the magnitude of the changes was objectively reported using the Effect Size (ES). Four resistance trained males with at least two years of experience in the bench press exercise took place in this study (mean (SD): Age= $21,9 \pm 0,9$ years, Height = $1,78 \pm 0,1$ m, body mas = $76,4 \pm 5,4$ kg, BMI = $24,0 \pm 0,5$ kg/ m², 1RM= $103,6 \pm 24,9$ kg [or $1,37 \pm 0,38$ kg/kg when normalizing per kg of body mass]). Significant results show that the powerlifting bench press is the most recommended if the goal is to push a maximum load at the highest speed.

Key words: Velocity based training, resistance training, concentric phase, intensity, effort, load/velocity profile, bench press, RM, *Powerlifting*

Índex de continguts

1.Introducció.....	8
1.1Justificació de la proposta.....	9
2.Fonamentació teòrica.....	10
2.1Concepte de força.....	10
2.1.2 Classificació de les manifestacions de la força.....	12
2.2 Determinants fisiològics de la força.....	14
2.2.1 Factors estructurals	15
2.2.1.1 La hipertròfia.....	15
2.2.1.2 Les fibres musculars.....	20
2.2.2 CEA i la rigidesa musculotendinosa.....	22
2.2.3 Factors nerviosos.....	23
2.2.4 Factors Hormonals.....	26
2.3 La càrrega d'entrenament.....	29
2.3.1 Inconvenients de la utilització del mètode de la RM i nRM.....	31
2.3.2 Alternatives a la problemàtica de la RM i nRM.....	33
2.3.2.1 El Caràcter d'esforç definit per la velocitat.....	33
2.4 Entrenament basat en la velocitat de desplaçament.....	35
2.5 Objectius i Hipòtesis.....	37
3.Mètode.....	39
3.1 Mostra.....	39
3.2 Indicadors i variables.....	40
3.3 Materials i instruments.....	40
3.4 Protocol d'aplicació dels tests.....	41
3.4.1 Protocol test 1x1x3.....	44
3.4.2 Fiabilitat i validesa dels tests.....	46
3.5 Anàlisi de dades.....	48

4. Resultats.....	49
5. Discussió.....	53
5.1 Limitacions i futures línies d'investigació.....	57
6. Conclusions.....	58
7. Referències.....	59
8. Annexos.....	66
Annex 1. Mostra de l'estudi.....	66
Annex 2. Càrregues utilitzades al test 1x1x3.....	66
Annex 3. Resultats.....	65
Annex 4. Fotografies de les tres variants tècniques del press de banca.....	68

Índex de figures

Figura 1. Possibles mesures de la força en el rendiment esportiu.....	12
Figura 2. Estructura del múscul a nivell macroscòpic i molecular.....	16
Figura 3. Característiques de les fibres musculars.....	21
Figura 4. Perfils de càrrega/velocitat adaptats de Powerlift.....	44
Figura 5. Evolució de la mitjana de la velocitat per cada variant tècnica i % 1RM.....	49
Figura 6. Evolució de la velocitat de cada subjecte per cada variant tècnica i % 1RM.....	51
Figura 7. Canvis en la velocitat mitja propulsiva obtinguda amb cada càrrega relativa, des de el test inicial (T1) fins al re-test (T2) en el press de banca.....	55

Índex de taules

Taula 1. Mostra de l'estudi.....	40
Taula 2. Mida de l'efecte (ES) per cada variant tècnica i els tres % 1RM.....	50
Taula 3. Interpretació dels canvis a les mitjanes.....	50
Taula 4. Resultats del test 1x1x3 detallats.....	52

1. Introducció

El present treball és un recull teòric-pràctic de l'estudi que es realitza en motiu del Treball Final de Grau i la conclusió del 4t i últim curs del grau en Ciències de la Activitat Física i de l'esport (CAFE).

L'estudi "Avaluació i quantificació de la intensitat de 3 variants tècniques de l'exercici del press de banca a partir de la velocitat d'execució utilitzant una app mòbil" correspon a un treball de fi de grau de l'àmbit de rendiment esportiu sota el tutoratge del Dr. Javier Peña.

Aquest treball està dividit en diversos apartats que en el seu conjunt donen sentit a l'últim treball amb el que finalitza el grau. Referent a la organització d'aquest, En primer lloc i a mode de contextualització es trobarà la fonamentació teòrica. En aquest apartat hi apareixen totes les aportacions teòriques que han servit tant de guia i referència per al disseny d'aquesta investigació com per la interpretació de les seves troballes més importants. Aquesta fonamentació intentarà abordar tots els elements que caracteritzen la força com seria el seu concepte i manifestacions en el rendiment esportiu, els seus determinants fisiològics o les diferents variables que caracteritzen l'entrenament d'aquesta qualitat física.

En segon lloc s'hi trobarà el marc pràctic on s'hi relacionaran tots els components que singularitzen la metodologia experimental. Els punts que s'hi inclouen son: la mostra, els indicadors i variables, els materials i instruments, el protocol de tests i la fiabilitat i validesa dels mateixos. Seguidament es detallaran els resultats i s'interpretaran a la discussió. Després es plantejaran les limitacions de l'estudi com les futures línies d'investigació. Finalment, a les conclusions es donarà resposta a les hipòtesis plantejades i a les possibles preguntes que hagin anat apareixent al llarg del desenvolupament i transcurs del treball.

1.1 Justificació de la proposta

Actualment el rendiment esportiu i l'esport en general es troben en un moment d'evolució i de millora. Un procés que ha vingut acompanyat de la mà de la modernització dels mètodes d'entrenament. L'increment de la popularitat de noves disciplines de força com el powerlifting, el culturisme o el Crossfit sumat al creixement de la creació de noves tecnologies accessibles per controlar les variables d'aquests entrenaments, han obert les portes de la investigació a atletes, entrenadors i aficionats que els han portat a interessar-se per aquests nous mètodes d'entrenament. La utilització del mètode tradicional de la RM i la filosofia del moure pes fins l'esgotament han passat a un segon pla des de que el mètode basat en la velocitat d'execució ha demostrat ser una alternativa més fiable i precisa per al control de la intensitat dels entrenaments de força.

Aquest treball vol comprovar les diferències que es donen en el rendiment de l'exercici del press de banca davant de petites modificacions a la tècnica utilitzant tecnologia econòmicament accessible i demostrant que no es necessiten grans recursos econòmics per investigar. Vol també ressaltar que variar la tècnica de certs exercicis pot ser òptim depenent dels objectius que es plantegin.

2. Fonamentació teòrica

En aquest apartat hi apareixen totes les aportacions teòriques que ha servit de guia i referència tant per el disseny d'aquesta investigació com per la interpretació de les seves troballes més importants.

2.1 El concepte de força

La força en general és un concepte complex de definir. Aquesta pot adoptar moltes definicions depenent de quin sigui el camp que la contempla. No seria el mateix definir la força des del punt de vista esportiu que fent-ho des d'una perspectiva pròpia de la física. Per poder acotar el concepte de Força amb propietat cal conèixer i contemplar varies definicions.

Des del punt de vista de la Física, la força muscular correspondria a la capacitat de la musculatura per produir la acceleració o deformació d'un cos, mantenir-lo immòbil o frenar el seu desplaçament. En algunes situacions esportives, la resistència a vèncer o oposar-se és el propi cos de l'esportista com podria ser el cas d'un esquiador o escalador. Però en moltes altres ocasions s'actua sobre resistències externes, moltes vegades insuperables, com podria ser el cas d'un Powerlifter. Cada situació forma part de la peculiaritat de cada esport i és per això que el concepte de la Força s'ha de contemplar des de la perspectiva més àmplia possible.

Així doncs, segons González-Badillo i Gorostiaga (2002) la força útil en l'àmbit esportiu és aquella que som capaços d'aplicar o manifestar a la velocitat que es realitza el gest esportiu concret. Això és degut a que un atleta no té un nivell de força màxim únic, sinó molts diferents en funció de la velocitat a la que es mesuri la força màxima exercida o aplicada. La força que no s'és capaç d'aplicar podem dir que realment no es té. En aquest sentit la força es definiria com la màxima tensió manifestada per el múscul o conjunt de grups de músculs a una velocitat determinada (Knuttgen i Kraemer, 1987).

Per Harman (1993), la definició més precisa de la força és la habilitat per generar tensió sota determinades condicions definides per la posició del cos, el moviment en el que s'aplica la força, el tipus d'activació (concèntrica, excèntrica, isomètrica, pliomètrica) i la

velocitat del moviment. No obstant, en el món de l'esport no només interessa la força aplicada en relació a la velocitat de moviment, sinó que també és important considerar la força que es produeix en un moment donat, sobretot en períodes de temps molt reduïts (100ms). González-Badillo i Gorostiaga (2002) suggereixen que davant d'aquesta realitat, la força d'un esportista també es podria definir com la màxima tensió manifestada per el múscul en un temps determinat. Els mateixos autors a la mateixa referència suggereixen que aquesta capacitat del múscul per produir força està en relació amb una sèrie de factors com podrien ser el nombre de ponts creuats de miosina que poden interactuar amb els filaments d'actina, el nombre de sarcòmers en paral·lel, la tensió específica o força que una fibra muscular pot exercir per unitat de secció transversal, la longitud de la fibra i del múscul, el tipus de fibra etcètera. És conegut que la força desenvolupa un paper fonamental en el rendiment esportiu, la millora d'aquesta qualitat es un factor important i determinant per totes les activitats esportives i aquesta s'ha de treballar adequadament tenint en compte les característiques i necessitats de l'esport. Ja que està més que demostrat que té influències positives a nivells de tècnica, de velocitat i fins i tot de resistència si l'entrenament està ben orientat (Hickson, Dvorak, Gorostiaga, Kurowski i Foster, 1988).

2.1.1 Classificació de les manifestacions de la força

Tal i com expliquen González-Badillo i Ribas (2002) en el seu llibre, tota expressió de força gira entorn el pic de força capaç de manifestar i la relació amb el temps necessària per aconseguir-ho. Cada una d'aquestes relacions té diferents formes de manifestació depenent del context i la situació. Quan es parla del mesurament i la valoració de la manifestació de la força el que s'analitza és la relació entre la força i el temps. Aquesta relació es coneix com corba força-temps (C f-t). Quant aquesta força es mesura en accions dinàmiques, com un aixecament de press de banca, la C f-t té el seu equivalent a la corba força-velocitat. Les diferents relacions que se'n deriven son amplies i la figura a continuació ho exemplifica de manera clara i ordenada:

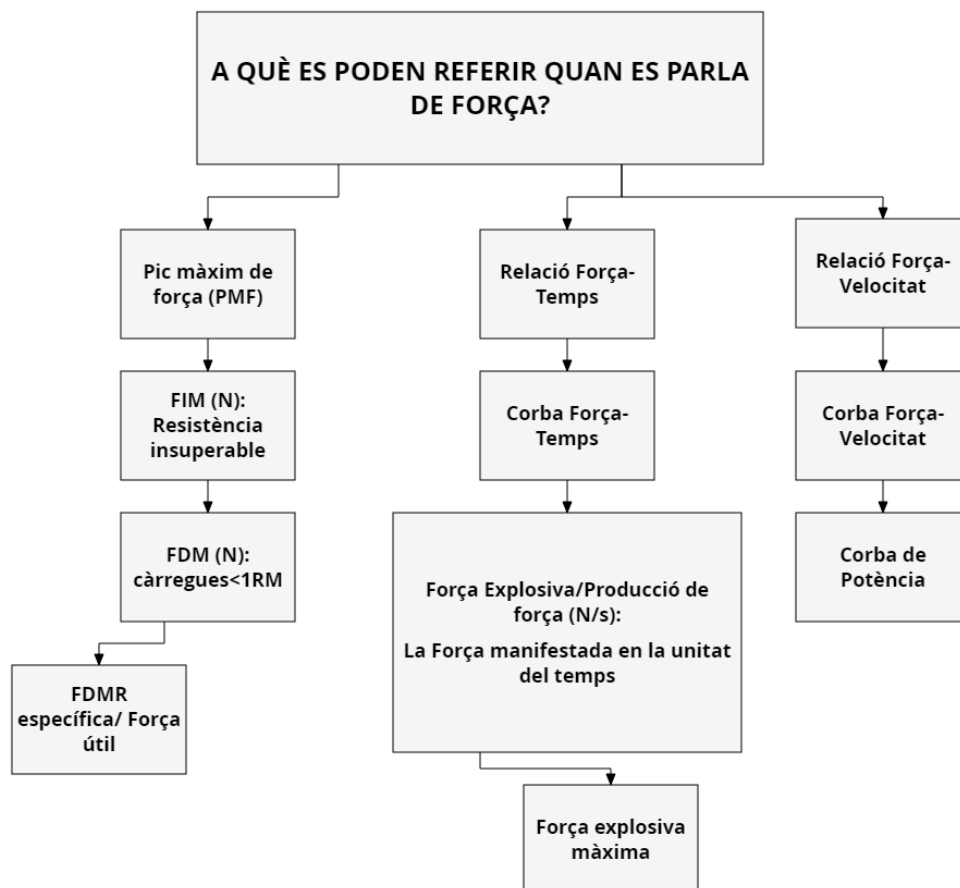


Figura 1. Possibles mesures de la força en el rendiment esportiu. Font: González-Badillo i Ribas (2002)

Aquesta classificació correspon a les diferents manifestacions de la força que es podrien analitzar de cara al rendiment esportiu. En el cas de disciplines esportives com el Powerlifting es presta especial atenció a la Força dinàmica màxima i a la força dinàmica màxima relativa entre d'altres. Per al desenvolupament d'aquest estudi de l'exercici del press de banca i com a eina de valoració s'utilitzarà la corba i relació de la Força dinàmica màxima relativa amb la velocitat. En primer lloc obtenint un perfil de càrrega-velocitat individualitzat per després poder comparar la evolució de la velocitat davant de diferents variants tècniques del press de banca per tres %1RM diferents.

González-Badillo i Gorostiaga (2002) en el seu llibre defineixen les diferents manifestacions de força que tindrien influència en una situació com la que s'ha descrit prèviament. Defineixen la força dinàmica màxima (FDM) com a la expressió màxima de força que correspon quan una resistència només es pot desplaçar una vegada i/o succeeix a molt baixa velocitat en una fase de moviment. La força màxima expressada en aquest cas estarà referida a l'angle en el que es produeix la mínima velocitat de desplaçament. Un exemple senzill i aplicat a aquest estudi correspondria a la realització d'una repetició amb el màxim pes possible a un aixecament de press de banca (1RM). Amb aquest aixecament obtindríem doncs una expressió de la Força dinàmica màxima referent als músculs del tren superior implicats en aquest moviment d'empenta (push). És cert que encara que es mesuri la fase concèntrica, en el gest necessari per mesurar aquesta manifestació de la força es produeix un cicle d'estirament-escurçament previ i teòricament una activació pliomètrica, no obstant, el seu efecte sobre el resultat amb grans càrregues és ínfim fins i tot en subjectes experts. Per tant, el que es manifesta i es mesura és un valor de força molt elevat a una velocitat lenta que no depèn de la elasticitat muscular (González-Badillo i Gorostiaga, 2002).

Pel que fa a la força dinàmica màxima relativa (FDMR) segons els autors, es coneix com la màxima força expressada davant de resistències inferiors a la que es correspon amb la FDM. En altres paraules, equival al valor màxim de força que es pot aplicar amb cada percentatge de la Força dinàmica màxima. Entenent la FDM com el 100% 1RM. També es podria definir la FDMR com la capacitat muscular per imprimir velocitat a una resistència inferior a aquella amb la que es manifesta la força dinàmica màxima.

Els autors donen una gran importància a la força explosiva. Afirment que aquesta ve representada per una fase de la corba Força-Temps, concretament per la de major pendent i on es produeix el major increment de Força per unitat de temps. Aquesta es relaciona amb la habilitat del sistema neuromuscular per crear una forta acceleració en l'expressió de força. Així doncs, la força explosiva està present en totes les manifestacions de la Força. Els factors bàsics que determinen la aplicació i manifestació de la força i potència muscular es veuen exposats i desenvolupats al llarg d'aquest marc teòric.

2.2 Determinants fisiològics de la força muscular

Seguint les consideracions de Suchomel, Nimphius, Bellon i Stone (2018), el desenvolupament de la força muscular es fonamenta en una combinació de factors morfològics i neurals. Per diferents autors, els mecanismes que participen en la millora de la força muscular es consideren multifactorials i poden ser influenciats per diferents factors de confusió com podrien ser la força inicial (Balshaw et al., 2017), l'estat d'entrenament (Buckner et al., 2017) o la genètica (Yang et al., 2003) per exemple.

S'ha observat que quan es realitzen estudis longitudinals analitzant els efectes d'unes setmanes d'entrenament de força, els guanys de força després de poques sessions d'entrenament són superiors a l'increment de la massa muscular. Aquest fet permet pensar que no només la hipertròfia contribueix a la millora de la força, sinó que existeixen altres elements que també intervenen. Cometti (2007) suggereix que la capacitat del múscul per desenvolupar força depèn de diferents factors i que aquests poden ser de quatre tipus:

- Estructurals o relacionats amb la composició del múscul
- Relacionats amb el Cicle estirament-escurçament (CEA) i/o la elasticitat musculotendinosa
- Nerviosos o relacionats amb les unitats motores
- Hormonals

2.2.1 Factors estructurals de la força muscular

En aquest apartat es resumeixen tots els factors que podrien tenir influència en el desenvolupament de la força muscular. Tots aquests es relacionen amb la arquitectura muscular i la seva composició.

2.2.1.1 Hipertrofia

La literatura recent indica que els efectes obtinguts durant fases prèvies d'entrenament tenen certa continuïtat en fases futures d'entrenament (Suchomel et al., 2018). Per tant, augmentar la hipertrofia amb la finalitat d'augmentar la força d'un mateix, té a veure amb la potenciació d'aquest efectes d'entrenament residual. Aquest fet es pot traslladar al principi de progressió de l'entrenament, on la evidència suggereix que seguir un ordre de primer augmentar la secció transversal del múscul (hipertrofia) i consegüent capacitat de treball per després continuar amb la següent fase de progressió condueix a uns majors guanys de força i potència (Stone, Pierce, Sands i Stone, 2006; Bompa i Haff, 2009)

MacDougall (1992) citat a González-Badillo i Gorostiaga (2002) afirma que teòricament un augment de la mida del múscul pot ocórrer com a resultat de:

1. Un augment del nombre i la talla de les miofibril·les
2. Un augment del tamany del teixit connectiu i altres teixits no contràctils del múscul
3. Un augment de la vascularització
4. Un augment de la mida i probablement del nombre de fibres musculars

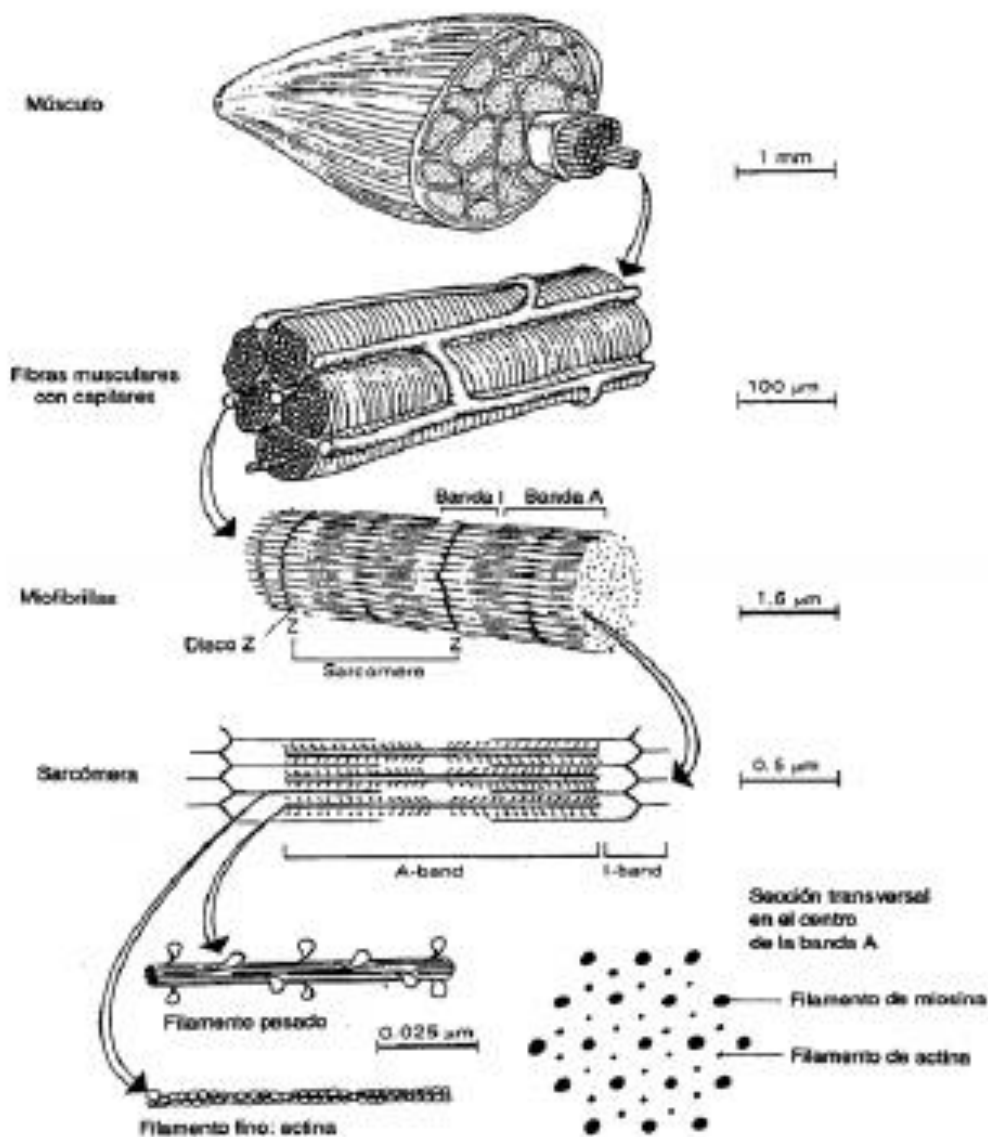


Figura 2 Estructura del múscul a nivell macroscòpic i molecular. Font: *Billeter (1992) citat a González-Badillo i Gorostiaga (2002)*

En primera instància, l'augment de la mida de les miofibril·les podria ser degut a un increment en el nombre d'interaccions entre els ponts d'actina i miosina dins dels sarcòmers previs i recentment formats (Suchomel et al., 2018). No obstant, la idea de que existeixi una hipertrofia sarcoplasmàtica és confosa. Segons Wang, Hikida, Staron i Simoneau (1993) les proteïnes sarcoplasmàtiques no tenen capacitat de contraure's i es situen a l'espai entre les miofibril·les. Les proteïnes contràctils (miofibril·les) i no contràctils (espai intermiofibril·lar) són les que formen la fibra muscular juntament amb les mitocondries i algunes gotes de grassa. Els mateixos autors afirmen que les miofibril·les representen sobre el 83% del total de la fibra, l'espai intermiofibril·lar un

9%, les mitocòndries un 7% i les gotes de grassa menys d'un 1%. Tot i que no hi ha evidència de que unes parts de la cèl·lula augmentin més la seva mida respecte a altres, si que hi ha investigacions on s'ha observat que el contingut relatiu de les diferents parts que formen la cèl·lula és igual en subjectes culturistes (major secció transversal) respecte a subjectes control (MacDougall, Sale, Alway i Sutton, 1984). Altres investigacions mostren que després de realitzar entrenaments de força a subjectes sans, el contingut relatiu de la cèl·lula era invariable (Mikeski, Giddings, Matthews i Gonyea, 1991; Roman et al., 1993). Així doncs com que el percentatge relatiu de les diferents parts de la fibra és constant, la força està estretament lligada a la secció transversal del múscul (Jones, Bishop, Woods i Green, 2008).

Cal deixar constància que tal i com mostren Bompà, Cornacchia i Tous-Fajardo (2009) en el seu llibre, si que existeix una hipertrofia sarcoplasmàtica després d'entrenar que desapareix a les poques hores de l'activitat. No obstant, Aquesta hipertròfia es produïda per l'edema que produeix l'efecte d'entrenament i té caràcter agut, no crònic.

Referent a l'augment del teixit connectiu, el múscul està format per teixits no contràctils que representen al voltant del 13% del volum muscular total (MacDougall, Sale, Elder i Sutton, 1982). D'aquests teixits no contràctils, el principal element és el colàgen, que representa el 7% de la massa muscular total. Degut a que aquest teixit connectiu ocupa una proporció petita del múscul, alguns investigadors consideren que deu tenir poca importància a la hora de contribuir al desenvolupament de força (MacDougall, 1992 citat a González-Badillo i Gorostiaga, 2002). No obstant cal destacar que la hipertrofia muscular es sol acompanyar d'un augment proporcional del teixit connectiu de la mateixa manera que la atrofia muscular es dona amb una disminució proporcional del mateix. Goldspink (1992) citat a González-Badillo i Gorostiaga (2002) afirma que els processos d'adaptació del teixit connectiu son més ràpids que els del teixit contràctil.

Seguidament i pel que fa a l'augment de la vascularització davant de l'increment de la massa muscular, nombrosos estudis han demostrat que el nombre de capil·lars sanguinis per fibra muscular augmenta després de varies setmanes d'entrenament de resistència aeròbica (Saltin, 1983 citat a González-Badillo i Gorostiaga, 2002). És per aquest motiu que els atletes entrenats en aquest tipus de resistència presenten una

major densitat capil·lar que els sedentaris. A diferència, davant d'un entrenament de força la densitat capil·lar i vascularització pot variar depenent del tipus d'entrenament de força que es realitzi (Tesch, Thorsson i Kaiser, 1984). A mode d'exemple, les característiques de la densitat capil·lar dels heteròfils, atletes que entrenen al 80-100% RM a poques repeticions semblen ser molt diferents al dels culturistes. Els segons entrenen amb càrregues més lleugeres a altes repeticions i pràcticament fins a l'esgotament muscular. Dudley (1986) citat a González-Badillo i Gorostiaga (2002) afirma que els culturistes solen tenir gairebé el doble de capil·lars per fibra muscular que els heteròfils però ambdós presenten una menor densitat capil·lar comparat amb subjectes sedentaris. Així doncs l'efecte de la vascularització davant de l'increment de la hipertrofia sembla ser que varia depenent del l'enfocament i el tipus d'entrenament de força al que es sotmeti l'individu.

En els paràgrafs previs, s'ha pogut comprovar que l'augment de la mida i el nombre de les miofibril·les contribueix a la hipertrofia muscular. Considerant que les miofibril·les constitueixen el component més important del volum total de les fibres musculars, es pot afirmar que les fibres musculars també augmenten la seva mida. De la mateixa manera que en el cas de les miofibril·les, González-Badillo i Gorostiaga (2002) afirmen que la hipertrofia de les fibres musculars podria donar-se per un augment de la talla de les fibres musculars i un augment en el nombre de les fibres musculars. Segons Folland i Williams (2007) i Schultz (1989), l'increment del nombre de fibres musculars és conegut amb el nom d' hiperplàsia i aquesta podria ser fruit de les microruptures fibril·lars i posterior proliferació de les cèl·lules musculars satèl·lit i/o miogènesis .

L'augment de la mida de les fibres musculars es el principal motiu pel qual es dona la hipertrofia. La existència d'hiperplàsia en l'esser humà és polèmica i controvertida. Diferents autors creuen que la seva contribució al creixement muscular seria molt petita amb un percentatge mínim (Schoenfeld, 2010). Així doncs és complicat donar una resposta definitiva davant de si la hipertrofia muscular provocada per l'entrenament de força s'acompanya o no d'un augment en el nombre de fibres musculars (hiperplàsia) i si aquest augment és degut a l'entrenament de força.

La majoria d'estudis referents a la influència de la hiperplàsia muscular s'han realitzat amb animals i tot i que la majoria d'aquests estiguin qüestionats per la seva metodologia experimental (Folland i Williams, 2007) si que s'ha detectat cert grau d'hiperplàsia en alguns estudis (Alway, Grumbt, Gonyea i Stray-Gundersen, 1989). No obstant sembla ser que el percentatge relatiu concret d'hiperplàsia degut a l'entrenament de força segueix sent una incògnita. Kelley (1996), en una revisió de 17 estudis, afirma que el grau d'hiperplàsia és molt variable i que pot donar valors molt diferents depenent del protocol experimental que s'utilitzi.

Respecte als estudis amb subjectes humans, per qüestions ètiques i metodològiques, el fet d'avaluar el nombre de fibres d'un múscul humà viu fa que la investigació de la hiperplàsia sigui complicada. Apell (1990) afirma que degut a la escassa formació de noves fibres, la hiperplàsia tindria un efecte molt baix en la secció transversal del múscul i conseqüent millores de força. Sjöström, Lexell, Eriksson i Taylor (1991) van arribar a la mateixa conclusió experimentant amb cadàvers. Així doncs i amb bastanta redundància, la contribució a nivell quantitatiu de la hiperplàsia referent als canvis d'hipertròfia degut a l'entrenament de força segueix sent quelcom desconegut. No obstant, els estudis amb humans i amb animals mamífers suggereixen que la hiperplàsia participa relativament poc davant de canvis d'hipertròfia ocasionats per l'entrenament de força (Folland i Williams, 2007).

2.2.1.2 Les fibres musculars

Segons González-Badillo i Gorostiaga (2002), les fibres musculars són les cèl·lules del múscul esquelètic que tenen com a funció generar força. Aquestes estan compostes en el 80% del seu volum per miofibril·les. Tal i com es pot observar a la figura **x.y** cada miofibril·la està composta per una sèrie d'unitats contràctils anomenats sarcòmers. Aquestes unitats estan constituïdes per filaments fins i pesats i es situen entre els anomenats discs Z. Segons els autors, la contracció muscular es produeix quan els sarcòmers es contrauen al lliscar els filaments pesats entre els filaments fins. Això provoca l'acostament dels discs Z entre si i el consegüent escurçament dels sarcòmers donant lloc a la contracció muscular. Els filaments pesats dels sarcòmers estan formats principalment per una proteïna, la miosina, mentre que els filaments fins estan formats principalment per una altra proteïna anomenada actina. Scott, Stevens i Binder-Macleod (2001) afirmen que la miosina de cada fibra muscular no té la mateixa forma i estructura sinó que existeixen diferents formes moleculars que varien lleugerament entre elles. A cada una d'aquestes formes moleculars de la miosina se les anomena isoformes.

La classificació de les fibres musculars depèn del tipus d'isoforma que tinguin els seus sarcòmers. Així doncs la miosina que és capaç d'hidrolitzar ràpidament ATP (a 600 vegades/segon) es denomina miosina ràpida. La miosina que només pot hidrolitzar ATP a unes 300 vegades per segon es denomina miosina lenta (Howald, 1984 citat a González-Badillo i Gorostiaga (2002)). Pel que fa a aquesta classificació, també es distingeix una isoforma de la miosina que pot hidrolitzar ATP a una velocitat intermèdia entre la miosina "ràpida i la "lenta" Aquesta diferència en la velocitat de producció d'energia entre la miosina lenta i la ràpida es tradueix directament en que les fibres que contenen miosina ràpida es contrauen més ràpidament. Aquesta diferència en la velocitat de contracció i de producció d'energia de les fibres musculars que contenen un o altre tipus de miosina, és la que ha donat origen a la classificació de les fibres musculars en ràpides (IIB), intermèdies (IIA) i lentes (I) (Scott, Stevens i Binder-Macleod, 2001). La figura a continuació exemplifica de manera molt clara les característiques de cada fibra i les diferències entre si.

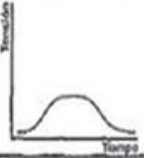
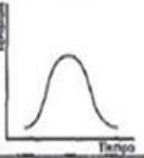
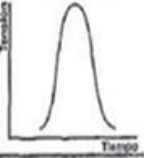






Características	Tipo I	Tipo IIA	Tipo IIB
Denominación	Lentas	Rápidas	Rápidas
Tensión Muscular			
Vascularización			
Fatigabilidad (Índice)	0,8 - 1,2	0 - 0,8	
Glúcidos	+++	+++	+
Lípidos	+++	+	+
ATP-asa	+	++	+++
Mioglobina	+++	++	+
Sección o talla			
Nº de miofibrilla/fibra	+	++	+++
Tiempo de contracción	99-140 ms	40-88 ms	

Figura 3. Característiques de les fibres musculars. Font: *González-Badillo i Gorostiaga (2002)*

La proporció dels diferents tipus de fibres musculars d'un múscul esquelètic varia d'un subjecte a un altre. Aquesta proporció segons els últims autors, es podria conèixer mitjançant una punció-biopsia extreta del mateix múscul. Així doncs i tal i com s'aprecia a la figura, les fibres musculars ràpides (IIB) es caracteritzen, respecte a les lentes, en que produeixen més força, es contrauen més ràpidament i es fatiguen abans. Amb aquesta informació es pot deduir que aquells esportistes que practiquin disciplines intenses, ràpides ,de curta duració i que necessitin emprar molta força haurien de presentar un major percentatge de fibres rapides en els músculs que intervinguin en l'exercici en comparació amb els esportistes que practiquen disciplines poc intenses, de llarga duració i que necessiten emprar poca força. Així doncs els subjectes que practiquin disciplines enfocades a l'entrenament de força com el Powerlifting o el culturisme presentaran una alta proporció de fibres ràpides en el seu múscul esquelètic. Pel que fa a la hipertrofia de les fibres musculars, ambdues (I i II) tenen la capacitat d'hipertrofiar-se. No obstant, la recerca mostra que la capacitat de creixement de les fibres ràpides és aproximadament un 50% major que les fibres lentes (Adams i Bamman,

2012). Donant suport a aquesta hipòtesis, Fry (2004) afirma que els culturistes mostren una major hipertròfia de les fibres I que els powerlifters, probablement degut als resultats d'entrenar de manera rutinària a rangs de repeticions més elevats.

La literatura recent coincideix en que l'entrenament de força pot provocar transformacions de fibres musculars (IIA) en fibres musculars (IIB) i viceversa (Wang, 1993). Aquests canvis segons Carroll et al. (1998) poden donar-se després de les 18 sessions d'entrenament. A diferència, l'entrenament de resistència aeròbica s'acompanya d'una transformació de fibres II en fibres I. No obstant, l'entrenament de força no sembla que transformi les fibres musculars I en II (Green et al., 1984).

Així doncs el que determinarà la capacitat per produir força d'un subjecte pel que fa a les fibres musculars serà la proporció dels diferents tipus de fibres musculars i la mida d'aquestes. L'entrenament de força podrà modelar aquestes dos variables augmentant la proporció de fibres tipus IIA/IIB i/o incrementant la mida i talla de les fibres musculars.

2.2.2 CEA i la rigidesa musculotendinosa

La combinació de la fase excèntrica (on el múscul s'activa al estirar-se) i la fase concèntrica que la segueix forma un tipus de funció natural que es denomina cicle d'estirament-escurçament (Komi, 1984). Un dels fets que caracteritza el CEA és que la última fase del cicle (contracció concèntrica) és més potent quan està immediatament predita d'una contracció excèntrica que quan es realitza de manera aïllada. Aquesta realitat es pot comprovar de manera senzilla mitjançant els tests de Bosco i el seu treball on es demostra que el salt vertical predit d'un previ contramoviment (activació excèntrica del quàdriceps) és generalment superior al salt vertical sense contramoviment (Asmussen i Bonde-Petersen, 1974). Això podria justificar el fet de que tantes vegades s'hagi comparat el comportament del teixit muscular amb el comportament d'una molla elàstica on ambdós casos alteren l'expressió de la força degut a la deformació que pateixen i la energia elàstica que acumulen. L'augment de la rigidesa dels teixits, entesa com a la relació entre una força aplicada i la quantitat d'estirament que pateix el teixit, pot millorar la transmissió de força (Butler, Crowell i Davis, 2003). Per tant, tal i com es llegeix a la publicació de Suchomel et al. (2018), tant

les adaptacions referents a la rigidesa tendinosa com les estructures internes del múscul (actina, miosina, titina i teixit connectiu), poden influenciar i determinar la força muscular i les característiques que s'associen com la potència, la velocitat o millores en la corba força-temps (*Rate of force development*). Segons diferents autors referenciats al mateix estudi, la titina podria ser protagonista ja que aquesta genera tensió passiva dins el sarcòmer, un rol importantíssim de cara al funcionament muscular. L'increment dels certs minerals com el Calci podrien incrementar la rigidesa de la titina i contribuir d'aquesta manera a la rigidesa de tot el sarcòmer. En conclusió, aquests canvis en la força muscular i la transmissió de força podrien ser parcialment influenciats pels canvis de la rigidesa musculotendinosa tant a l'interior com a l'exterior del múscul. A diferència del que s'ha vist anteriorment en punts anteriors d'aquest treball, sembla ser que el teixit connectiu si que podria tenir certa influència a l'hora de desenvolupar més o menys força en la mesura que un tendó fort i rígid permetria suportar una major força generada pel múscul en un menor interval de temps. Això es traduiria en una millora en la corba força-temps/velocitat.

2.2.3 Factors nerviosos

La millora de la producció de força en l'ésser humà està determinada no només per l'augment de l'àrea de la secció transversal del múscul i la distribució de les fibres musculars, sinó que també es regeix per la magnitud de la activació de la massa muscular. Sale (1992) citat a González-Badillo i Gorostiaga (2002) diu que la capacitat del sistema nerviós per activar els músculs es clau per aquest desenvolupament de força. A més, diferents estudis han demostrat que l'ésser humà no és capaç d'activar al 100% el múscul de manera voluntària però que l'entrenament de força millora aquesta activació (Gabriel, Kamen i Frost, 2006). Així doncs les millores de força induïdes per l'entrenament s'associen a un procés d'adaptació i reorganització del sistema nerviós central.

Molta de la evidència d'aquest tòpic es considera indirecta i merament observacional. A primera instància això es pot comprovar mitjançant l'exemple del que succeeix durant les etapes primerenques de l'entrenament de força on els guanys de força del múscul en comparació als guanys d'hipertròfia son desmesuradament majors (Suchomel et al.,

2018). Un altre exemple d'evidència indirecta pel que fa a l'existència d'adaptacions neurals mitjançant l'entrenament de força es trobaria en els resultats d'estudis on només s'ha aplicat entrenament a una sola extremitat obtenint millores de força a ambdues sense haver-hi canvis d'hipotròfia (Folland & Williams, 2007).

Segons Adkins, Boychuk, Remple i Kleim (2006), aquests canvis a les etapes inicials de l'entrenament tenen lloc degut a una reorganització del sistema nerviós. Això provoca canvis en la activació de les motoneurons a l'innervar els múscul esquelètic. Duchateau, Semmler i Enoka (2006) coincidint amb Van Cutsem, Duchateau i Hainaut (1998) afirmen que l'entrenament de força provoca un increment de l'índex de descàrrega de les unitats motores durant contraccions voluntàries. A conseqüència del fort estímul de les unitats motores a les fibres musculars, el potencial per generar fortes contraccions incrementa de manera significativa. Altres autors com Carroll, Selvanayagam, Riek i Semmler (2011) consideren que la freqüència de descàrrega de les unitats motores es veu també modificada però que no necessàriament ha d'augmentar. Això es degut a que les unitats motores podrien realitzar dobles descàrregues (*doublets*) en un interval de temps extremadament curt afavorint el manteniment de la força durant una contracció submàxima (Patten, Kamen i Rowland, 2001).

Aquesta informació es coneix gràcies a la evidència directa utilitzant mètodes que permeten registrar la activitat del múscul esquelètic. La majoria de les àrees que estudien l'activitat de les unitats motores davant l'entrenament ho fan mitjançant electromiografia (McCarthy, Pozniak i Agre, 2002). Aquest mètode consisteix en registrar i mesurar, mitjançant uns elèctrodes col·locats a la superfície del múscul, la activitat elèctrica produïda per les fibres musculars de les unitats motores que s'han activat durant la contracció muscular. Aquesta activitat elèctrica (IEMG) serà major quant més alt sigui el número d'unitats motores activades i/o major sigui la freqüència d'estimulació de cada unitat motora. La activitat elèctrica produïda per les fibres musculars de les unitats motores obtinguda durant una contracció màxima isomètrica augmenta davant de diferents estudis longitudinals d'entrenament de força. Fet que demostra una milloria en l'impuls neural al múscul (Folland & Williams, 2007).

És d'importància tenir en consideració que existeixen mètodes i tècniques més fiables per enregistrar i estudiar l'activitat de les unitats motores i l'activitat cerebral. Diferents investigadors com Carroll, Selvanayagam, Riek i Semmler (2011) consideren que els mètodes i tècniques utilitzats en els últims anys són imprecisos i poden ser conflictius pel que fa al camp de la investigació. El mateix autor considera fiables els estudis i informes que hagin utilitzat mètodes més avançats per estudiar les respostes neuronals a l'entrenament de força com per exemple la estimulació magnètica transcranial (TMS) o gravacions d'unitats motores individuals entre d'altres. Folland & Williams (2007) consideren que la credibilitat i fiabilitat del mètode EMG es veu afectada per una sèrie de factors conflictius com podrien ser problemes amb la reubicació dels elèctrodes, la impedància variable de la pell i el teixit subcutani o possibles canvis en la morfologia muscular. Aquests factors tendeixen a confondre la capacitat per detectar de manera fiable els canvis longitudinals de la senyal electromiogràfica.

En termes generals, una de les principals adaptacions neurals a l'entrenament de força és que, tal i com s'ha vist en els paràgrafs anteriors, les unitats motores es sincronitzen millor després de l'entrenament reclutant-se d'una manera més coordinada utilitzant una menor freqüència d'estimulació per produir la mateixa força. No obstant, altres mecanismes d'adaptació podrien tenir importància. Carolan i Cafarelli (1992) van comprovar mitjançant un estudi que es produïa una reducció de la activació de la musculatura antagonista en resposta a l'entrenament amb càrregues. En la mateixa investigació es va observar que la força muscular de la musculatura agonista (Vast extern) augmentava degut a una reducció de la musculatura antagonista (bíceps femoral). Gabriel et al. (2006) planteja la possibilitat de que això podria ser degut a possibles adaptacions davant del que ell anomena sensació de força. Aquestes adaptacions a la sensació de força podrien ser ocasionades per una millor activació de l'òrgan tendinós de Golgi mitjançant un procés de facilitació i mecanisme protector per prevenir la generació de forces musculars perjudicials per la arquitectura muscular. Els canvis en les propietats d'entrada-sortida de qualsevol d'aquests propioreceptors amb l'entrenament de força poden donar com a resultat una desinhibició i simultani augment de l'expressió de les forces musculars. No obstant cal deixar constància de que no hi ha

cap evidència que l'entrenament de força sigui el causant d'aquest efecte per tant s'ha d'interpretar com a una possibilitat més a tenir en consideració.

2.2.4 Factors hormonals

En els paràgrafs previs s'ha pogut comprovar que l'entrenament de força s'acompanya d'un augment de la mida del múscul així com d'una millora de les adaptacions neuromusculars. L'origen de totes aquestes adaptacions que es produeixen en el metabolisme del múscul i del nervi motor no es coneix totalment. Ahtiainen et al. (2003) afirmen que l'entrenament de força amb altes càrregues esdevé un estímul potent de cara a l'increment de la circulació d'hormones anabòliques fet que facilita la creació d'un entorn i balanç anabòlic. Aquests mateixos autors suggereixen que aquest augment de les hormones anabòliques endògenes permeten augmentar el nombre d'interaccions dels receptors; fet que origina els canvis referents a l'augment de la mida muscular i la funció neuromuscular. Kraemer i Ratamess (2005) diuen que durant diferents tipus de sessions d'entrenament de força existeix un augment d'hormones com la testosterona, la hormona de creixement o la insulina. La presència d'altres concentracions hormonals es tradueix, entre altres coses, en un augment de la síntesis proteica del múscul. Probablement, el factor més influent en aquestes adaptacions hormonals sigui el tipus d'estímul que representi l'entrenament de força. Kraemer i Ratamess (2005) afirmen que una correcta prescripció i manipulació de les variables com la intensitat o el volum són garantia d'una resposta neuroendocrina òptima. Recomanen a més, que el disseny del programa incorpori 3 conceptes fonamentals com són la progressió de càrregues, la variació i la especificitat. Els autors ho exemplifiquen amb el fet que amb una adequada progressió de càrregues el reclutament d'unitats motores augmenta. Això es trasllada en un major reclutament del nombre de fibres musculars que permeten una major interacció teixit-hormones davant d'un major percentatge de massa muscular total activada. Conseqüentment, l'activació del teixit esdevé un precursor de l'anabolisme. L'anabolisme es caracteritza per tenir unes altes concentracions d'hormones anabòliques com la hormona de creixement, la testosterona o la insulina. No obstant les concentracions d'altres hormones no anabòliques com el cortisol juguen un paper molt

important a l'hora de modular o determinar les adaptacions de l'organisme davant l'estímul de l'entrenament de força.

La hormona de creixement (GH) ,és una hormona polipeptídica secretada per la hipòfisis anterior. Segons Fry i Kraemer (1997), en estudis amb entrenament de força, la isoforma de la hormona de creixement més estudiada és la molècula 22kD formada per 191 aminoàcids. La majoria d'aquests estudis indiquen que la hormona de creixement actua principalment com a potenciadora d'altres hormones anomenades IGF (Factor de creixement insulínic). Florini (1987) resumeix les principals funcions d'aquestes hormones en:

- Augmentar la síntesis proteica
- Augmentar la captació d'aminoàcids per part del múscul
- Reduir la utilització de proteïnes
- Estimular el creixement dels cartílags

Com s'observa, tots aquests efectes son compatibles amb la hipertrofia que acompanya a l'entrenament de força.

Kraemer i Ratamess (2005) afirmen que l'entrenament de de força màxima augmenta les concentracions d'aquesta hormona durant els 30 minuts pròxims a l'exercici. Afirmen també que la magnitud d'aquesta concentració depèn del tipus d'exercici i la quantitat de massa muscular que es recluta tant com pel tipus d'acció muscular que es realitzi. Per exemple es produeix una millor resposta de la hormona de creixement durant accions concèntriques que excèntriques. Els mateixos autors diuen que la resposta aguda de la hormona de creixement degut a l'entrenament de força està molt influenciada per les propietats metabòliques (treball total) del programa. Protocols amb altes concentracions de lactat sanguini tendeixen a produir les respostes de GH més substancials. Segons els autors, aquests programes es caracteritzarien per tenir una intensitat moderada-alta, un alt volum d'entrenament, amb descansos curts i entrenaments orientats a estressar una gran quantitat de massa muscular.

Pel que fa a la testosterona, segons Vingren et al. (2010) és una de les hormones androgèniques anabòliques més potents que es secreten de manera natural. Els seus

efectes a nivell biològic inclouen la promoció de les característiques secundaries del sexe masculí, com el creixement de la barba o el pèl corporal. A nivell muscular, la testosterona estimula la síntesis de proteïna (efecte anabòlic) i inhibeix la degradació de proteïnes (efecte anticatabòlic). Aquests dos efectes combinats, fan que aquesta hormona sigui protagonista i de gran influència a l'hora de promoure la hipertrofia muscular. Brooks et al. (1998) destaquen que la testosterona podria tenir també efectes sobre el sistema nerviós. Expliquen que aquesta hormona pot interactuar amb els receptors de les neurones i incrementar la quantitat de neurotransmissors alliberats com també regenerar nervis o incrementar la mida del cos cel·lular. Els autors remarquen que aquesta qualitat és de gran interès ja que aquest efecte influeix en gran mesura en la producció de força.

Referent a la relació d'aquesta hormona amb l'entrenament de força, en nombrosos estudis com a Kraemer i Ratamess (2005) s'ha comprovat que les concentracions de testosterona augmenten en els homes després d'aquest tipus d'exercici. Tremblay, Copeland i Van Helder (2004) indica a més que les concentracions de testosterona lliure després de l'entrenament de força eren majors en subjectes acostumats a aquest entrenament en comparació als subjectes entrenats en resistència. L'autor diu que aquest fet s'ha d'interpretar com a una adaptació crònica davant d'aquest tipus d'entrenament.

Son varis els factors que influeixen la resposta de la testosterona davant l'entrenament de força. La magnitud de la seva elevació, afirma Kraemer i Ratamess (2005), es veu afectada per:

- La massa muscular involucrada. Aixecaments olímpics o exercicis com el pes mort involucren diferents articulacions i músculs. L'autor suggereix que per potenciar aquests efectes, a la planificació de l'entrenament, aquests exercicis han de situar-se en primer lloc i abans dels exercicis que involucren poca massa muscular.
- La intensitat i el volum d'entrenament. Els programes d'entrenament amb una intensitat moderada, un alt volum d'entrenament i descansos relativament curts eleven la testosterona.

- La ingesta de nutrients. Volek, Kraemer, Bush, Incledon i Boetes (1997) afirmen que un baix consum d'àcids grassos a la dieta pot influenciar de manera negativa les concentracions de testosterona
- La experiència en l'entrenament. Com s'ha pogut comprovar anteriorment, els efectes residuals de l'entrenament poden tenir influència en els nivells hormonals i la testosterona no sembla ser una excepció.

En els casos on les variables de l'entrenament no es controlin de manera adequada i l'entrenament resulti excessiu fent impossible la assimilació per part de l'organisme s'acompanyarà d'una disminució de les concentracions de testosterona en sang provocant una disminució de la ratio testosterona/cortisol (González-Badillo i Gorostiaga, 2002)

Durant l'exercici físic agut la concentració de cortisol augmenta amb la intensitat de l'exercici (Kraemer, 1992 citat a González-Badillo i Gorostiaga, 2002). Quan aquesta concentració és elevada s'inhibeix la producció de testosterona, fet que provoca una disminució de la concentració d'aquesta hormona anabòlica. Alguns estudis indiquen que el component psicològic influeix en la producció de cortisol durant l'exercici, es suggereix que aquells atletes amb majors nivells d'estrès o ansietat tenen majors problemes per recuperar-se degut a que la producció de testosterona estarà limitada per la acció del cortisol. Per aquest motiu diferents investigadors utilitzen la proporció de testosterona/cortisol per avaluar el balanç anabòlic/catabòlic produït per diferents tipus d'entrenament de força. No obstant, la utilització d'aquesta ratio per determinar si el balanç és anabòlic o catabòlic segueix sent qüestionada (Kraemer i Ratamess, 2005).

La insulina és una hormona secretada per el pàncrees. Tot i que aquesta hormona és més coneguda per la importància que té en el metabolisme dels glúcids, juga també un paper important en el metabolisme de les proteïnes (González-Badillo & Gorostiaga, 2002). Aquests autors afirmen que la seva acció més important consisteix en ocupar el receptors del cortisol de la membrana de la cèl·lula muscular impeding la acció catabòlica del cortisol sobre aquests receptors. Kraemer i Ratamess (2005) especifiquen que aquesta hormona afecta de manera significativa la síntesis proteica del múscul reduint el catabolisme muscular quan les concentracions d'aminoàcids són òptimes. Els

autors recomanen que la ingesta d'hidrats de carboni i/o aminoàcids abans, durant i/o immediatament després de l'entrenament maximitza els efectes de la insulina en l'anabolisme dels teixits. Destaquen, però, que la suplementació abans o durant l'entrenament de força resulta especialment beneficiosa a la hora de maximitzar la síntesis de proteïnes degut a que s'aprofita l'augment del flux sanguini muscular i el posterior alliberament d'aminoàcids al múscul.

2.3 La càrrega d'entrenament

Per obtenir una millora en el rendiment de qualsevol qualitat física, és necessari proporcionar una sèrie d'estímuls físics i tècnics a l'organisme, que en el seu conjunt constituïran la càrrega d'entrenament.

González-Badillo i Ayestarán (2002) defineixen la càrrega d'entrenament com el conjunt d'exigències biològiques i psicològiques (càrrega real) provocades per les activitats d'entrenament (càrrega proposada). Destaquen que la càrrega d'entrenament s'ha de contemplar des d'aquestes dos perspectives. El preparador físic ha de programar la càrrega real i aquesta ha de venir expressada per la càrrega proposada fent que l'objectiu de la programació sigui que la càrrega real prevista estigui ben representada per la càrrega proposada. Les exigències biològiques i psicològiques pròpies de la càrrega real venen determinades pels components de la càrrega proposada.

A l'entrenament de força, son molts els autors que consideren que el volum i la intensitat d'entrenament son els components més significatius a l'hora de determinar la càrrega d'entrenament ja que un no es pot definir sense relacionar-se amb l'altre (González-Badillo, Yañez-García, Mora-Custodio & Rodríguez-Rosell, 2017). El volum es contempla quan es realitza amb intensitats òptimes ja que és la intensitat la que limita els valors del volum com podrien ser: el nombre de repeticions totals o el nombre de repeticions per sèrie. Així doncs el volum està en relació inversa a la intensitat que s'empra (González-Badillo i Ribas Serna, 2002).

Els mateixos autors especifiquen que quan es programa una sessió d'entrenament, la intensitat podria expressar-se de varies maneres diferents: en termes absoluts (massa), en termes relatius (%RM), en repeticions per sèrie, com a velocitat d'execució i com a

potència d'execució. Cada una d'aquestes formes d'expressió son complementaries i al mateix temps representen components de la intensitat reals. Cada una d'elles aporta informació sobre les característiques de la intensitat i contribueix a definir-la i precisar-ne el seu efecte..

No obstant en els entrenaments de força, poder quantificar aquesta intensitat d'entrenament esdevé una tasca difícil ja que aquests tipus d'exercicis no poden ser avaluats de manera objectiva utilitzant mesures fisiològiques globals com podria ser la freqüència cardíaca (Foster et al., 2001). Davant d'aquesta realitat diversos investigadors han buscat un mètode fiable capaç de monitoritzar la intensitat en entrenaments de força ja que està més que demostrat que els indicadors que tradicionalment s'han utilitzat com a referència (mètode de la RM) presenten limitacions importants. González-Badillo, Sánchez-Medina, Pareja-Blanco i Rodríguez-Rosell (2017), en el seu llibre més recent exposen i justifiquen els inconvenients de la utilització i conflictiva interpretació del mètode de la RM.

2.3.1 Inconvenients de la utilització del mètode de la RM

- **El valor de la RM no es estable.** Oscil·la i no es el mateix tots els dies. Davant d'aquest fet la intensitat de l'entrenament podria diferir amb la intensitat programada. Així doncs mai es coneixeria la intensitat amb la que s'ha treballat i es considerarà que l'efecte de l'entrenament que s'ha obtingut, es deu a una intensitat (càrrega d'entrenament) diferent a la real.

Vista la situació, és necessari incloure una definició que s'adeqüi a aquesta realitat. González-Badillo i Gorostiaga (2002) des de una perspectiva més actualitzada defineixen la intensitat de l'exercici en entrenaments de força com el grau d'esforç desenvolupat al realitzar un exercici a cada unitat d'acció (repetició). Aquest esforç el defineixen com el grau d'exigència o demanda a l'organisme (càrrega real) de tipus fisiològica, mecànica, tècnica i emocional per cada unitat d'acció. La relació entre el grau d'exigència i les possibilitats actuals i reals del subjecte en un moment determinat constitueixen el caràcter de l'esforç. Per tant el caràcter de l'esforç (CE) expressa i defineix la pròpia intensitat ja que ve determinat per la relació entre el que s'ha realitzat i el que es podria

haver realitzat. Un exemple pràctic i aplicable al mètode de la RM/nRM seria amb la relació entre les repeticions realitzades i les realitzables. Sempre i quan el mètode de la nRM no es consideri com una forma d'entrenament enfocada al "esgotament muscular" i s'entengui com a referència per dosificar la càrrega d'entrenament i la seva intensitat.

Davant d'aquesta possibilitat Gonzalez-Badillo et al. (2017) plantegen nous inconvenients de cara a la utilització del nombre de repeticions màximes (nRM) com a referència per a la dosificació de la càrrega d'entrenament:

1. Fer les mateixes repeticions amb una determinada càrrega no significa que s'estigui treballant amb la mateixa intensitat relativa. Pot donar-se el cas que dos subjectes que han entrenat amb el mateix nombre de repeticions màximes per sèrie s'hagin exercitat amb intensitats relatives molt diferents.
2. No és possible realitzar dos series amb la mateixa càrrega i el mateix nombre de repeticions màximes. No és possible realitzar més d'una sèrie amb la mateixa càrrega absoluta i el mateix nombre de repeticions quan aquest ha estat realment màxim per al subjecte a la primera sèrie.
3. Entrenar sempre amb el màxim nombre de repeticions possibles per sèrie pot produir diferents efectes negatius: Excessiva fatiga, augment del risc de lesió i consegüentment una reducció del rendiment esportiu.
4. S'ha observat que realitzar el màxim nombre de repeticions possibles a cada sèrie no proporciona els millors resultats. Investigadors recents han demostrat que entrenar fins al l'esgotament muscular proporciona resultats iguals o inferiors que no arribar-hi (Folland, Irish, Roberts, Tarr i Jones, 2002; Drinkwater et al., 2007; Sampson i Groeller, 2015)

2.3.2 Alternatives a la problemàtica de la RM i nRM

Segons González-Badillo et al. (2017) la solució de cara a la problemàtica plantejada per la utilització de la RM i el nRM com a referència per a la dosificació de la càrrega es troba en saber definir de manera precisa el caràcter de l'esforç que significa cada sèrie d'exercici o sessió d'entrenament. Tal i com s'explica en els paràgrafs anteriors, el CE precisa la intensitat i ve definit per la relació entre el que fa el subjecte i el que es podria haver fet. En el llibre s'utilitza l'exemple d'un subjecte que pot fer 10 repeticions amb un pes determinat (càrrega absoluta) i en fa 6. Llavors es parlaria d'un CE de 6 sobre 10 : 6(10). Si es fa tres vegades aquest mateix esforç, s'haurà fet 3x6(10). En altres paraules, 3 series de 6 repeticions amb un pes amb el que es podien fer 10 a la primera sèrie. Aquest plantejament de cara a precisar la intensitat mitjançant el caràcter d'esforç i les repeticions que es podrien haver fet recorda si més no a la proposta de Helms, Cronin, Storey i Zourdos (2016) on plantegen un mètode per definir de manera més precisa la intensitat mitjançant la combinació de les repeticions que queden en reserva i la escala d'esforç de Borg adaptada a l'entrenament de força (RPE). Helms et al. (2016) a partir de l'exemple de Hackett, Johnson, Halaki i Chow (2012) afirmen que l'RPE utilitzat de manera singular presenta limitacions. Diu que, fins i tot en casos d'esforços màxims, la puntuació de l'escala de Borg sempre resulta més baixa del que realment representa l'esforç encara que sigui màxim. Aquest fet qüestiona la precisió d'aquest mètode. A l'article de Helms et al. (2016) com a possible solució es mostra una taula desenvolupada per Zourdos et al. (2016) on es relaciona les repeticions en reserva, l'escala de Borg i el percentatge relatiu de la RM. No obstant, aquest mètode sembla ser més fiable en subjectes entrenats ja que aquests són coneixedors de les seves capacitats. A diferència, davant de subjectes novells amb poca experiència, aquest mètode sembla ser imprecís.

2.3.2.1 El caràcter de l'esforç definit per la velocitat

Gonzalez-Badillo et al. (2017) suggereix que la velocitat d'execució durant la fase concèntrica és una variable determinant de la intensitat ja que tant les exigències neuromusculars com els efectes de l'entrenament depenen en gran mesura de la pròpia velocitat a la que es desplacen les carregues. Afirmar que el caràcter de l'esforç es pot definir a partir d'aquesta variable. Segons l'autor el caràcter de l'esforç es defineix en

primer lloc per la velocitat de la primera repetició i la pèrdua de velocitat entre repeticions. La velocitat d'execució de la primera repetició d'una sèrie permet determinar l'esforç que significa la càrrega amb la que s'entrena. L'autor diu que aquesta afirmació es basa en el fet de que cada percentatge de la RM té la seva pròpia velocitat. La existència d'una alta relació estable entre la velocitat i els diferents percentatges de la 1RM permet:

- Avaluar la força d'un subjecte sense necessitat de realitzar en cap moment un test de 1RM ni un test de nRM.
- Estimar la RM amb alta precisió.
- Determinar amb alta precisió quin percentatge real de la 1RM està utilitzant el subjecte simplement realitzant, a la màxima velocitat possible, la primera repetició amb una càrrega absoluta determinada.
- Programar, dosificar i controlar l'entrenament amb alta precisió a través de la velocitat, i no a través d'un percentatge de la 1RM o de un nRM.
- Utilitzar l'entrenament de força amb tots els subjectes, des de nens fins a esportistes més avançats o els adults i persones grans que pretenguin millorar la seva salut sense la necessitat de fer tests de màxim esforç
- Estimar la millora en el rendiment cada dia sense necessitat de realitzar cap test, simplement mesurant la velocitat amb la que es desplaça una càrrega absoluta. Gonzalez-Badillo et al. (2017) exemplifiquen i afirmen que si la diferència la diferència en la velocitat entre el 70-75% de la RM d'un exercici en concret és de 0,08 m/s, quan un subjecte augmenti la velocitat en aproximadament 0,08 m/s davant d'una mateixa càrrega absoluta, existeix una probabilitat molt alta, gairebé del 100%, de que la seva RM hagi millorat un 5%. La proposta dels autors és que sempre s'hauria d'utilitzar la velocitat propulsiva de la primera repetició per programar, dosificar i avaluar la càrrega de l'entrenament i el rendiment del subjecte.

2.4 Entrenament basat en la velocitat de desplaçament.

Recentment el món de l'entrenament de força esta experimentant un procés de modernització i actualització que busca controlar, dosificar i monitoritzar amb la màxima precisió possible els efectes de l'entrenament. Instruments com a mitjà per controlar la velocitat estan guanyant molta popularitat. Segons Jovanović i Flanagan (2014) això és així ja que la velocitat del moviment és una variable d'interès que fins fa relativament poc ha estat vagament relacionada als estudis. La manca d'ús d'aquesta variable es podria justificar perquè fins fa poc no era possible mesurar amb precisió la velocitat en els exercicis que es realitzen durant els entrenaments de força i actualment existeix una gran varietat d'instruments que ho fan possible. Aquests podrien ser transductors de desplaçament lineals, dispositius equipats amb acceleròmetres i giroscòpics o fins i tot aplicacions mòbil.

L'entrenament enfocat en monitoritzar la velocitat del desplaçament ens els diferents exercicis que tenen lloc durant l'entrenament de força es coneix com *Velocity Based Training (VBT)*. Jidovtseff, Harris, Crielaard i Cronin (2011) recomanen que en aquests entrenaments es mesuri la velocitat concèntrica mitja i no el pic de velocitat concèntrica. Segons l'autor la velocitat mitjana representa millor la habilitat de l'atleta per desplaçar la càrrega al llarg de la fase concèntrica. Jovanović i Flanagan (2014) emfatitzen que en els entrenaments basats en la velocitat de desplaçament es desplaci la càrrega a la màxima velocitat possible. La terminologia que utilitza l'autor és la d'entrenar amb la intenció de moure la barra amb el màxim esforç possible. Aquesta intenció de moure la càrrega amb el major esforç i la velocitat real del moviment son ambdós estímuls vitals per conduir i optimitzar la adaptació a l'entrenament. Els ja mencionats instruments per mesurar la velocitat poden ajudar als entrenadors i atletes a assolir aquests objectius independentment de la càrrega que es desplaci. Jovanović i Flanagan (2014) especifiquen que tots aquest dispositius proporcionen un feedback immediat sobre la velocitat de moviment real, fet que pot ajudar-los a intentar expressar el màxim esforç. L'autor afirma que proporcionar aquest feedback del rendiment en temps real i de manera immediata produeix una major consistència entre sessions i una major

adaptació i efectes d'entrenament en comparació amb les sessions sense feedback immediat.

Els mateixos autors recomanen utilitzar aquests instruments per desenvolupar el perfil de càrrega/velocitat ja que existeix una inextricable relació entre la càrrega i la velocitat que pot permetre als practicants utilitzar una per estimar l'altra. Com s'ha vist en els apartats previs, cada percentatge de la RM té la seva velocitat i la investigació ha demostrat una relació molt forta entre la velocitat i la càrrega. L'autor afirma que aquesta relació es pot descriure mitjançant una regressió lineal simple que produeix la pendent i la intersecció de la línia. La força d'aquesta relació pot descriure's amb el coeficient de correlació (r), el coeficient de determinació (R^2) o l'error estàndard de la estimació (SEE). L'error estàndard de la estimació correspon a la mesura de la precisió de les prediccions. Totes aquestes estadístiques es poden calcular fàcilment a través de programes comuns de fulls de càlcul.

Per desenvolupar aquest perfil de càrrega/velocitat els dos autors recomanen que s'agafi com a referència la velocitat més elevada dels diferents intents. El protocol a seguir és el següent:

- 2-3 repeticions @ 30-40% 1RM
- 2 repeticions @ 40-50% 1RM
- 1-2 repeticions @ 60-70% 1RM
- 1 repetició @ 70-80% 1RM
- 1 repetició @ 80-85% 1RM

Els autors plantegen un seguit d'aplicacions pràctiques a tenir en consideració. Suggereix que crear aquest perfil de càrrega/velocitat en un exercici clau d'entrenament permet als entrenadors la oportunitat d'estudiar la trajectòria al llarg del temps a través d'un espectre de demandes de velocitats. Això és particularment aplicable als entrenadors interessats en la adaptació específica de la velocitat i no solament en el desenvolupament de la força màxima. Crear el perfil de força/velocitat també permet als entrenadors comparar als atletes els uns amb els altres a través de l'espectre de la velocitat enlloc d'utilitzar només l'1RM. Jovanović i Flanagan (2014) utilitzen l'exemple

de dos jugadors de rugbi d'alt nivell especialitzats en la mateixa posició amb 1RM del press de banca d'aproximadament 125kg. Dels dos jugadors, el segon presenta majors velocitats amb càrregues sub-màximes. Segons aquests dos autors això suggereix que el segon té unes millors característiques de velocitat fet que podria produir una transferència addicional de cara al rendiment esportiu.

Una altra aplicació pràctica podria ser la d'estimar diàriament el valor de la 1RM. Simplement utilitzant 3-4 series d'escalfament progressives, els entrenadors podrien estimar ràpidament els valors diaris de la RM.

Finalment els autors, coincidint amb el que s'ha exposat en l'apartat anterior, proposen utilitzar la velocitat per prescriure la càrrega de l'exercici. Enlloc d'utilitzar la manera tradicional de prescriure la càrrega relativa o absoluta i el nombre de repeticions i series, es podrien prescriure rangs de velocitats i parades de velocitat. Per exemple realitzar series a 0,4 m/s a la primera repetició fins que la velocitat baixi a 0,36 m/s. Jovanović i Flanagan (2014) diuen que aquest enfocament basat en la velocitat té nombroses avantatges tals com guanyar sensibilitat davant les fluctuacions diàries i canvis de la 1RM. Aquest enfocament també permet la autoregulació i individualització del volum i la càrrega d'entrenament.

2.5 Objectiu i hipòtesi

Referent als objectius generals plantejats per l'estudi, el primer correspondria a mesurar la intensitat com a variable determinant d'aquest tipus d'entrenament. L'objectiu més important de l'estudi és poder comparar i analitzar mitjançant la App PowerLift les variacions que es donen al Caràcter de l'esforç utilitzant la velocitat davant de diferents execucions tècniques de la fase concèntrica del press de banca. La finalitat del treball és poder demostrar quin tipus de press banca és el més indicat davant de les diferents qualitats de la força que es vulgui treballar basant l'entrenament en la Velocitat d'execució. Aquest control de la intensitat aniria enfocat a poder controlar, regular, ajustar i optimitzar les càrregues de l'entrenament i en definitiva a millorar les tasques pertanyents a la programació de l'entrenament.

Les hipòtesis plantejades per aquest treball son:

- ✓ L'exercici del press de banca amb la tècnica del powerlifting era la més adient si es buscava desplaçar una càrrega màxima a la major velocitat possible
- ✓ L'exercici del press de banca sense la utilització de les cames era la menys adient si es buscava desplaçar una càrrega màxima a la major velocitat possible.

3.Mètode

Aquest apartat mostrarà de manera detallada els procediments que s'han dut a terme per poder realitzar l'estudi en qüestió. A continuació s'exposarà la mostra, els instruments i materials utilitzats, les variants tècniques avaluades i el protocol que s'ha seguit. Referent a la metodologia aquesta va ser:

Quantitativa: Es va dur a terme un anàlisi numèric de les dades obtingudes i es va investigar de manera objectiva i generalitzada

Experimental: Es va manipular una variable independent per valorar el seu efecte sobre una variable dependent establint diferents relacions de causa i efecte

Transversal: El recull de la informació dels subjectes es va dur a terme en un moment determinat

3.1 Mostra

Els participants d'aquest estudi van ser 4 subjectes habituats a l'entrenament de força amb un mínim de 2 anys d'experiència a l'exercici del press de banca (N=4; 4 homes, 0 dones; edat = $21,9 \pm 0,9$ anys, alçada = $1,78 \pm 0,1$ m, pes = $76,4 \pm 5,4$ kg, IMC = $24,0 \pm 0,5$ kg/m², 1RM = $103,6 \pm 24,9$ kg, RM relatiu a la massa corporal = $1,37 \pm 0,38$ kg/kg). Tots els voluntaris eren usuaris del gimnàs de Les Piscines de La Garriga, entrenaven amb regularitat i dedicaven 5 dies a la setmana als entrenaments orientats a la Força màxima a intensitats compreses entre el 70%-90%RM. La freqüència d'entrenament de l'exercici del press de banca era de dos entrenaments setmanals, el primer orientat a la hipertrofia i el segon a la Força màxima donant prioritat a la coordinació neuromuscular i utilitzant intensitats màximes. En aquest sentit, tot i ser un grup amb bastantes diferències a nivell de RM, la estructura i progressions dels entrenaments que seguien eren molt similars ja que tots estaven realitzant la progressió 5/3/1 de Wendlar i estaven habituats a entrenar a intensitats elevades. No obstant, existien diferències a nivell

d'experiència i anys dedicats a aquest tipus d'entrenament, fet que podria justificar certes diferències a nivell de rendiment. A continuació s'adjunta la mostra de l'estudi:

Taula 1. Mostra de l'estudi. Font: Elaboració pròpia

Subjectes	Data Naixement	Edat	Edat 1 decimal	pes	alçada	IMC (kg/m ²)	RM	RM Relatiu al pes (kg/kg)
(S1)	23/10/1995	22,56	22,5	71,5	1,72	24,17	95	1,33
(S2)	20/12/1995	22,40	22,4	72	1,73	24,06	135	1,88
(S3)	24/04/1996	22,06	22,0	80	1,85	23,37	75,8	0,95
(S4)	21/10/1997	20,56	20,5	82	1,83	24,49	108,4	1,32
		Mitjana	21,9	76,4	1,78	24,0	103,6	1,37
		SD	0,9	5,4	0,1	0,5	24,9	0,38

Pel que fa al criteri d'exclusió, es va considerar adient no incloure a l'estudi a aquells participants que haguessin patit/patissin alguna lesió musculotendinosa capaç de condicionar la execució tècnica de l'exercici del press de banca. També s'excloïen aquells participants que tinguessin menys de 2 anys d'experiència a l'exercici del press de banca.

3.2 Indicadors i variables

Al tractar-se d'un estudi experimental, es va manipular una variable independent per conèixer el seu efecte sobre una variable dependent. Segons Hernández, Fernández, Baptista, Méndez i Mendoza (2014), aquestes variables son valors que poden fluctuar, es poden mesurar i poden ser estudiats. En aquest cas les variables que es van estudiar i mesurar de forma quantitativa van ser:

- Les 3 variants tècniques del press de banca (Variable independent)
- Els 3 percentatges relatius de la RM (%RM) (Variable independent)
- La Intensitat entesa com a velocitat de desplaçament (Variable dependent)

3.3 Materials i instruments

En aquest apartat citen els materials i instruments utilitzats durant la realització de l'estudi. Pel que fa als materials, aquests fan referència als objectes que s'han utilitzat per poder realitzar els exercicis en qüestió i que caracteritzen l'equipament de la sala de peses d'un gimnàs. S'han considerat com a instruments totes aquelles eines utilitzades per a la recopilació de dades.

Materials de Gimnàs

Els materials que es van utilitzar per poder realitzar les diferents variants tècniques del Press de Banca van ser: una barra olímpica Technogym (Technogym® Olympic Power Bar), diferents discs olímpics Technogym (Technogym® Olympic training plates set) i un banc horitzontal Technogym (Element+ Horizontal Bench)

Instruments antropomètrics

Per conèixer el pes i l'alçada dels voluntaris es va utilitzar una bàscula amb tallímetre (Bàscula GIMA Astra)

Instruments per als tests del Press de Banca

La App mòbil Powerlift v.5.8.1 creada i validada per Balsalobre-Fernández, Marchante, Muñoz-López i Jiménez (2017a), instal·lada en un Iphone 6S versió 11.3 es va utilitzar per mesurar la velocitat de desplaçament de la fase concèntrica per a cada una de les tres variants del Press de Banca. Es va utilitzar també un trípede Hama Star 61 per subjectar el dispositiu i una cinta mètrica per mesurar el rang de moviment (ROM) del Press de Banca de cada subjecte.

3.4 Protocol d'aplicació dels tests i descripció de les variants tècniques del press de banca

Es van realitzar un total de tres sessions amb tots els participants. La primera va correspondre a una sessió de familiarització on es va ensenyar com s'havia de realitzar cada aixecament per cada variant tècnica del press de banca. La segona sessió amb el grup va servir per calibrar la aplicació Powerlift i conèixer la RM actual de cada subjecte. A la tercera i última sessió es va mesurar la velocitat de desplaçament de cada variant del press de banca davant de tres intensitats diferents (50%, 65% i 80% 1RM).

Durant la primera sessió es va explicar de manera detallada com havia de ser la tècnica i execució de cada variant. A continuació es descriuen els tres exercicis que es van avaluar (veure Annex 4. Fotografies de les diferents tècniques del press de banca):

Press de banca convencional (PBC): En posició de decúbit supí recolzant tota la esquena sobre el banc horitzontal. L'objectiu de l'exercici és aixecar la barra fins a una posició de màxima extensió de les extremitats superiors. En totes les variants tècniques es va deixar clar que l'aixecament s'havia de realitzar a la màxima velocitat possible, evitant tot tipus de rebot i sempre controlant la fase excèntrica.

Press de banca estil Powerlifter (PBP): El Press de Banca d'un Powerlifter es caracteritza per incloure l'anomenat *Leg Drive*. Aquest concepte consisteix en fer força amb tot el tren inferior empenyent cap avall amb la finalitat d'utilitzar el terra com a superfície per transferir més força cap al tren superior. Durant el *Leg Drive* tota la planta del peu està en contacte amb el terra, el pes en constant tensió i el gluti sempre enganxat al banc. Pel que fa al tren superior, es produeix un arqueig lumbar juntament amb una retroacció escapular i campaneig intern buscant una estructura més sòlida i guanyant estabilitat. Aquesta retroacció i campaneig intern porten a exagerar la pronació de l'avantbraç i la rotació externa de l'espatlla a la hora de subjectar la barra. D'aquesta manera s'intenten evitar moviments lesionals que puguin afectar al deltoide anterior o a l'acròmion. Pel que fa als punts de recolzament d'aquesta variant tècnica del Press de Banca seran: les escàpules, el glutis i la planta dels peus.

Press de banca sense cames (PBSC): Aquesta variant tècnica és la mateixa que el Press de banca convencional. La diferència recau en que es realitza amb les cames aixecades i recolzant tota la superfície de l'esquena al banc.

Pel que fa a les tres variants tècniques de l'exercici, tots els subjectes van col·locar-se al banc de manera que els seus ulls i la barra es trobessin alineats. La mida del grip que es va utilitzar cada participant es va mantenir constant en tots els aixecaments. Un cop es va assegurar que cada participant realitzava els tres exercicis de manera correcta se'ls va deixar una setmana per poder practicar i guanyar seguretat.

Referent a la segona sessió aquesta va servir per calibrar la App Powerlift v.5.8.1. mitjançant la funció *Test Completo*. Tal i com descriu Balsalobre-Fernández et al., (2017b) la aplicació mòbil va ser dissenyada per mesurar la velocitat de la barra mitjançant l'enregistrament de vídeo a *Slow Motion* gràcies a la càmera d'alta velocitat

que inclouen els dispositius IOS més recents. D'aquesta manera la App, frame per frame, va permetre seleccionar manualment l'inici i el final de moviment per després mesurar el temps de la fase concèntrica de l'exercici a estudiar. La velocitat mitja es va computar de manera automàtica com el resultat del Rang de Moviment (ROM) de la fase concèntrica del Press de Banca dividit per el temps de l'aixecament. Com s'ha mencionat abans, la aplicació va necessitar conèixer el ROM per poder calcular la velocitat mitja de la Barra. Per mesurar aquest rang es va seguir el mateix procediment que a l'estudi de Balsalobre-Fernández et al. (2017b). Cada participant mantenia la posició final del Press de Banca (màxima extensió de colzes) amb la barra sense carregar mentre es mesurava la distància vertical de la barra fins al pit amb una cinta mètrica.

Després d'haver mesurat el ROM es va dur a terme un escalfament d'aproximadament 15 minuts que va consistir en estirament dinàmics i exercicis preparatoris. Aquest exercicis van consistir en rotacions internes i externes de l'articulació glenohumeral amb gomes, retroaccions escapulars en suspensió a les espatlles i diferents Press de Banca amb el 50% 1RM.

Seguint amb el procés de calibració, el software va necessitar realitzar un perfil de càrrega-velocitat de cada subjecte amb la finalitat de conèixer la RM de cada participant i poder establir diferents relacions entre la càrrega, el %RM i la velocitat. Així doncs i seguint les mateixes recomanacions del creador de la App, els participants van realitzar 4 series d'una repetició amb càrregues incrementals que corresponien aproximadament al 75%, 80%, 85% i 90% 1RM. Entre repeticions cada subjecte va disposar d'un descans complet de 4 minuts per garantir una total recuperació.

Per enregistrar els vídeos, l'examinador va col·locar l'iPhone amb trípode darrera del subjecte a una distància d'1,5m del banc i de manera que el dispositiu i el pit del participant estiguessin a la mateixa alçada. D'aquesta manera es va assegurar que es podia seguir el ROM des de prop i de manera clara. Tal i com es proposa a Balsalobre-Fernández (2017b) l'inici de l'aixecament es va considerar com el primer frame on la barra es separava del pit. El final de l'aixecament es va considerar com el primer frame on la barra finalitzava el seu desplaçament vertical juntament amb la màxima extensió de colzes.

Després d'enregistrar i seleccionar manualment cada fase de cada repetició, la App exportava la mesura de la velocitat a una fulla de càlcul i proporcionava els diferents perfils (càrrega-velocitat) juntament amb el coeficient de determinació (R^2) i l'estimació de la RM del moment. A continuació s'exposa la informació facilitada per l'aplicació:

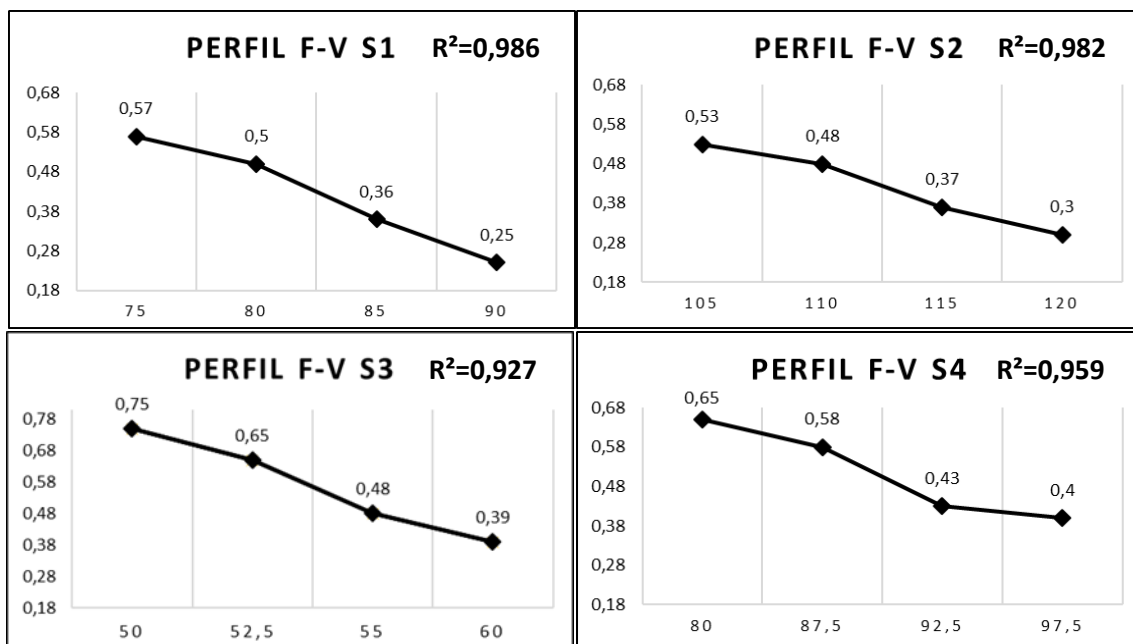


Figura 4. Perfils de càrrega/velocitat adaptats de Powerlift. Font: Elaboració pròpia

Un cop la aplicació estava calibrada i els subjectes tenien clar com realitzar els aixecaments es va considerar adient esperar 72 hores i deixar l'últim test per la tercera i última sessió. D'aquesta manera els participants estarien recuperats al 100% i frescos per realitzar els tests amb les tres variants del press de banca que s'han descrit anteriorment.

3.4.1 Protocol Test 1x1x3

Abans de començar i a mode introductori es va descriure als subjectes de quina manera s'organitzava la sessió, explicant l'ordre d'exercicis i de participants, les càrregues que utilitzarien i els descansos que tindrien. Abans de començar l'escalfament es van deixar clares les següents consignes:

- Aixecar la barra a la màxima velocitat possible.
- Controlar durant dos segons la fase excèntrica de tot Press de banca.
- Evitar qualsevol tipus de rebot contra el pit.

- Mantenir sempre els peus fixats al terra i el gluti en contacte amb el banc.
- Aguantar durant un segon la posició final del moviment abans de retornar la barra al suport del banc.

Escalfament

L'escalfament va ser guiat i va consistir en 15 minuts d'estiraments dinàmics i exercicis preparatoris. Aquesta part de la sessió va basar-se en:

- 3 series de 25 repeticions de rotacions externes de l'articulació glenohumeral amb 30 segons de recuperació entre series.
- 3 series de 25 repeticions de rotacions internes de l'articulació glenohumeral amb 30 segons de recuperació entre sèries.
- 3 series de 15 repeticions de retroaccions escapulars en suspensió a les espatlles amb 30 segons de recuperació entre sèries.
- 3 series de 15 repeticions @50% 1RM al Press de Banca amb 30 segons de recuperació entre sèries.
- 1 sèrie a 5 repeticions @65% 1RM al Press de banca
- 1 sèrie a 3 repeticions @80% 1RM al Press de banca

La última repetició amb el 80% 1RM es va utilitzar per realitzar un test ràpid amb la aplicació per conèixer la RM actual i real de cada subjecte per després establir el 50%, 65% i 80% 1RM i realitzar el test 1x1x3 amb màxima precisió.

Un cop finalitzat l'escalfament es van recordar les consignes prèvies i es va deixar 5 minuts als participants per que practiquessin els diferents estils del press de banca. Mentre realitzaven els aixecaments s'anaven corregint els possibles errors que poguessin sorgir.

Test 1x1x3

Els participants van realitzar les diferents variants del Press de banca seguint el següent ordre.

- 1 repetició @50% 1RM realitzant el Press de Banca Convencional (PBC)
- 1 repetició @50% 1RM realitzant el Press de Banca Powerlifting (PBP)
- 1 repetició @50% 1RM realitzant el Press de Banca Sense Cames (PBSC)
- 1 repetició @65% 1RM realitzant el Press de Banca Convencional (PBC)
- 1 repetició @65% 1RM realitzant el Press de Banca Powerlifting (PBP)
- 1 repetició @65% 1RM realitzant el Press de Banca Sense Cames (PBSC)
- 1 repetició @80% 1RM realitzant el Press de Banca Convencional (PBC)
- 1 repetició @80% 1RM realitzant el Press de Banca Powerlifting (PBP)
- 1 repetició @80% 1RM realitzant el Press de Banca Sense Cames (PBSC)

La velocitat es va mesurar de la mateixa manera que es va fer durant el test de calibració de la app ,es van seguir els mateixos procediments i modus operandi. Els participants, sota la senyal de l'observador i disposant sempre d'un descans de 4 minuts ,s'anaven rotant a mesura que es coneixia la velocitat de cada aixecament. Just a l'inici de la fase concèntrica, l'examinador repetia sempre la següent frase:

-Explosiu! A la màxima velocitat possible! Va!

Es va decidir realitzar els tests amb tots els subjectes a la vegada perquè existia certa competició que servia com a motivació per als participants.

4.4.2 Fiabilitat i Validesa dels Tests

S'entén el concepte de fiabilitat com a la consistència o repetició d'una mesura és a dir, si la aplicació de l'instrument d'avaluació reporta consistentment els mateixos resultats sota les mateixes condicions(Turner et al., 2015). Davant d'aquest concepte sorgeixen certs dubtes que plantegen si els tests i procediments que s'han dut a terme durant el present estudi el fan fiable o no. En certa manera la fiabilitat dels tests d'aquest estudi es podria veure condicionada per els següents factors:

- La complexitat tècnica de les variants del press de banca. Tot i que és cert que es va dur a terme una sessió de familiarització i que tots els participants van disposar de 4 sessions d'entrenament per perfeccionar les diferents variants, existeix el dubte de si aquest període de temps va ser suficient o no per dominar-les.
- La valoració d'un sol examinador. Com s'ha descrit prèviament, es va mesurar el ROM amb un cintà mètrica i es va seleccionar l'inici i el final de cada fase concèntrica de cada variant de manera manual. Aquestes tasques les va realitzar una sola persona. A diferència de Balsalobre-Fernández et al., (2017b) aquestes feines es van realitzar sense el suport d'un expert o segon examinador que les pogués corroborar.
- La inexistència d'un test-retest. Ni a la calibració del software ni als tests finals és va dur a terme tests-retests. Degut a aquest motiu, la fiabilitat referent a la consistència i repetibilitat de la mesura queda compromesa. Cal a dir que el software no disposa d'una funció que permeti editar o repetir els vídeos més d'una vegada. Això obliga a l'usuari a realitzar tots els enregistraments de manera ininterrompuda i sense poder corregir/editar possibles errades.

Pel que fa l'escalfament, aquest va ser el mateix que el que es va dur a terme a l'estudi de Balsalobre-Fernández et al., (2017a). Així doncs la bona condició neuromuscular dels subjectes no s'ha considerat com un factor que afecti a la fiabilitat dels tests. Finalment i fent referència als factors ambientals, totes les tres sessions es van realitzar a la mateixa hora, al mateix lloc i a la mateixa temperatura. Per tant no s'ha considerat com un factor condicionant.

Ayala, Sainz, de Ste Croix i Santonja (2012) suggereixen que la implicació dels participants i l'estat de fatiga dels mateixos poden esdevenir factors condicionants de la fiabilitat dels tests. Com s'ha resumit en els apartats previs els subjectes eren voluntaris, es coneixien entre ells i existia certa competitivitat de cara a veure qui assoliria la velocitat més alta. Per tant, s'ha considerat que la implicació i motivació va ser elevada i òptima. Finalment i fent referència a l'estat de fatiga, es van deixar 72h lliures d'activitat amb la finalitat de garantir una bona recuperació. D'aquesta manera de cara

al test 1x1x3 tots els participants es trobaven en bones condicions físiques per realitzar el test.

Referent a la validesa dels tests i/o instruments de l'estudi, per extreure'n les variables, es va utilitzar la funció *Test simple* de la aplicació Powerlift v.5.8.1 instal·lada en un Iphone 6S versió 11.3. Aquesta aplicació juntament amb les seves funcions i diferents tipus de tests va ser creada pel Dr. Carlos Balsalobre-Fernández i validada per Balsalobre-Fernandez et al., (2017a). En el seu article es va comparar els valors de lectura de l'aplicació amb un *Smartcoach Power Encoder* obtenint una alta correlació. Així doncs i utilitzant aquesta última referència, la aplicació mòbil Powerlift és una eina vàlida per mesurar la velocitat de desplaçament de la barra durant la fase concèntrica del press de banca.

3.5 Anàlisi de Dades

Pel que fa a l'anàlisi de la informació obtinguda amb els tests de la aplicació, es va utilitzar Microsoft Excel 2016 per calcular les mitjanes i les desviacions com també per representar de manera gràfica tota la informació d'interès. Aquest software va permetre també comparar en primera instància i de manera observacional i subjectiva si existien canvis entre les diferents variables que es van estudiar. La magnitud d'aquest canvis es va poder quantificar de manera objectiva utilitzant la mida de l'efecte (ES) seguint els càlculs, procediments i especificacions que es mostren resumides a Turner et al. (2015). A la hora d'interpretar la magnitud i els canvis en les mitjanes es va utilitzar la taula desenvolupada per Hopkins (2004) que es mostra a l'apartat de resultats.

4. Resultats

En aquest apartat s'hi troben els resultats obtinguts a partir del ja esmentat test 1x1x3. Aquests resultats es veuen representats de manera gràfica mitjançant els diferents diagrames de barres que es mostren a continuació. Posteriorment es mostraran els resultats obtinguts de la mida de l'efecte comparant els canvis en les velocitats de les diferents variants del press de banca entre si.

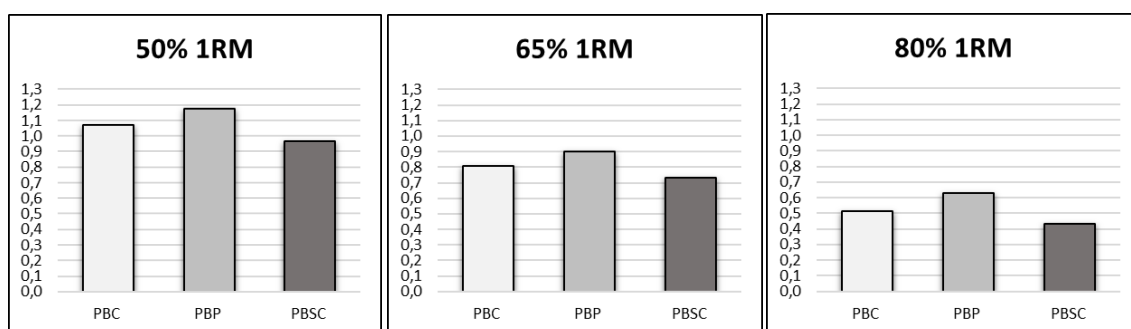


Figura 5. Evolució de la mitjana de la velocitat per cada variant tècnica i % 1RM. Font: *Elaboració pròpia*

Les gràfiques que s'observen evidencien la evolució que ha tingut la velocitat davant de les diferents variants tècniques de l'exercici per al 50%, 65% i 80% 1RM. Aquests diagrames de barres mostren els valors mitjans de la velocitat dels 4 subjectes que han participat en l'estudi. Tal i com es pot observar, la tècnica del press de banca powerlifting (PBP) ha estat la que ha permès als subjectes desenvolupar la major velocitat i per tant assolir la intensitat més alta. A diferència, la tècnica del press de banca sense cames (PBSC) ha estat la que menys velocitat ha permès desenvolupar als subjectes. Com era d'esperar, la velocitat ha disminuït a mesura que s'ha incrementat la càrrega.

Pel que fa a la mida de l'efecte (ES), aquesta s'ha establert comparant PBP amb PBC en primer lloc, PBP amb PBSC en segon lloc i per últim PBP amb PBSC. Així doncs s'ha pogut comparar la mida de l'efecte amb cada un dels tres %1RM diferents i amb cada una de les tres variants tècniques del press de banca. A continuació s'exposen les dades obtingudes i la taula per interpretar-les:

Taula 2. Mida de l'efecte (ES) per cada variant tècnica i els tres % 1RM. Font: *Elaboració pròpia*

	50% 1RM			65% 1RM			80% 1RM		
	PBP PBC	PBP PBSC	PBC PBSC	PBP PBC	PBP PBSC	PBC PBSC	PBP PBC	PBP PBSC	PBC PBSC
SD Pooled	0,112	0,091	0,107	0,074	0,070	0,056	0,060	0,050	0,040
ES	0,917	2,292	0,978	1,253	2,414	1,389	1,867	3,879	2,000

Taula 3. Interpretació dels canvis a les mitjanes. Font: *Hopkins (2004)*

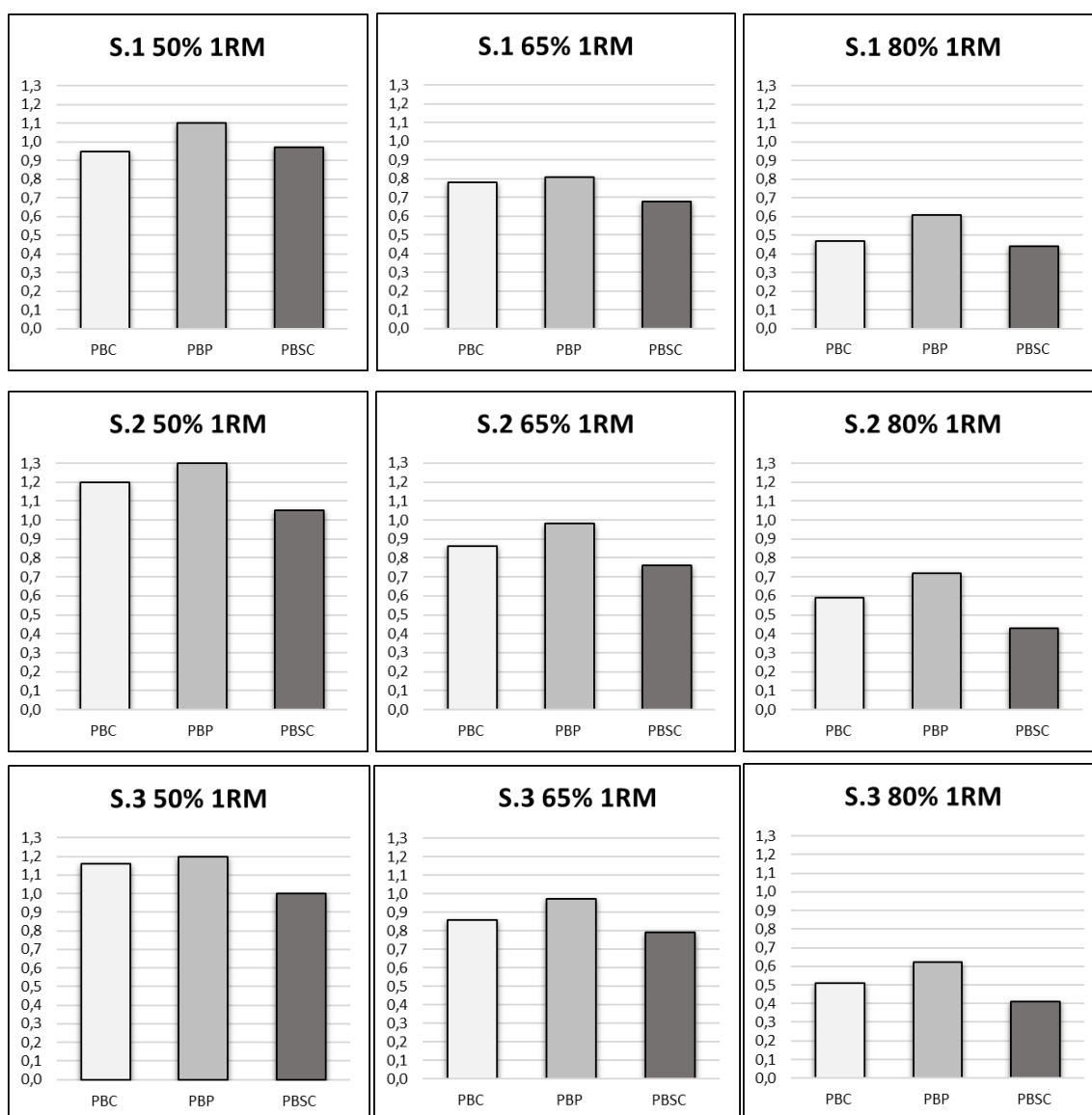
Trivial	<0,2
Petit	0,2-0,6
Moderat	0,6-1,2
Gran	1,2-2
Molt gran	2,0-4,0
Extremadament gran	>4,0

Com es pot observar en tots els casos els majors canvis en la mida de l'efecte es troben al comparar PBP amb PBSC. Es podria dir que a mesura que augmenta la càrrega aquests canvis son cada vegada més importants. Al 80% 1RM per exemple, la mida de l'efecte gairebé es podria interpretar com a extremadament gran. No obstant, i malgrat la redundància, en totes les variants i a mesura que s'incrementava el %1RM i pertanyent càrrega, els canvis la mida de l'efecte eren cada vegada majors.

- Per al 50% 1RM la mida de l'efecte al comparar PBP amb PBC és moderada, per PBP amb PBSC molt gran i per PBC amb PBSC torna a ser moderada.
- Per al 65% 1RM els canvis en les mitjanes del press de banca amb la tècnica del Powerlifting respecte al press de banca convencional equivalen a canvis moderats. Al comparar el press de banca del powerlifting amb el press de banca sense cames ens tornem a trobar amb canvis molt grans i finalment al comparar el press de banca convencional amb el press de banca sense cames obtenim una mida de l'efecte molt gran.
- Amb el 80% 1RM és quan tenen lloc els canvis més significatius i on la mida de l'efecte és més notable. Concretament, la mida de l'efecte al comparar PBP amb PBC és gran (1,867), PBP amb PBSC és molt gran i gairebé extrema (3,879). Finalment, per PBC amb PBSC els canvis en les mitjanes s'interpreten com a grans (2,0).

Al comparar la mida de l'efecte podem veure que la variant del Powerlifting és la que ha permès desenvolupar la major intensitat i que a mesura que s'incrementa la càrrega més diferències es donen amb la resta de variants tècniques. Tot i que aquests valors s'han calculat a partir de les mitjanes grupals cal a dir que han existit diferències significatives entre els subjectes, aquestes s'exposen a la següent pàgina.

Les gràfiques que es mostren a continuació mostren les diferències que s'han donat entre els 4 subjectes participants. En tots els casos el PBP ha estat el que ha donat valors de velocitat més alts i PBSC el que els ha donat més baixos. No obstant, cal destacar algunes distincions que es van donar amb el PBP i PBC dels diferents participants:



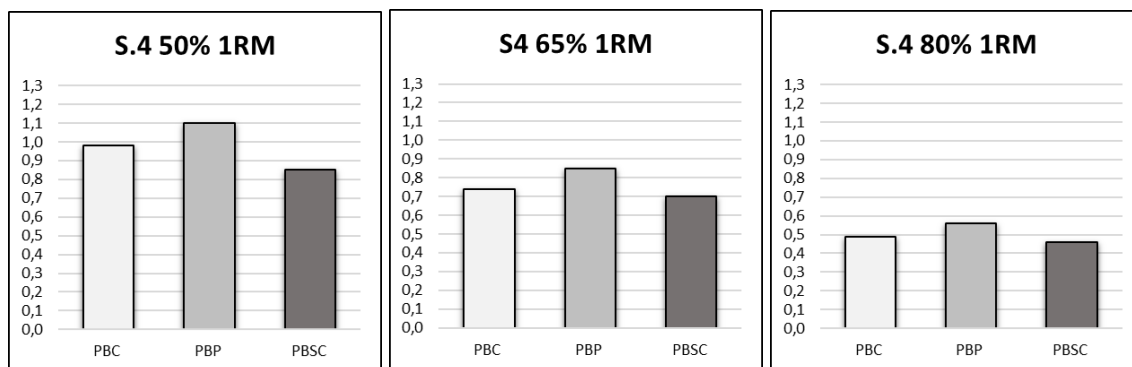


Figura 6. Evolució de la velocitat de cada subjecte per cada variant tècnica i % 1RM. Font: Elaboració pròpia

Pel que fa a la velocitat que va assolir el subjecte 1 amb el 65% 1RM, sembla ser que les diferències entre la tècnica convencional i la tècnica powerlifting són ínfimes. El mateix succeeix amb el subjecte 3 davant del 50% 1RM i el subjecte 4 amb el 80% 1RM. A diferència, el subjecte 2 i el que tenia major experiència amb la tècnica del powerlifting, va assolir sempre i en 50%, 65% i 80% 1RM una velocitat amb el PBP notablement superior en comparació amb el press de banca convencional. La taula a continuació mostra la informació de manera més detallada:

Taula 4. Resultats del test 1x1x3 detallats. Font: Elaboració pròpia

Subjectes	50% 1RM			65% 1RM			80% 1RM		
	PBC	PBP	PBSC	PBC	PBP	PBSC	PBC	PBP	PBSC
S1	0,950	1,100	0,970	0,780	0,810	0,680	0,470	0,610	0,440
S2	1,200	1,300	1,050	0,860	0,980	0,760	0,590	0,720	0,430
S3	1,160	1,200	1,000	0,860	0,970	0,790	0,510	0,620	0,410
S4	0,980	1,100	0,850	0,740	0,850	0,700	0,490	0,560	0,460
Mean	1,073	1,175	0,968	0,810	0,903	0,733	0,515	0,628	0,435
SD	0,126	0,096	0,085	0,060	0,085	0,051	0,053	0,067	0,021

Els motius pels quals el press de banca amb la tècnica de powerlifting ha estat el que ha permès desenvolupar una major velocitat que la resta s'abordarà a l'apartat que es mostra a continuació.

5. Discussió

En aquest apartat s'interpreten els resultats obtinguts a l'estudi i es discuteix sobre el seu significat. La discussió ha de fer referència i tenir en consideració la pregunta d'investigació i corresponents hipòtesis per poder-la comparar amb els resultats obtinguts.

Durant el plantejament d'aquest estudi experimental es van plantejar dos hipòtesis. La primera que l'exercici del press de banca amb la tècnica del powerlifting era la més adient si es buscava desplaçar una càrrega màxima a la major velocitat possible. La segona que l'exercici del press de banca sense la utilització de les cames era la menys adient si es buscava desplaçar una càrrega màxima a la major velocitat possible.

Tal i com ha quedat reflectit a l'apartat de resultats, la tècnica de powerlifting ha estat la que ha permès desplaçar la càrrega més alta a la major velocitat i amb una mida de l'efecte gran en comparació amb el press banca convencional i gairebé extrema amb el press de banca sense la utilització de cames. A la hora d'intentar interpretar i justificar per que el press de banca amb aquesta tècnica permet aplicar una major velocitat de desplaçament sorgeixen diferents enfocaments. El primer de tots és que amb aquesta tècnica el que es fa és guanyar estabilitat afegint punts de recolzament. Segons Koshida, Urabe, Miyashita, Iwai i Kagimori (2008) l'exercici del press de banca es més eficient al realitzar-se sota condicions estables si es volen evitar reduccions significatives de la força, velocitat i pic de potència. Koshida et al. (2008) diu que el que s'evita amb aquesta estabilitat son els estressos addicionals que es donarien a la musculatura sinergista i estabilitzadora del tren superior ja que els músculs prioritzarien la estabilitat per sobre de la producció de força.

El segon fa referència a l'augment de l'activació dels músculs que s'impliquen de manera directa amb aquesta tècnica. Segons Lehman (2005) al subjectar la barra amb un grip intermedi i efectuant una pronació de l'avantbraç, el tríceps braquial agafa una major implicació en el moviment que es fa evident a través de l'increment de la seva activació estudiada amb electromiografia. Segons l'autor, el tríceps braquial té aquesta contribució al press de banca en virtut de les restriccions cinemàtiques imposades per

la naturalesa de cadena tancada de l'aixecament juntament amb la acció extensora del colze. Per tant una major implicació del tríceps i podria influir de cara als resultats obtinguts.

L'últim guarda una estreta relació amb la biomecànica de la tècnica i a la transferència de força que la caracteritza. Kristiansen, Samani, Madeleine i Hansen (2016) suggereix que amb la tècnica del powerlifting tot el cos sencer contribueix a l'aixecament degut a la participació d'un major nombre de músculs en el moviment gràcies a la incorporació del *Leg Drive*, la retroacció escapular i el campaneig intern de les escàpules. L'autor diu que aquesta implicació dels diferents músculs comporta una major coordinació i activació neuromuscular de les cames, l'esquena i el tronc superior fet que podria afectar de manera directa a la producció de força i conseqüent velocitat de desplaçament.

Durant el plantejament de la temàtica i continguts d'aquesta investigació, es van plantejar diferents objectius que anaven relacionats en determinar, avaluar i controlar amb major precisió la intensitat dels aixecaments en relació a la tècnica que s'utilitzés. Ara que es coneixen les velocitats de cada variant tècnica es justificarà per que aquestes diferències són d'importància. Com s'ha pogut comprovar al llarg d'aquest treball, monitoritzar la velocitat de les repeticions és important ja que tant les demandes neuromusculars com l'efecte de l'entrenament depenen en gran mesura de les velocitats a la que es desplaça una càrrega (González-Badillo i Ribas, 2002).

A l'estudi de González-Badillo i Sánchez-Medina (2010) els autors van obtenir un seguit de conclusions de gran interès. La primera va ser que cada percentatge de la 1RM té la seva pròpia velocitat d'execució. Això significa que la velocitat mitja aconseguida a la primera repetició d'una sèrie determina la intensitat real de l'esforç que representa la càrrega. La segona conclusió a la que van arribar va ser que la velocitat mitja obtinguda amb cada percentatge de la 1RM és estable després que el valor de la RM es modifiqui després d'un període de temps. A la següent pàgina s'exposa la taula on es mostra la velocitat pròpia dels percentatges de la RM compresos entre el 30%-100% 1RM per a l'exercici del Press de banca.

Load (%1RM)	T1	T2	Difference (T1-T2)
30%	1.33±0.08	1.33±0.08	0.00
35%	1.24±0.07	1.23±0.07	0.01
40%	1.15±0.06	1.14±0.06	0.01
45%	1.06±0.05	1.05±0.05	0.01
50%	0.97±0.05	0.96±0.05	0.01
55%	0.89±0.05	0.87±0.05	0.01*
60%	0.80±0.05	0.79±0.05	0.01
65%	0.72±0.05	0.71±0.05	0.01
70%	0.64±0.05	0.63±0.05	0.01
75%	0.56±0.04	0.55±0.04	0.01
80%	0.48±0.04	0.47±0.04	0.01
85%	0.41±0.04	0.40±0.04	0.01
90%	0.33±0.04	0.32±0.04	0.01
95%	0.26±0.03	0.25±0.03	0.01
100%	0.19±0.04	0.18±0.04	0.00*

* Does not exactly coincide with T1-T2 due to the shown values being the result of rounding to two decimal places. Values are mean ± SD (N = 56).

Figura 7. Canvis en la velocitat mitja propulsiva obtinguda amb cada càrrega relativa, des de el test inicial (T1) fins al re-test (T2) en el press de banca.
Font: González-Badillo i Sánchez-Medina (2010)

Si es comparen els valors d'aquest estudi amb els resultats que es van obtenir en aquest treball s'observa que es produeixen variacions importants en el percentatge relatiu que representa la càrrega. Per exemple els valors mitjos que es van obtenir amb el pressuposat 50% 1RM van ser:

- Per a PBC es va obtenir una velocitat de 1,07 m/s que segons la taula suposaria una intensitat d'entre el 40-45%
- Per a PBP es va obtenir una velocitat de 1,18 m/s que suposaria una intensitat d'entre el 35-40%
- Per PBSC es va obtenir una velocitat de 0,97 m/s que equivaldria a una intensitat del 50%

Amb el pressuposat 65% 1RM els valors van ser:

- Per a PBC la velocitat va ser de 0,81 m/s que correspondria al 60% 1RM
- Per a PBP la velocitat va ser de 0,9 m/s que equivaldria al 55% 1RM
- Per PBSC la velocitat va ser de 0,73 m/s que equivaldria al 65% 1RM

Per últim i seguint amb la mateixa dinàmica, per al 80% 1RM es va obtenir:

- Per PBC una velocitat de 0,52 m/s equivalent al 80% de la taula
- Per PBP una velocitat de 0,63 m/s equivalent al 70% de la taula
- Per PBSC una velocitat de 0,44 m/s equivalent al 85% de la taula

Agafant d'exemple aquestes últimes dades, s'obtenen unes variacions en aquest percentatges de fins al 15% entre la tècnica del PBP i la PBSC i un 10% per PBC comparat amb PBP. Encara que sembli que un 10% de diferència entre la tècnica del PBP i la PBC sigui poca, si aquest percentatge es trasllada a la càrrega que representaria la intensitat trobaríem diferències d'aproximadament 10 kg entre ambdues. Tot i que aquesta interpretació sigui confosa, utilitzar aquesta magnitud ajuda a fer-se una idea del que suposen els canvis de cara al rendiment de l'aixecament. Siguin transcendents o no, la realitat és que existeixen diferències pel que fa a la intensitat o esforç que suposa la càrrega que es desplaça per cada variant tècnica de l'exercici i aquests es veuen de manera més clara si es comparen amb la càrrega absoluta del % 1RM concret. Sobretot si l'objectiu de la disciplina és desplaçar el màxim pes possible una sola vegada a qualsevol velocitat com passaria en l'halterofília o el powerlifting.

Gonzalez-Badillo et al. (2017) exemplifiquen i afirmen que si la diferència la diferència en la velocitat entre el 70-75% de la RM d'un exercici en concret és de 0,08 m/s, quan un subjecte augmenti la velocitat en aproximadament 0,08 m/s davant d'una mateixa càrrega absoluta, existeix una probabilitat molt alta, gairebé del 100%, de que la seva RM hagi millorat un 5%. Aquest raonament podria aplicar-se a aquesta situació ja que si existeixen aquestes diferències a la velocitat, haurien d'existir a la RM i per tant al rendiment.

5.1 Limitacions de l'estudi i futures línies d'investigació

Aquí es descriuran les principals limitacions que han condicionat en certa mesura tant el desenvolupament com els resultats de l'estudi:

- Des de un principi la mostra ha estat molt petita (N=4). No hi ha hagut mai cap grup control ni un grup experimental i per tant aquest estudi ha tingut una mostra molt petita i poc significativa
- Durant la realització dels tests, es va mesurar el ROM de tots els subjectes i es va establir el mateix ROM per a les 3 variants del press de banca. La limitació recau en l'error d'haver utilitzat el ROM com a constant per als tres exercicis ja que per a la variant del PBP i degut a l'arqueig lumbar aquest ROM es veu reduït. Per tant, pot ser que les dades obtingudes de la velocitat del press de banca powerlifting siguin falses.
- Les diferències a nivell tècnic entre els subjectes. La majoria de subjectes encara es trobaven en fase d'aprenentatge de la tècnica i tot i que es van deixar més de 7 dies per practicar, aquest període de temps no sembla haver estat suficient.

Respecte a les futures línies d'investigació, seria interessant realitzar un estudi similar però utilitzant tecnologia diferent. Per exemple amb la utilització d'un transductor de desplaçament lineal, no hauria tingut el problema del rang de moviment i es podrien observar també els canvis en la velocitat propulsiva. De cara a un proper estudi seria interessant estudiar la 1RM de quina manera evoluciona *sticking point* amb cada variant del press de banca. També seria interessant realitzar aquest estudi amb atletes competitiu de Powerlifting per poder veure'n les diferències en la seva màxima expressió. Per exemple, seguint amb la mateixa línia del Powerlifting, seria interessant comparar les diferències que es podrien donar en el pes mort convencional i el pes mort sumo. Com estudiar també les diferències i variacions entre un squat high bar i un squat low bar. A curt termini i aplicat a la meva persona, m'agradaria controlar els meus entrenaments amb instrumental que em permeti conèixer la pèrdua de velocitat entre sèries com el Push Band o el Beast sensor, seria una bona manera d'automotivar-me als entrenaments i autoregular-me

portant un gran control dels meus aixecaments que m'ajudarien a progressar i potser, en un futur, competir.

6. Conclusions

-La intensitat entesa com el caràcter d'esforç i definida per la velocitat mitja de desplaçament de la fase concèntrica del press de banca és un bon indicador i de gran utilitat per a la mesura, el control i l'avaluació de l'entrenament de força.

-El perfil de càrrega/velocitat estima la 1RM i els seus percentatges amb molta precisió i és una molt bona eina per regular l'entrenament

-El press de banca amb la tècnica de Powerlifter permet desenvolupar una major velocitat de desplaçament davant de càrregues del 50%, 65% i 80% 1RM i sembla ser que les diferències amb les diferents variants s'accentuen a mesura que augmenta la càrrega.

-El press de banca amb les cames aixecades és la variant tècnica que permet desenvolupar la menor velocitat de desplaçament davant de càrregues del 50%, 65% i 80% 1RM i sembla ser que les diferències amb les diferents variants s'accentuen a mesura que augmenta la càrrega.

- És important realitzar una tècnica o una altra depenent de quin siguin els objectius de l'atleta. Per exemple si es busca desenvolupar la força màxima el press de banca PBP seria el més recomanable. Si es busca estimular el pectoral augmentat la tensió mecànica i el temps sota tensió, sembla ser que el press de banca convencional és el més indicat. En canvi si es busca realitzar un treball global de *Core* sobre una superfície inestable, el press de banca amb les cames aixecades o sobre d'una fit-ball seria una bona opció.

7. Referències

- Adams, G., i Bamman, M. (2012). Characterization and Regulation of Mechanical Loading-Induced Compensatory Muscle Hypertrophy. *Comprehensive Physiology*, 2(4), 2829-2870. doi:10.1002/cphy.c110066
- Adkins, D., Boychuk, J., Remple, M., i Kleim, J. (2006). Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *Journal Of Applied Physiology*, 101(6), 1776-1782. doi:10.1152/jappphysiol.00515.2006
- Ahtiainen, J., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W., i Häkkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal Of Applied Physiology*, 89(6), 555-563. doi:10.1007/s00421-003-0833-3
- Alway, S., Grumbt, W., Gonyea, W., i Stray-Gundersen, J. (1989). Contrasts in muscle and myofibers of elite male and female bodybuilders. *Journal Of Applied Physiology*, 67(1), 24-31. doi:10.1152/jappl.1989.67.1.24
- Apell, H. (1990). Muscular Atrophy Following Immobilisation. *Sports Medicine* 10(1):42-58, 10(1), 42-45. doi:10.1002/cphy.cp100119
- Asmussen, E., i Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of Elastic Energy in Skeletal Muscles in Man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91(3), 385-392. doi:10.1111/j.1748-1716.1974.tb05693.x
- Ayala, F., Sainz, P., de Ste Croix, M., i Santonja, F. (2012). Fiabilidad y validez de las pruebas sit-and-reach: revisión sistemática. *Revista Andaluza De Medicina Del Deporte*, 5(2), 57-66. doi:10.1016/s1888-7546(12)70010-2
- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Baz-Valle, E., Alonso-Molero, I., Jiménez, S., i Muñoz-López, M. (2017). Analysis of Wearable and Smartphone-Based Technologies for the Measurement of Barbell Velocity in Different Resistance Training Exercises. *Frontiers In Physiology*, 8. doi:10.3389/fphys.2017.00649
- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., i Jiménez, S. (2017). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal Of Sports Sciences*, 36(1), 64-70. doi:10.1080/02640414.2017.1280610
- Balshaw, T., Massey, G., Maden-Wilkinson, T., Morales-Artacho, A., McKeown, A., Appleby, C., i Folland, J. (2017). Changes in agonist neural drive, hypertrophy and pre-training strength all contribute to the individual strength gains after resistance training. *European Journal Of Applied Physiology*, 117(4), 631-640. doi:10.1007/s00421-017-3560-x

- Bompa, T., i Haff, G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training* (3rd ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Bompa, T., Cornacchia, L., i Tous Fajardo, J. (2009). *Musculación. Entrenamiento avanzado* (3rd ed.). Barcelona: Hispano Europea.
- Brooks, B., Merry, D., Paulson, H., Lieberman, A., Kolson, D., i Fischbeck, K. (1998). A Cell Culture Model for Androgen Effects in Motor Neurons. *Journal Of Neurochemistry*, 70(3), 1054-1060. doi:10.1046/j.1471-4159.1998.70031054.x
- Buckner, S., Mouser, J., Jessee, M., Dankel, S., Mattocks, K., i Loenneke, J. (2017). What does individual strength say about resistance training status?. *Muscle & Nerve*, 55(4), 455-457. doi:10.1002/mus.25461
- Butler, R., Crowell, H., i Davis, I. (2003). Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clinical Biomechanics*, 18(6), 511-517. doi:10.1016/s0268-0033(03)00071-8
- Carolan, B., i Cafarelli, E. (1992). Adaptations in coactivation after isometric resistance training. *Journal Of Applied Physiology*, 73(3), 911-917. doi:10.1152/jappl.1992.73.3.911
- Carroll, T., Abernethy, P., Logan, P., Barber, M., i McEniery, M. (1998). Resistance training frequency: strength and myosin heavy chain responses to two and three bouts per week. *European Journal Of Applied Physiology*, 78(3), 270-275. doi:10.1007/s004210050419
- Carroll, T., Selvanayagam, V., Riek, S., i Semmler, J. (2011). Neural adaptations to strength training: Moving beyond transcranial magnetic stimulation and reflex studies. *Acta Physiologica*, 202(2), 119-140. doi:10.1111/j.1748-1716.2011.02271.x
- Cometti, G. (2007). *Los métodos modernos de musculación*. Badalona: Paidotribo.
- Drinkwater, E., Lawton, T., McKenna, M., Lindsell, R., Hunt, P., i Pyne, D. (2007). Increased Number of Forced Repetitions Does Not Enhance Strength Development With Resistance Training. *The Journal Of Strength And Conditioning Research*, 21(3), 841. doi:10.1519/r-20666.1
- Duchateau, J., Semmler, J., i Enoka, R. (2006). Training adaptations in the behavior of human motor units. *Journal Of Applied Physiology*, 101(6), 1766-1775. doi:10.1152/japplphysiol.00543.2006
- Florini, J. (1987). Hormonal control of muscle growth. *Muscle & Nerve*, 10(7), 577-598. doi:10.1002/mus.880100702
- Folland, J., i Williams, A. (2007). The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to increased Strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168. doi:10.2165/00007256-200737020-00004

- Folland, J., Irish, C., Roberts, J., Tarr, J., i Jones, D. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training * Commentary. *British Journal Of Sports Medicine*, 36(5), 370-373. doi:10.1136/bjism.36.5.370
- Foster, C., Florhaug, J., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L., i Parker, S. et al. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training. *The Journal Of Strength And Conditioning Research*, 15(1), 109. doi:10.1519/1533-4287(2001)015<0109:anatme>2.0.co;2
- Fry, A. (2004). The Role of Resistance Exercise Intensity on Muscle Fibre Adaptations. *Sports Medicine*, 34(10), 663-679. doi:10.2165/00007256-200434100-00004
- Fry, A., i Kraemer, W. (1997). Resistance Exercise Overtraining and Overreaching. Neuroendocrine responses. *Sports Medicine*, 23(2), 106-129. doi:10.2165/00007256-199723020-00004
- Gabriel, D., Kamen, G., i Frost, G. (2006). Neural Adaptations to Resistive Exercise. *Sports Medicine*, 36(2), 133-149. doi:10.2165/00007256-200636020-00004
- González Badillo, J., i Gorostiaga Ayestarán, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza* (2nd ed., pp. 19-114 145-253). Barcelona: INDE.
- González Badillo, J., i Ribas Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza* (1st ed., pp. 9-157 313-347). Barcelona: Inde.
- González-Badillo, J., i Sánchez-Medina, L. (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *International Journal Of Sports Medicine*, 31(05), 347-352. doi:10.1055/s-0030-1248333
- González-Badillo, J., Sánchez-Medina, L., Pareja-Blanco, F., i Rodríguez- Rosell, D. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza* (1st ed., pp. 1-175). [No se indica lugar de edición]: Ergotech.
- González-Badillo, J., Yañez-García, J., Mora-Custodio, R., i Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International Journal Of Sports Medicine*, 38(03), 217-225. doi:10.1055/s-0042-120324
- Green, H., Klug, G., Reichmann, H., Seedorf, U., Wiehrer, W., i Pette, D. (1984). Exercise-induced fibre type transitions with regard to myosin, parvalbumin, and sarcoplasmic reticulum in muscles of the rat. *European Journal Of Physiology*, 400(4), 432-438. doi:10.1007/bf00587545
- Hackett, D., Johnson, N., Halaki, M., i Chow, C. (2012). A novel scale to assess resistance-exercise effort. *Journal Of Sports Sciences*, 30(13), 1405-1413. doi:10.1080/02640414.2012.710757

- Harman, E. (1993). EXERCISE PHYSIOLOGY: Strength and Power: A Definition of Terms. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 15(6), 18. doi:10.1519/0744-0049(1993)015<0018:sapado>2.3.co;2
- Helms, E., Cronin, J., Storey, A., & Zourdos, M. (2016). Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength And Conditioning Journal*, 38(4), 42-49. doi:10.1519/ssc.0000000000000218
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P., Méndez, S., i Mendoza, C. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Education.
- Hickson, R., Dvorak, B., Gorostiaga, E., Kurowski, T., i Foster, C. (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal Of Applied Physiology*, 65(5), 2285-2290. doi:10.1152/jappl.1988.65.5.2285
- Hopkins, W. (2004). How to interpret changes in an athletic performance test. *Sportscience*, 8, 1-7.
- Jidovtseff, B., Harris, N., Crielaard, J., i Cronin, J. (2011). Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 25(1), 267-270. doi:10.1519/jsc.0b013e3181b62c5f
- Jones, E., Bishop, P., Woods, A., i Green, J. (2008). Cross-Sectional Area and Muscular Strength. *Sports Medicine*, 38(12), 987-994. doi:10.2165/00007256-200838120-00003
- Jovanović, M., i Flanagan, E. (2014). Researched applications of velocity based strength training. *J. Aust. Strength Cond.*, 22(2), 58-69.
- Kelley, G. (1996). Mechanical overload and skeletal muscle fiber hyperplasia: a meta-analysis. *Journal Of Applied Physiology*, 81(4), 1584-1588. doi:10.1152/jappl.1996.81.4.1584
- Knuttgen, H., i Kraemer, W. (1987). Terminology and Measurement in Exercise Performance. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 1(1), 1-10. doi:10.1519/00124278-198702000-00001
- Komi, P. (1984). Physiological and Biomechanical Correlates of Muscle Function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise And Sport Sciences Reviews*, 12(1), 81-122. doi:10.1249/00003677-198401000-00006
- Koshida, S., Urabe, Y., Miyashita, K., Iwai, K., i Kagimori, A. (2008). Muscular Outputs During Dynamic Bench Press Under Stable Versus Unstable Conditions. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 22(5), 1584-1588. doi:10.1519/jsc.0b013e31817b03a1

- Koshida, S., Urabe, Y., Miyashita, K., Iwai, K., i Kagimori, A. (2008). Muscular Outputs During Dynamic Bench Press Under Stable Versus Unstable Conditions. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 22(5), 1584-1588. doi:10.1519/jsc.0b013e31817b03a1
- Kraemer, W., i Ratamess, N. (2005). Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*, 35(4), 339-361. doi:10.2165/00007256-200535040-00004
- Kristiansen, M., Samani, A., Madeleine, P., i Hansen, E. (2016). Muscle synergies during bench press are reliable across days. *Journal Of Electromyography And Kinesiology*, 30, 81-88. doi: 10.1016/j.jelekin.2016.06.004
- Lehman, G. (2005). The Influence of Grip Width and Forearm Pronation/Supination on Upper-Body Myoelectric Activity During the Flat Bench Press. *The Journal Of Strength And Conditioning Research*, 19(3), 587. doi:10.1519/r-15024.1
- MacDougall, J., Sale, D., Alway, S., i Sutton, J. (1984). Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. *Journal Of Applied Physiology*, 57(5), 1399-1403. doi:10.1152/jappl.1984.57.5.1399
- MacDougall, J., Sale, D., Elder, G., i Sutton, J. (1982). Muscle ultrastructural characteristics of elite powerlifters and bodybuilders. *European Journal Of Applied Physiology And Occupational Physiology*, 48(1), 117-126. doi:10.1007/bf00421171
- McCarthy, J., Pozniak, M., & Agre, j. (2002). Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 34(3), 511-519. doi:10.1097/00005768-200203000-00019
- Mikeski, A., Giddings, C., Matthews, W., i Gonyea, W. (1991). Changes in muscle fiber size and composition in response to heavy-resistance exercise. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 23(9), 1042-1049. doi:10.1249/00005768-199109000-00008
- Patten, C., Kamen, G., i Rowland, D. (2001). Adaptations in maximal motor unit discharge rate to strength training in young and older adults. *Muscle & Nerve*, 24(4), 542-550. doi:10.1002/mus.1038
- Roman, W., Fleckenstein, J., Stray-Gundersen, J., Alway, S., Peshock, R., i Gonyea, W. (1993). Adaptations in the elbow flexors of elderly males after heavy-resistance training. *Journal Of Applied Physiology*, 74(2), 750-754. doi:10.1152/jappl.1993.74.2.750
- Sampson, J., i Groeller, H. (2015). Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength?. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 26(4), 375-383. doi:10.1111/sms.12445

- Schoenfeld, B. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872. doi:10.1519/jsc.0b013e3181e840f3
- Schultz, E. (1989). Satellite cell behavior during skeletal muscle growth and regeneration. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 21(Supplement), 187-197. doi:10.1249/00005768-198910001-00010
- Scott, W., Stevens, J., i Binder–Macleod, S. (2001). Human Skeletal Muscle Fiber Type Classifications. *Physical Therapy*, Volume 81(1), 1810–1816. doi: <https://doi.org/10.1093/ptj/81.11.1810>
- Sjöström, M., Lexell, J., Eriksson, A., i Taylor, C. (1991). Evidence of fibre hyperplasia in human skeletal muscles from healthy young men?. *European Journal Of Applied Physiology And Occupational Physiology*, 62(5), 301-304. doi:10.1007/bf00634963
- Stone, M., Pierce, K., Sands, W., i Stone, M. (2006). Weightlifting: Program Design. *Strength And Conditioning Journal*, 28(2), 10. doi:10.1519/1533-4295(2006)028[0010: wpd]2.0.co;2
- Suchomel, T., Nimphius, S., Bellon, C., i Stone, M. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765-785. doi:10.1007/s40279-018-0862-z
- Tesch, P., Thorsson, A., i Kaiser, P. (1984). Muscle capillary supply and fiber type characteristics in weight and powerlifters. *Journal Of Applied Physiology*, 56(1), 35-38. doi:10.1152/jappl.1984.56.1.35
- Tremblay, M., Copeland, J., i Van Helder, W. (2004). Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *Journal Of Applied Physiology*, 96(2), 531-539. doi:10.1152/japplphysiol.00656.2003
- Turner, A., Brazier, J., Bishop, C., Chavda, S., Cree, J., i Read, P. (2015). Data Analysis for Strength and Conditioning Coaches. *Strength and Conditioning Journal*, 37(1), 76-83. doi:10.1519/ssc.0000000000000113
- Van Cutsem, M., Duchateau, J., i Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *The Journal of Physiology*, 513(1), 295-305. doi:10.1111/j.1469-7793.1998.295by.x
- Vingren, J., Kraemer, W., Ratamess, N., Anderson, J., Volek, J., i Maresh, C. (2010). Testosterone Physiology in Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*, 40(12), 1037-1053. doi:10.2165/11536910-000000000-00000
- Volek, J., Kraemer, W., Bush, J., Incledon, T., i Boetes, M. (1997). Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. *Journal Of Applied Physiology*, 82(1), 49-54. doi:10.1152/jappl.1997.82.1.49

- Wang, N., Hikida, R., Staron, R., i Simoneau, J. (1993). Muscle fiber types of women after resistance training? Quantitative ultrastructure and enzyme activity. *European Journal Of Physiology*, 424(5-6), 494-502. doi:10.1007/bf00374913
- Yang, N., MacArthur, D., Gulbin, J., Hahn, A., Beggs, A., Easteal, S., i North, K. (2003). ACTN3 Genotype Is Associated with Human Elite Athletic Performance. *The American Journal Of Human Genetics*, 73(3), 627-631. doi:10.1086/377590
- Zourdos, M., Klemp, A., Dolan, C., Quiles, J., Schau, K., i Jo, E. et al. (2016). Novel Resistance Training-Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 30(1), 267-275. doi:10.1519/jsc.0000000000001049

8. Annexos

Annex 1 . Mostra de l'estudi

Subjectes	Data Naixement	Edat	Edat 1 decimal	pes	alçada	IMC (kg/m ²)	RM	RM Relatiu al pes (kg/kg)
(S1)	23/10/1995	22,56	22,5	71,5	1,72	24,17	95	1,33
(S2)	20/12/1995	22,40	22,4	72	1,73	24,06	135	1,88
(S3)	24/04/1996	22,06	22,0	80	1,85	23,37	75,8	0,95
(S4)	21/10/1997	20,56	20,5	82	1,83	24,49	108,4	1,32
		Mitjana	21,9	76,4	1,78	24,0	103,6	1,37
		SD	0,9	5,4	0,1	0,5	24,9	0,38

Annex 2. Càrregues utilitzades al test 1x1x3

Subjecte 1			Subjecte 2		
%RM	T-Load (kg)	U-Load(kg)	%RM	T-Load (kg)	U-Load(kg)
50	47,3	47	50	66	65
55	52,03		55	72,6	
60	56,76		60	79,2	
65	61,49	62,5	65	85,8	85
70	66,22		70	92,4	
75	70,95		75	99	
80	75,68	75	80	105,6	105
85	80,41		85	112,2	
90	85,14		90	118,8	
95	89,87		95	125,4	
100	94,6		100	132	

Subjecte 3			Subjecte 4		
%RM	T-Load (kg)	U-Load(kg)	%RM	T-Load (kg)	U-Load(kg)
50	38,7	40	50	54,1	55
55	42,57		55	59,51	
60	46,44		60	64,92	
65	50,31	50	65	70,33	70
70	54,18		70	75,74	
75	58,05		75	81,15	
80	61,92	62,5	80	86,56	85
85	65,79		85	91,97	
90	69,66		90	97,38	
95	73,53		95	102,79	
100	77,4		100	108,2	

Annex 3. Resultats

Subjectes	50% 1RM			65% 1RM			80% 1RM		
	PBC	PBP	PBSC	PBC	PBP	PBSC	PBC	PBP	PBSC
S1	0,950	1,100	0,970	0,780	0,810	0,680	0,470	0,610	0,440
S2	1,200	1,300	1,050	0,860	0,980	0,760	0,590	0,720	0,430
S3	1,160	1,200	1,000	0,860	0,970	0,790	0,510	0,620	0,410
S4	0,980	1,100	0,850	0,740	0,850	0,700	0,490	0,560	0,460
Mean	1,073	1,175	0,968	0,810	0,903	0,733	0,515	0,628	0,435
SD	0,126	0,096	0,085	0,060	0,085	0,051	0,053	0,067	0,021

	50% 1RM			65% 1RM			80% 1RM		
	PBP PBC	PBP PBSC	PBC PBSC	PBP PBC	PBP PBSC	PBC PBSC	PBP PBC	PBP PBSC	PBC PBSC
SD Pooled	0,112	0,091	0,107	0,074	0,070	0,056	0,060	0,050	0,040
ES	0,917	2,292	0,978	1,253	2,414	1,389	1,867	3,879	2,000

Annex 4. Fotografies de les tres variants tècniques del press de banca i la col·locació del trípod.



Press banca convencional (PBC)



Press banca Powerlifting (PBP)



Press banca sense cames (PBSC)

