



UNIVERSITAT DE VIC
UNIVERSITAT CENTRAL
DE CATALUNYA

Efectes en el rendiment esportiu al realitzar un programa d'entrenament del vector de força axial o anteroposterior en joves esportistes

Sergi Genevat Travesa

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

Treball final de grau. Àmbit de rendiment

Javier Peña López

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

Maig de 2020

Agraeixo profundament als quatre esportistes i els responsables del club de tennis *City Sports*, per haver fet possible aquest treball i ajudar-me amb tot el necessari.

A en Javier Peña, professor de la Universitat de Vic i encarregat de ser el tutor d'aquest treball, que des del principi m'ha pogut guiar i ha invertit el seu temps en el treball.

I per últim, a la família i companys que m'han donat el seu suport incondicional.

Índex de continguts

1.	Introducció	8
1.1.	Motivacions i contextualització	9
2.	Marc teòric	10
2.1.	La força.....	10
2.2.	La força en el rendiment esportiu	12
2.3.	La força en esportistes joves.....	14
2.4.	Teoria dels vectors de força.....	20
2.5.	Aplicació de la teoria dels vectors de força en el rendiment esportiu.....	22
2.5.1.	El vector de força axial i anteroposterior	23
2.6.	Principi de sobrecàrrega progressiva.....	25
3.	Justificació de la investigació	27
4.	Objectius i hipòtesis	28
5.	Materials i mètodes	29
5.1.	Disseny.....	29
5.2.	Participants	29
5.3.	Instruments.....	30
5.4.	Metodologia.....	31
5.4.1.	Protocol dels tests	35
5.5.	Anàlisi de dades	38
6.	Resultats.....	39
7.	Discussió.....	43
7.1.	Plantejament inicial	45
7.2.	Procés de la part experimental.....	46
7.3.	Interpretació final	48
8.	Conclusions.....	49
9.	Limitacions i prospectiva d'investigació.....	50
10.	Referències bibliogràfiques	51
11.	Annexes	54

Índex de figures

Figura 1. Principals vectors de força.....	20
Figura 2. Gràfic de progressió.....	25
Figura 3. Progressió de càrregues del subjecte 1.....	41
Figura 4. Progressió de càrregues del subjecte 4.....	41

Índex de taules

Taula 1. Recomenacions per progressar durant l'entrenament enfocat a la força	19
Taula 2. Recomenacions per progressar durant l'entrenament enfocat a la potència...	19
Taula 3. Exemple de progressió per a principiants.....	26
Taula 4. Mostra de l'estudi.....	29
Taula 5. Entrenament del grup del vector de força axial.....	33
Taula 6. Entrenament del grup del vector de força anteroposterior.....	34
Taula 7: Resultats dels tests inicials.....	39
Taula 8. Diari d'entrenament del subjecte 1.....	40
Taula 9. Diari d'entrenament del subjecte 2.....	40
Taula 10. Diari d'entrenament del subjecte 3.....	40
Taula 11. Diari d'entrenament del subjecte 4.....	40

Resum

Molts autors afirmen que el vector de força axial va relacionat amb la velocitat màxima i el salt vertical, i que l'anteroposterior ho va amb l'esprint i el salt horitzontal. Aquest estudi té la finalitat de determinar aquestes relacions amb joves esportistes i valorar si la millora de la força té efectes en el rendiment esportiu després d'un període d'entrenament de 4 setmanes. La mostra de l'estudi van ser 4 jugadors de tennis sense experiència en l'entrenament de la força (N=4; 1 noi; 3 noies; Edat = $14,25 \pm 0,96$ anys; Alçada = $1,63 \pm 0,04$ m; Pes = $54,75 \pm 6,80$ kg). Es van fer dos grups i cada un va entrenar amb un vector de força específic. Es van realitzar tests i es va tenir en compte la progressió de càrregues en els exercicis. Els resultats mostren que tots els participants milloren la força després de 4 setmanes d'entrenament i també que hi ha relacions entre els vectors de força i les qualitats físiques determinants pel rendiment esportiu.

Paraules clau: Entrenament de la força, rendiment esportiu, teoria dels vectors de força, força en joves esportistes.

Abstract

Many authors claim that the axial force vector is related to the maximum velocity and the vertical jump, and that the anteroposterior is related to the sprint and the horizontal jump. The purpose of this study is to determine these relationships with young athletes and to assess whether improving strength has an effect on athletic performance after a 4-week training period. The sample of this study was 4 tennis players with no experience in resistance training (N=4; 1 boy; 3 girls; Age = $14,25 \pm 0,96$ years; Height = $1,63 \pm 0,04$ m; Weight = $54,75 \pm 6,80$ kg). Two groups were made and each group trained with a specific force vector. Tests were performed and load progression was taken into account in the exercises. The results show that all participants improved strength after 4 weeks of training and also showing that there are certain relationships between force-vectors and physical qualities that determine athletic performance.

Key words: Resistance training, sport performance, force-vector theory, strength in young athletes.

1. Introducció

Aquest treball d'investigació científica està basat en una recerca teòrica i aplicació pràctica amb motiu del Treball Final de Grau i la finalització de la carrera de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport (CAFE).

L'estudi que es presenta està sota tutoratge d'en Javier Peña, i rep el títol de: "Efectes en el rendiment esportiu al realitzar un programa d'entrenament del vector de força axial o anteroposterior en joves esportistes". Aquest correspon a l'àmbit del rendiment esportiu, específicament de l'entrenament condicional.

El treball està dividit en diversos apartats. En primer lloc s'exposarà el marc teòric, que consta de la fonamentació teòrica que s'ha cercat i utilitzat per a realitzar la part pràctica de la manera més òptima, i poder així, extreure'n unes conclusions. Aquesta recerca ha servit de guia per a l'estudi portat a terme, i ha ajudat a seguir el mateix patró sense allunyar-se de la ciència i la seva aplicació pràctica ja estudiada. En el marc teòric podem trobar, en primer lloc, el concepte de la força, concepte bàsic per aquest treball i el qual serà la base de tot. També apareixerà el concepte de força en el rendiment esportiu, així com en joves esportistes i s'explicarà la teoria dels vectors de força i la seva aplicació pràctica en el rendiment esportiu.

Tot seguit s'explica la justificació de la investigació, on es mostren els motius principals pels quals s'ha volgut fer aquest estudi, i més endavant es veuran els objectius generals i específics del treball, així com les hipòtesis, on es veu reflectida la meua opinió sobre els possibles resultats de la investigació.

El marc pràctic és el següent punt exposat. Inicialment, es troben els materials i els mètodes que s'han utilitzat per a la investigació. Aquest apartat inclou el disseny de l'estudi, els participants, els instruments que s'han utilitzat, la metodologia que s'ha seguit i l'anàlisi de dades.

La part final del marc pràctic inclourà els resultats de l'estudi, la discussió sobre aquests i les conclusions extretes que donaran resposta a les hipòtesis plantejades i possibles qüestions que hagin pogut sorgir durant l'estudi. Per finalitzar, s'explicaran les limitacions que s'han trobat per a la realització del treball, i les futures línies d'investigació.

1.1. Motivacions i contextualització

Des del meu inici a la carrera de CAFE, tenia clar que el que més m'apassionava era el rendiment esportiu, concretament l'entrenament de la força. És per això que no vaig dubtar en escollir la temàtica del treball, relacionant directament el rendiment esportiu amb el treball de força. Aquesta passió per l'esport ve des de ben petit, quan als quatre anys vaig començar a jugar a tennis i a futbol en clubs, i poc després, competir en els dos esports. La febre per l'entrenament de la força em va conquistar més endavant, a l'edat dels disset anys, i ho va fer per quedar-se.

Personalment, ja fa més de cinc anys que estic treballant amb nens i nenes en el món de l'esport tot i que no he tingut l'oportunitat d'enfocar-me a l'entrenament de la força en esportistes joves. És per això que és un bon moment per poder relacionar-ho i posar en pràctica tot allò que he estudiat i que més m'agrada.

2. Marc teòric

En aquest apartat hi apareixen els conceptes teòrics més importants que hi ha en aquest estudi i que ajudarà a entendre tot allò que està relacionat amb la investigació. És per això, que es mostren els diferents conceptes amb la seva definició i l'aplicació en l'estudi. A més es poden veure els coneixements que hi ha sobre l'àmbit d'estudi en qüestió i resoldre els possibles problemes i qüestions.

L'estudi tracta sobre l'entrenament de la força en joves esportistes, amb l'objectiu de millorar el seu rendiment esportiu. Aquest entrenament estarà condicionat per la teoria dels vectors de força, amb la finalitat de determinar la transferència a l'esport fent un període d'entrenament enfocat al vector de força axial o anteroposterior. És per això, que a continuació es desglossen tots aquests conceptes, que van del més general al més específic.

2.1. La força

Per poder realitzar un bon entrenament de força, inicialment s'ha de saber què és i què diuen els autors sobre aquesta. Per saber-ho amb certesa citaré diferents autors que parlen sobre la força i aporten el seu punt de vista sobre què és.

El concepte de força és molt ampli, podria ser força en l'àmbit de la física, de la mecànica i en molts altres. És per això, que em centraré en el concepte de la força en l'àmbit esportiu.

Segons Harman (1993), és l'habilitat de produir força sota unes determinades condicions definides per la posició del cos, pel moviment en què s'aplica la força, pel tipus de moviment com és l'excèntric, el concèntric, l'isomètric, el pliomètric, i per la velocitat d'aquest.

Aquest mateix autor cita a Knuttgen i Kraemer (1987), i mostra com aquests defineixen la força. “La força és la màxima tensió que pot produir un múscul o grup muscular a una velocitat específica”. En ambdues definicions, els autors coincideixen que qui és fort davant unes determinades condicions, no té per què ser-ho en unes altres. Cada esport requereix d’unes necessitats específiques, és per això, que cada un requerirà un tipus de força o altre.

Harman (1993), també defineix el que per ell és la potència, capacitat que va totalment lligada a la força. Ens diu que aquesta és l’habilitat de produir força el més ràpid possible.

Gonzalez-Badillo i Gorostiaga (2018), defineixen la força en l’àmbit esportiu com la capacitat de produir tensió que té un múscul a l’activar-se, és a dir, contraure’s. Aquesta capacitat té relació amb el nombre de ponts creuats de miosina que poden interactuar amb els filaments d’actina (Goldspink, 1992. Citat a Gonzalez-Badillo i Ribas, 2018), el nombre de sarcòmers en paral·lel, la tensió específica o força que una fibra muscular pot exercir per unitat de secció transversal (Semmler i Enoka, 2000. Citats a Gonzalez-Badillo i Ribas, 2018), la longitud de la fibra i del múscul, el tipus de fibra i els factors facilitadors i inhibidors de l’activació muscular (Gonzalez-Badillo i Ribas, 2018). També té relació amb l’angle articular on es genera la tensió muscular, el tipus d’activació i la velocitat de moviment (Harman, 1993. Citat a Gonzalez-Badillo i Ribas, 2018).

Un altre concepte de força, anomenat força útil, també és definit per Gonzalez-Badillo i Gorostiaga (2018). Aquest encara pot ser més interessant en l’àmbit esportiu, i ho defineixen com la capacitat d’aplicar o manifestar força a la velocitat que es realitza un gest esportiu.

Tot i això, a l’esport també és molt important considerar la força que es pot aplicar en un cert temps, sobretot en períodes de temps molt reduïts. Aquesta capacitat, Gonzalez-Badillo i Gorostiaga (2018) ho defineixen com la màxima tensió manifestada pel múscul en un temps determinat, definició que s’assembla bastant a la que feia Harman (1993) sobre la potència, explicada anteriorment.

2.2. La força en el rendiment esportiu

Tal com diuen Gonzalez-Badillo i Gorostiaga (2018), l'entrenament de la força és un factor molt important en el rendiment esportiu, i mai pot ser perjudicial per a l'esportista si es realitza de forma correcta. Aquest entrenament ha de ser adaptat a la persona i a la seva modalitat esportiva, i així no es realitzarà un entrenament erroni i es veuran millores.

La força va directament lligada amb la tècnica, la potència i la resistència, que es veuen reflectides en el rendiment esportiu. Uns majors nivells d'aquesta, facilitarà el gest tècnic, ja que els grups musculars que intervinguin en aquest seran més forts i estaran més preparats per realitzar-lo i ser més eficient. També ajudarà a augmentar la velocitat d'execució d'aquest, perquè un increment dels nivells de força solen acompanyar-se de major potència, és a dir, una velocitat més alta de desplaçament o d'execució del gest esportiu. La resistència també millorarà, ja que un augment de la força màxima significa que s'haurà d'utilitzar un menor percentatge de força per obtenir el mateix resultat, per tant, serà possible mantenir per més temps aquella acció demandant o tenir la capacitat d'aplicar més força en el mateix temps (Gonzalez-Badillo i Gorostiaga, 2018).

L'entrenament de la força té un seguit de beneficis molt importants, no només per esportistes, sinó per tothom que estigui en condicions d'entrenar, adaptant l'entrenament a cada persona. Westcott, W. (2012) mostra les raons per entrenar la força, siguis esportista o no:

1. Ajuda a reduir el risc de lesions.
2. Millora la flexibilitat.
3. Beneficia la composició corporal.
4. Augmenta la despesa metabòlica en estat de descans.
5. Major producció de força i potència.
6. Augmenta la densitat mineral òssia.
7. Millora del control motor.
8. Ajuda en la diabetis, pressió arterial i salut cardiovascular.
9. Beneficia la salut mental.

Pel rendiment esportiu, també és molt important, ja que a part dels beneficis en l'àmbit de la salut, com s'ha vist anteriorment, aporta altres millores per a l'esport.

McGuigan, Wright, i Fleck (2012), demostren que l'entrenament de la força ajuda a millorar la potència, el salt, la velocitat i l'acceleració, entre d'altres. Posen l'exemple de l'increment de la força explosiva, on es veu reflectit un augment de la velocitat màxima i del salt vertical en futbolistes, o de la millora de la força màxima, que va beneficiar l'acceleració i la velocitat de llançament en jugadors d'handbol professionals. Aquests autors diuen que l'entrenament de la força farà que hi hagi millores en el rendiment, però que és molt important que aquest entrenament estigui adaptat a la persona i a la modalitat esportiva per tal que les millores en la força es vegin transferides en l'esport en concret. Com més avançat és l'atleta, més costa fer que tingui beneficis significatius, així que, serà molt important centrar-se en el disseny del programa, que sigui específic i dur a terme una bona periodització (McGuigan, Wright, and Fleck, 2012).

2.3. La força en esportistes joves

Sempre s'ha tingut la creença de què els nens i nenes o adolescents no poden entrenar la força, ja que seria contraproductiu per ells. Els darrers anys però, s'han fet moltes investigacions per desmentir aquestes afirmacions i s'ha demostrat que l'entrenament de la força és útil, eficaç i segur, i que aporta potents beneficis per la salut en l'àmbit físic, mental i social, sempre que aquest entrenament sigui supervisat, prescrit i adaptat a cada esportista (Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil, 2018). A més, l'entrenament de la força combinat amb l'entrenament tècnic i tàctic de l'esport en concret, millora el rendiment esportiu en esportistes joves, incrementant la capacitat de salt i esprint entre altres, i possiblement millorant la flexibilitat sempre que es faci un treball enfocat a aquests factors (Christou, M., et al., 2006).

Per tal de realitzar un bon entrenament de força, el Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil (2018), defineix uns principis per l'entrenament de la força per joves esportistes. Aquests són:

- Principi de progressió: Augmentar la dificultat progressivament i els reptes, per estimular l'adaptació i l'interès.
- Principi de regularitat: Entrenar de 2 a 3 dies a la setmana en dies no consecutius.
- Principi de sobrecàrrega: Entrenar en una exigència superior a la que el cos ho fa normalment.
- Principi de creativitat: Incorporar nous exercicis o equipaments.
- Principi de diversió: Gaudir de l'entrenament.
- Principi de socialització: Interactuar amb altres nens i nenes.
- Principi de supervisió: Atenció d'un professional qualificat.

Com es pot veure, l'entrenament de la força en esportistes joves és interessant i segur, però s'ha de tenir en compte diversos paràmetres per garantir la seguretat i eficàcia d'aquest. La NCSA (*National Strength and Conditioning Association*) ens diu que un programa d'entrenament de la força dissenyat i supervisat adequadament:

1. És relativament segur per als joves.
2. Pot millorar la força i la potència muscular.
3. Pot millorar el perfil de risc.
4. Pot millorar el rendiment de les habilitats motrius i pot contribuir a millorar el rendiment esportiu dels joves.
5. Pot augmentar la resistència d'un jove esportista davant lesions relacionades amb l'esport.
6. Pot ajudar a millorar el benestar psicosocial de la joventut.
7. Pot ajudar a promoure i desenvolupar hàbits saludables.

(Avery D. Faigenbaum, et al., 2009)

És important recalcar el punt número 5, ja que actualment a arreu del món hi ha molts nens, nenes i adolescents practicant esport, i a la vegada, cada cop hi ha més lesions esportives en aquest segment de la població. Als Estats Units, s'estima que hi ha 30 milions d'esportistes d'entre 5 i 18 anys, i de tots aquests, més d'un terç patiran una lesió esportiva que suposarà atenció mèdica, el que significa que també té una repercussió econòmica important (Adirim i Cheng, 2003). És per això, que els mateixos autors indiquen diferents comportaments a tenir en compte per prevenir lesions: passar un examen físic a la pretemporada, tenir una cobertura mèdica, fer un entrenament adequat, mantenir una bona hidratació, que hi hagi un bon arbitratge i fer ús de material en bones condicions adequat per a la pràctica esportiva (Hergenroeder, 1998, citat a Adirim i Cheng, 2003).

Moltes de les lesions en joves esportistes són per sobrecàrrega degut a una excessiva especificitat prematura de l'esport. És per això que l'entrenament de la força també pot ajudar a prevenir lesions, reforçant la musculatura principal i secundària, i ajudant a l'estabilitat (Avery D. Faigenbaum, et al., 2009).

El mateix autor, també indica els beneficis que té l'entrenament de la força en esportistes joves:

- Millora de la salut cardiovascular.
- Salut òssia.
- Milliores psicosocials i de benestar.
- Milliores en habilitats motores i en el rendiment esportiu.
- Reduir les probabilitats de patir lesions.

Aquests beneficis s'obtindran sempre que es respectin els principis i consells mencionats anteriorment. Tenint en compte això, a continuació s'exposen les recomanacions a seguir per a realitzar un bon entrenament de la força ens nens, nenes i adolescents. Totes aquestes recomanacions seran extretes d'Avery D. Faigenbaum, et al. (2009).

1. Escalfament i tornada a la calma: Serà important fer un bon escalfament dinàmic de 5 a 10 minuts, dissenyat per elevar la temperatura corporal, millorar l'excitabilitat de les unitats motores, millorar la consciència cinestèsica i maximitzar els rangs actius d'amplitud de moviment. Està demostrat que un bon escalfament pot millorar el rendiment esportiu. Una tornada a la calma amb l'objectiu de relaxar la musculatura treballada i disminuir la temperatura corporal també serà beneficiós per l'esportista i ajudarà a rendir millor la propera sessió.

2. Selecció d'exercicis: És totalment necessari seleccionar uns exercicis adequats per l'edat, característiques corporals, nivell físic i coneixement de la tècnica. Els esportistes hauran de dominar la tècnica dels exercicis, sobretot d'aquells amb un component tècnic més complicat, com pot ser un moviment multiarticular, començant a aixecar càrregues lleugeres fins que es domini l'exercici. També s'haurà de tenir en compte la diversitat d'exercicis, que treballin diferents plans, angles i patrons de moviment, per tal de treballar tots els grups musculars i d'aquesta manera no hi hagi una descompensació.
3. Intensitat i volum de l'entrenament: La intensitat s'entén com la càrrega que hi haurà en l'exercici, com poden ser els kilograms utilitzats. El volum s'associa a la quantitat total de treball, que podria ser representat, per exemple, com les sèries realitzades en una sessió d'entrenament. La intensitat és un paràmetre molt important en l'entrenament de la força, però perquè aquesta sigui elevada, inicialment s'haurà d'aprendre a realitzar la tècnica dels exercicis de forma correcta. Un cop s'hagi après bé i es domini, ja es podrà augmentar la intensitat i el volum d'entrenament de forma progressiva, sempre que no es vegi compromesa l'execució tècnica dels exercicis. Més endavant es mostraran les recomanacions adaptades a cada nivell i objectiu.
4. Descans entre sèries i exercicis: Els nens/es i adolescents són capaços de recuperar-se més ràpid entre sèries i exercicis, i tenen una major resistència a la fatiga. És per això, que en exercicis amb una càrrega moderada, amb un descans aproximat d'un minut serà suficient, però en exercicis més demandants serà necessari un major temps de descans, de dos o tres minuts.
5. Velocitat d'execució: Com que l'objectiu principal és que l'esportista aprengui a realitzar correctament els exercicis, inicialment es recomana que es treballi a una velocitat moderada, controlant en tot moment el moviment. Tot i això, en determinats exercicis més enfocats a la millora de la potència, pliometria i velocitat, aquesta pot ser major.

6. Freqüència d'entrenament: Generalment, una freqüència de dos a tres dies d'entrenaments setmanals, en dies no consecutius, és suficient per obtenir bons resultats, podent recuperar-se bé entre sessions i donant temps per millorar la força i potència. Així i tot, sempre s'ha d'individualitzar i ajustar els paràmetres de l'entrenament a l'esportista.
7. Variabilitat del programa: Fer canvis en el programa d'entrenament cada 8-12 setmanes pot ser interessant, per tenir una variabilitat d'estímuls, evitar lesions per sobrecàrrega, i fer que l'esportista s'adapti millor a l'entrenament al modificar-lo i així no arribar a l'estat d'avorriment. S'ha de tenir en compte la importància d'una bona execució tècnica dels exercicis i la importància de progressar en aquests, així que, tot i poder variar l'entrenament, no serà en excés i s'anirà respectant tot el treball realitzat. És per això que serà important perioditzar l'entrenament i tenir una bona programació. Cal mencionar que variar l'entrenament no només vol dir canviar els exercicis, sinó que pot ser canviar l'ordre d'aquests, la intensitat, el rang de repeticions i/o sèries, la velocitat d'execució, etc.

Tenint en compte totes les recomanacions, aquesta taula adjuntada a continuació engloba els paràmetres d'entrenament i es donen unes recomanacions pràctiques orientades al tipus d'objectiu, com són la millora de la força o de la potència. També s'adapta als diferents nivells de l'atleta modificant les variables d'entrenament per cada un d'aquests. Les recomanacions estaran enfocades a millorar i progressar en l'entrenament de la força. Aquestes taules són unes adaptacions extretes de Avery D. Faigenbaum, et al. (2009).

RECOMENACIONS PER PROGRESSAR DURANT L'ENTRENAMENT ENFOCAT A LA FORÇA			
	Principiants	Intermedis	Avançats
Acció muscular	EXC I CONC	EXC I CONC	EXC I CONC
Selecció d'exercicis	MONO I MULTI	MONO I MULTI	MONO I MULTI
Intensitat	50-70% 1RM	60-80% 1RM	70-85% 1RM
Volum	1-2 sèries x 10-15 reps	2-3 sèries x 8-12 reps	2-3 sèries x 6-10 reps
Descans	1'	1-2'	2-3'
Velocitat	Moderada	Moderada	Moderada
Freqüència	2-3	2-3	3-4
EXC = Excèntrica; CONC = Conèntrica; MONO = Monoarticular; MULTI = Multiarticular; RM = Repetició màxima			

Taula 1. Recomenacions per progressar durant l'entrenament enfocat a la força.

Font: Adaptació de Avery D. Faigenbaum, et al. (2009).

RECOMENACIONS PER PROGRESSAR DURANT L'ENTRENAMENT ENFOCAT A LA POTÈNCIA			
	Principiants	Intermedis	Avançats
Acció muscular	EXC I CONC	EXC I CONC	EXC I CONC
Selecció d'exercicis	MULTI	MULTI	MULTI
Intensitat	30-60% 1RM VEL	30-60% 1RM VEL	30-60% 1RM VEL
		60-70% 1RM FORÇA	70- ≥80% 1RM FORÇA
Volum	1-2 sèries x 3-6 reps	2-3 sèries x 3-6 reps	≥3 sèries x 1-6 reps
Descans	1'	1-2'	2-3'
Velocitat	Moderada/Ràpida	Ràpida	Ràpida
Freqüència	2	2-3	2-3
EXC = Excèntrica; CONC = Conèntrica; MONO = Monoarticular; MULTI = Multiarticular; RM = Repetició màxima; VEL = Velocitat			

Taula 2. Recomenacions per progressar durant l'entrenament enfocat a la potència.

Font: Adaptació de Avery D. Faigenbaum, et al. (2009).

2.4. Teoria dels vectors de força

En el món de l'esport, sempre s'ha parlat dels plans anatòmics, plans del nostre cos que els podríem dividir en frontal, sagital i transversal. Molts cops, aquests s'han fet servir per determinar els tipus d'exercicis depenent del pla en què es treballa, però ens trobem amb el problema del fet que són poc específics pel moviment, ja que un esprint i un salt, per exemple, es treballen en un pla sagital, però són moviments molt diferents. Per poder categoritzar millor aquests moviments, existeix la teoria dels vectors de força, la qual podrà definir la categoria d'exercici, el tipus de moviment, avaluar punts forts i punts febles i, ajudarà a escollir exercicis que obtinguin una major transferència per a l'esport. Aquest estil d'entrenament o teoria té en compte la direcció en la qual es treballa, sigui la trajectòria de la tracció o de la resistència, com també té en compte la posició del cos de l'esportista i l'espai (Contreras, B., 2010).

El mateix autor ens mostra els principals vectors de força que són presents en l'esport i l'entrenament de la força i en proposa algun exercici de cada:

1. Axial – De dalt cap a baix
 - a. Variacions del *Squat*
 - b. Variacions del pes mort
 - c. Aixecaments olímpics
 - d. Press verticals
 - e. Salts verticals
 - f. Traccions verticals

2. Anteroposterior – De davant a darrera
 - a. Variacions de ponts de glutis
 - b. Variacions del Hip Thrust
 - c. Extensions d'esquena
 - d. Press banca
 - e. Esprints
 - f. Planxes

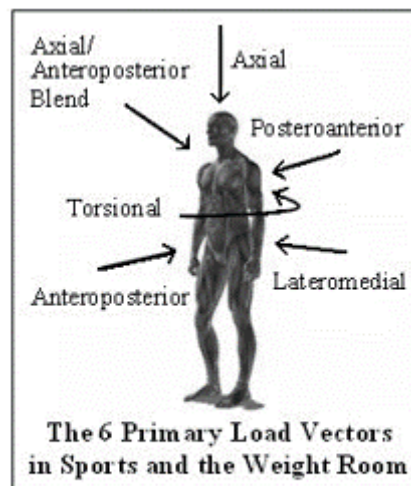


Figura 1: Principals vectors de força.
Font: Contreras, B., (2010).

3. Lateromedial – De fora cap a dins
 - a. Abduccions laterals
 - b. Planxes laterals
 - c. Salts laterals

4. Posteroanterior – De darrera a davant
 - a. *Lunges* frontals
 - b. Rems
 - c. Esprints enrere

5. Torsional – Girant o rotant
 - a. Press *pallof*
 - b. Rotacions de maluc
 - c. Llançaments

6. Barreja axial / anteroposterior
 - a. Press inclinat
 - b. *Lunges* caminant
 - c. Acceleracions

2.5. Aplicació de la teoria dels vectors de força en el rendiment esportiu

En l'àmbit de l'entrenament, la teoria dels vectors de força s'acostuma a simplificar, de manera que es parla del vector de força horitzontal, que seria l'anteroposterior, i el vertical, el qual seria l'axial. A l'hora de determinar l'entrenament, serà molt important saber en quins vectors vols treballar, ja que depenent d'aquests, el treball s'enfocarà cap a unes capacitats o altres. Això és, perquè com veiem en estudis com el de Abade, E., et al. (2019), els exercicis que treballen el vector horitzontal, milloraran en gran manera aquelles habilitats horitzontals de l'esport, com serien salts horitzontals o esprints, i si es treballa el vector vertical, s'enfocaria més a la millora del salt vertical, per exemple. Per tant, el vector de força axial es transferirà més cap a activitats de base vertical i els del vector anteroposterior amb activitats de base horitzontal (Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al., 2017).

Els dos vectors de força es relacionen entre si, i la millora d'un pot tenir transferències en l'altre degut a la similitud entre la musculatura implicada. Tot i això, es pot donar èmfasi en l'un o en l'altre per millorar més un aspecte en concret. És per això, que serà important que els atletes incorporin aquests dos vectors de força en els seus entrenaments per tal de millorar el rendiment (Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al., 2017). i (Loturco I, Contreras B, Kobal R, Fernandes V, Moura N, Siqueira F, et al., 2018).

Encara que hi ha molts estudis on es veu la clara transferència en el rendiment esportiu d'aquests dos vectors de força, també hi ha estudis on no hi ha diferències significatives, i per tant s'ha de seguir investigant sobre el tema per veure més possibilitats de resultats (González-García, Morencos, Balsalobre-Fernández, Cuéllar-Rayó, i Romero-Moraleda, 2019). També hi ha estudis que demostren que hi ha millores després de l'entrenament de força i que aquestes millores són transferibles al rendiment esportiu, millorant per exemple la capacitat de salt i l'agilitat, però que no hi ha diferències significatives entre el grup que realitza un entrenament enfocat a un vector de força o altre (Millar, Colenso-Semple, Lockie, Marttinen, i Galpin, 2020).

2.5.1. El vector de força axial i anteroposterior

El vector de força axial és aquell que es relaciona amb les activitats de base vertical. Aquest és el principal en exercicis com són el *Squat*, el *Deadlift* o els aixecaments olímpics, entre d'altres. És determinant pel rendiment esportiu, ja que treballar aquest ajudarà a millorar el salt vertical i la velocitat màxima de carrera (Loturco I, Contreras B, Kobal R, Fernandes V, Moura N, Siqueira F, et al., 2018).

És per això, que en esports com el bàsquet i el voleibol, la importància del vector de força axial augmenta, i serà el treball principal en aquests esportistes. També es pot apreciar aquesta importància en esprinters que fan carreres de velocitat de 100 metres o més, on la velocitat màxima i la capacitat de mantenir-la serà primordial pel rendiment en aquesta categoria (Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al., 2017).

El vector de força anteroposterior, en canvi, té relació amb les activitats de base horitzontal i és present en exercicis com el *Hip Thrust* o el *back extension* (Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al., 2017). Aquest vector de força té una alta transferència amb el salt horitzontal i l'acceleració, per tant, en esprints curts. En estudis com el de (Fitzpatrick, Cimadoro, i Cleather, 2019), mostren com la millora de la força en un *Hip Thrust*, va fer que esportistes milloressin la seva capacitat de salt. Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al., (2017), també afirmen que el *Hip Thrust*, un exercici on el principal patró de moviment és una extensió del maluc i es treballa en un vector de força anteroposterior, ajuda a millorar l'esprint de 10 i 20 metres. Un dels motius d'aquestes millores, és que tal com diuen Loturco I, Contreras B, Kobal R, Fernandes V, Moura N, Siqueira F, et al., (2018), la capacitat de generar força de forma eficaç contra el terra durant la carrera, sobretot a l'arrancada, és fonamental per poder tenir una bona acceleració i esprint. Aquesta força té una direccionalitat horitzontal, per tant intervé el vector de força anteroposterior. És per això, que en l'estudi de Morin, Edouard, i Samozino. (2011) es va veure com els velocistes d'alt nivell que exercien una major força eficaç contra el terra, probablement eren els més ràpids en els esprints, ja que la capacitat d'exercir força horitzontal està totalment relacionada amb la fase d'acceleració.

Zweifel (2017), també demostra com la millora del vector de força anteroposterior té una gran transferència amb l'esprint, el salt horitzontal i el canvi de direcció. A més, l'autor també afirma que treballar aquest vector de força en esportistes d'elit serà determinant pel seu rendiment esportiu. Possiblement, treballar el vector de força anteroposterior serà més rellevant que l'axial, que no és que no sigui efectiu, sinó que la força horitzontal tindrà major transferència en certs aspectes que determinen el rendiment. Això es veurà reflectit sobretot en esportistes amb gran experiència.

Com es pot veure, treballar els dos vectors de força principals serà important per millorar el rendiment esportiu, tal com es mostra en l'estudi d'Arcos et al., (2014), on es va veure que el treball de força i potència basats en aquests dos vectors de força, quan es combinen entre si, milloraven el rendiment esportiu de futbolistes professionals. També es pot veure en l'estudi de Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al., (2017), que es recomana que els atletes incorporin en els seus entrenaments els dos vectors de força per millorar així el seu rendiment. Aquest estudi compara la transferència en el rendiment esportiu dels exercicis *Front Squat* (vector de força axial) i el *Hip Thrust* (vector de força anteroposterior), sabent els beneficis i transferències dels dos exercicis.

Així que, sabent que serà important treballar el vector axial i anteroposterior en l'entrenament de força, i que ens enfocarem més en un o altre depenent dels nostres objectius (Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al., 2017), Abade et al., (2019) diu que per beneficiar-nos d'aquests, incorporant un exercici de cada a la setmana ja seria suficient per obtenir millores en el rendiment.

2.6. Principi de sobrecàrrega progressiva

En punts anteriors ja s'ha mencionat la importància que té progressar en l'entrenament de la força. I és que si es vol ser cada cop més fort, serà important i necessari augmentar progressivament els estímuls de cada entrenament. El fet que hi hagi una freqüència, volum i intensitat adequats en l'entrenament ja suposarà una sobrecàrrega, i és gràcies a aquests paràmetres que es podrà progressar (Helms, E., Valdez, A. i Morgan A., 2019).

No tothom progressarà d'igual manera, tot dependrà del nivell i necessitats de l'esportista, però el més important serà tenir nous reptes en cada sessió. Per un principiant, anar augmentant la càrrega en forma de kilograms, sessió rere sessió, farà que aquest estigui en constant progrés. Però no tothom podrà augmentar la intensitat en cada sessió, debut al fet que l'experiència i el nivell ja serà més alt i s'hauran de buscar altres maneres de progressar. En aquest punt, el volum i la freqüència d'entrenament entren en joc i tenen un paper fonamental en la sobrecàrrega progressiva. S'haurà de buscar la manera adequada per progressar de forma constant, ajustant la intensitat, el volum i la freqüència per sempre millorar, però no augmentar en excés aquestes variables perquè després podria ser contraproduent (Helms, E., Valdez, A. i Morgan A., 2019). En el gràfic de continuació es veu clarament com a mesura que vas guanyant força i passes a tenir un nivell més alt, progressar es torna més difícil, i el que fa un principiant no li servirà tant a algú avançat.

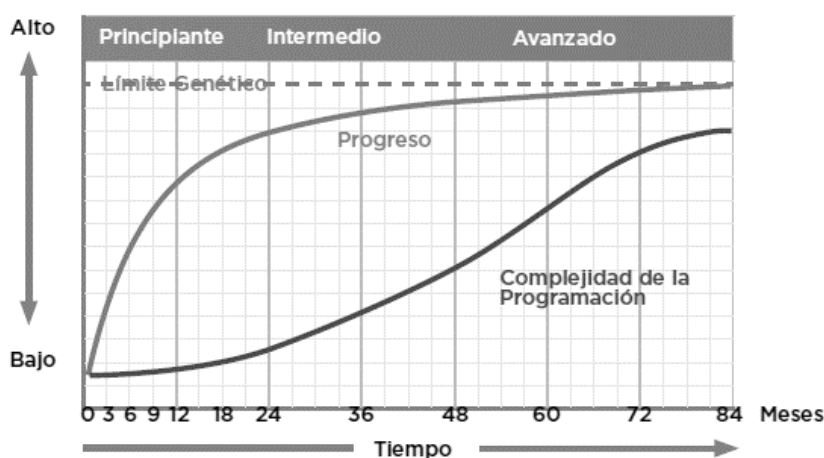


Figura 2: Gràfic de progressió. **Font:** Helms, E., Valdez, A. i Morgan A., 2019

Ejemplo de progresión para principiantes con un 5x5				
Nº de Sesión	Carga	Repeticiones (Totales)	Paso A Seguir	Tonelaje
1	135 lbs	5x5x5x5x5 (25)	Aumentar Carga	3375 lbs
2	145 lbs	5x5x5x5x5 (25)	Aumentar Carga	3625 lbs
3	155 lbs	5x5x5x5x3 (23)	Mantener Carga	3565 lbs
4	155 lbs	5x5x5x5x5 (25)	Aumentar Carga	3875 lbs
-omisión-				
22	245 lbs	5x5x5x5x5 (25)	Aumentar Carga	6125 lbs
23	250 lbs	5x5x5x4x3 (22)	Mantener Carga	5500 lbs
24	250 lbs	5x5x5x5x5 (25)	Aumentar Carga	6250 lbs
25	255 lbs	5x5x5x4x3 (22)	Mantener Carga	5610 lbs
26	255 lbs	5x5x5x5x2 (22)	Reducir Carga un 10%	5610 lbs
27	230 lbs	5x5x5x5x5 (25)	Aumentar Carga	5750 lbs
28	255 lbs	5x5x5x5x5 (25)	Aumentar Carga	6375 lbs
29	260 lbs	5x5x5x5x5 (25)	Aumentar Carga	6500 lbs

Taula 3: Exemple de progressió per a principiants. **Font:** Helms, E., Valdez, A. i Morgan A., 2019

En aquesta taula, es pot veure un exemple de com podria progressar un esportista principiant. Principalment, l'objectiu serà que cada sessió pugui aixecar més pes i fer les mateixes repeticions i sèries, el que seria una progressió lineal. També s'exemplifica que fer si aquesta progressió no sempre es compleix i hi ha moments que no es pot ficar més pes perquè l'esportista no és capaç o veu una disminució de rendiment en quan a repeticions per sèrie. En aquests moments s'haurà de mantenir la mateixa càrrega de la sessió anterior i intentar progressar en repeticions. Si això no fos possible, es faria una descàrrega, reduint un 10% la càrrega utilitzada (Helms, E., Valdez, A. i Morgan A., 2019).

En el cas d'un esportista ja no principiant, el més segur és que no es pogués fer una progressió lineal i s'hagués de fer de forma més ondulant, variant sèries, repeticions i pes.

3. Justificació de la investigació

El rendiment esportiu i l'entrenament de la força cada cop van més relacionats, constantment es troben evidències de la importància d'entrenar la força per a millorar les qualitats com a esportista. És per això, que cada cert temps surten nous estudis científics sobre metodologies d'entrenament, diferents visions sobre l'entrenament de la força i noves teories sobre aquesta i la seva transferència en el rendiment esportiu. És innegable que aquest està en constant creixement i avanç, i que cada cop hi ha més coneixement en relació amb tots aquests temes.

Uns anys enrere, era difícil veure equips i esportistes que li donessin realment la importància que es mereix l'entrenament de la força, tant per millorar el rendiment com per reduir el risc de lesions. També era impensable veure a infants i/o adolescents entrenar la força, ja que estava vist com una cosa negativa i contraproduent. Ara tot això ha canviat, l'entrenament de la força està present arreu on hi ha esport, i més a on es busca el rendiment esportiu.

El meu estudi es basa exactament en això, en demostrar que l'entrenament de la força pot ajudar a qualsevol esportista, des dels més petits fins als més grans en qualsevol àmbit. També busca aportar una visió més ampla sobre la metodologia de l'entrenament de la força, enfocant-ho des de la teoria dels vectors de força i la seva aplicació en l'entrenament. Amb això, he volgut aportar el meu granet de sorra, i que els esportistes cada cop disposin de més recursos per l'optimització del rendiment i vegin les relacions directes entre l'entrenament de la força i el rendiment esportiu.

4. Objectius i hipòtesis

La finalitat del treball és que esportistes joves entrenin la força i millorin en aquelles capacitats físiques determinants pel rendiment esportiu. És per això, que l'objectiu general de l'estudi és, principalment, determinar la transferència de l'entrenament de la força cap al rendiment esportiu.

L'objectiu específic plantejat és comparar dos entrenaments que treballen amb vectors de força diferents com són l'anteroposterior i l'axial, i determinar quina transferència hi ha en el rendiment de cada un d'ells.

Les hipòtesis plantejades sobre l'estudi són:

- L'entrenament de la força en joves esportistes beneficiarà les capacitats físiques determinants pel rendiment esportiu com són el salt i l'esprint.
- Hi haurà diferències rellevants entre el grup que entrena amb el vector de força axial i el de l'anteroposterior. Més en concret, el grup que treballa amb el vector de força anteroposterior veurà millores en l'esprint i el salt horitzontal. El grup que treballa en l'axial tindrà millores més notòries en el salt vertical respecte l'altre grup.

5. Materials i mètodes

En aquest apartat es mostren els materials fets servir per a realitzar l'estudi i tots els mètodes que s'han portat a terme. A continuació s'exposarà el disseny, els participants, els instruments utilitzats, la metodologia i l'anàlisi de dades.

5.1. Disseny

Pel que fa al disseny de l'estudi, aquest és experimental, ja que és una investigació portada a terme per mi, on hi ha dos grups de gent que són formats de forma aleatòria i amb una manipulació sobre aquests. El que es fa amb aquests dos grups és una comparació que estarà vinculada directament amb l'objectiu i el tema d'estudi, per tal d'extreure unes conclusions i determinar allò que s'està investigant. En aquest cas no hi haurà un grup control, ja que el que es busca és una comparació entre dos tipus d'entrenament, de manera que un grup control no és necessari.

5.2. Participants

La mostra d'aquest estudi són 4 subjectes esportistes que entrenen habitualment a tennis i no tenen experiència en l'entrenament de la força (N=4; 1 noi; 3 noies; Edat = $14,25 \pm 0,96$ anys; Alçada = $1,63 \pm 0,04$ m; Pes = $54,75 \pm 6,80$ kg). Tots ells entrenen junts a tennis dos cops per setmana al club *City Sports* de l'Ametlla del Vallès. Realitzen dos entrenaments setmanals de preparació física però sense realitzar entrenaments de força amb una sobrecàrrega.

SUBJECTES	DATA DE NAIXEMENT	EDAT	PES (kg)	ALTURA (m)
S1	25/10/2005	14	50	1,6
S2	30/3/2005	15	59	1,64
S3	17/10/2004	15	48	1,6
S4	4/5/2006	13	62	1,68
MITJANA		14,25	54,75	1,63
DESVIACIÓ ESTANDART		0,96	6,80	0,04

Taula 4: Mostra de l'estudi **Font:** Elaboració pròpia (annex 1)

Els quatre participants van ser dividits en dos grups, de forma totalment aleatòria, formant grups de dos. Un grup era el corresponent a treballar amb el vector de força axial i l'altre amb l'anteroposterior. Els dos grups van realitzar els entrenaments de la força el mateix dia i hora, a la mateixa sala d'entrenament. El nivell base de tota la mostra era molt similar perquè partien sense cap mena d'experiència en aquest tipus d'entrenament.

El criteri d'exclusió va ser senzill, només podien participar en l'estudi aquells que entrenessin a tennis exactament igual, mateixes hores i dies, de manera que només podien participar els que formaven part d'aquell grup de tennis, sempre que entrenessin els dos dies i no fessin cap altre esport afegit.

5.3. Instruments

A continuació es mostren tots els materials i instruments fets servir a l'estudi i els quals han ajudat a realitzar la part pràctica i tot el que comporta. Els materials són aquells que s'han utilitzat per a realitzar els entrenaments i els instruments són totes aquelles eines que s'han fet servir per recopilar dades i portar a terme els tests.

Materials:

- Barra no olímpica (petita)
- Manuelles
- Discos de diferent pes
- Màquina: *hack Squat*
- Màquina: Prensa horitzontal
- Bancs ajustables
- Banc de *back extension*
- Armilla de 10kg
- Politja amb corda
- Goma de resistència

Instruments:

- App *MyJump 2*, creada i validada per Balsalobre-fernández et al., (2016).
- Cronòmetre, fet servir en els tests d'esprint
- Mòbil OnePlus 6T per gravació i tests
- Cinta mètrica per mesurar els paràmetres necessaris per realitzar els tests a través de la app *MyJump 2*
- Cons per referenciar distàncies en els tests d'esprint

5.4. Metodologia

La metodologia utilitzada per a l'estudi és la quantitativa, ja que els resultats obtinguts són numèrics a partir de tests i es fa una comparació directa entre els dos grups. D'aquesta manera, els resultats són objectius i no subjectius, així com de caràcter deductiu on es busca una relació causal i l'objectiu és que es generalitzin a la població, en aquest cas la que es vegi afectada pel món de l'esport.

A més, el meu estudi és molt similar a estudis com el d'Abade et al., (2019), Loturco et al., (2018) i el de González-García, Morencos, Balsalobre-Fernández, Cuéllar-Rayó, i Romero-Moraleda, (2019), i els tres, entre d'altres amb aquestes finalitats, tenen en comú que tots fan servir una metodologia quantitativa.

El mètode seguit durant l'estudi és el següent: Primerament, es va fer una fase de familiarització de l'entrenament d'una setmana i un dia, tres en total, on van aprendre la tècnica dels exercicis que s'anaven a portar a terme durant l'estudi. Aquestes sessions van ser importants per fer una petita avaluació de la força inicial (Mendes, R., et al., 2005) i per poder realitzar els exercicis en unes millors condicions en les sessions següents (Saeterbakken, A., 2019). Un cop finalitzada aquesta fase, es van realitzar els primers tests als dos grups per igual. Aquests foren realitzats tenint en compte l'objectiu de l'estudi, així que es van fer tres on el vector de força principal era l'anteroposterior, els quals van ser salt horitzontal i esprint de 10 i 20 m, i tres altres amb el vector de força axial, en aquest cas un de salt amb contramoviment (CMJ), un de *squat jump* (SJ) i un *abalakov jump*.

La sessió següent a la realització dels tests es va procedir a iniciar el període d'entrenament, que va consistir en quatre setmanes, on hi havia dues sessions d'entrenaments amb una separació de 72 hores entre una i altre. Les sessions es portaven a terme just quan els subjectes finalitzaven l'entrenament de tennis. Tots els participants entrenaven junts, així que tenien la mateixa càrrega de treball. La sessió portada a terme consistia en trenta minuts d'entrenament de força, on cada grup tenia els seus exercicis. Els dos dies es realitzaven els mateixos exercicis, d'aquesta manera l'aprenentatge d'aquests es portaria a terme més ràpidament i es podrien aprofitar millor. Això també ajudava a progressar més amb aquests i que els subjectes es sentissin còmodes amb els entrenaments.

L'escalfament en aquestes sessions consistia en fer una petita aproximació en cada exercici, de manera que començaven realitzant-lo amb una càrrega més reduïda del que els hi tocava, i l'anaven augmentant fins a arribar a la càrrega estimada. No es feia més escalfament pel fet que ja venien de jugar a tennis, així que els seus músculs ja estaven preparats per a entrenar i la seva temperatura corporal ja era elevada.

Es van seleccionar tres exercicis per grup i aquests eren adaptats a cada un, de manera que el grup que treballava amb el vector de força axial tenia exercicis amb aquest vector de força, i el mateix amb el grup del vector anteroposterior. Aquests exercicis van ser escollits tenint en compte l'edat i nivell dels subjectes, de manera que es va intentar que fossin exercicis suficientment senzills perquè no tinguessin problemes d'aprenentatge. L'entrenament es va enfocar a la millora del tren inferior, així que tots els exercicis seleccionats anaven amb aquesta orientació.

Com que eren esportistes joves que mai havien entrenat la força, es van seguir les recomanacions per principiants que proposaven Avery D. Faigenbaum, et al. (2009), vistes en el punt 2.3 d'aquest treball. Aquestes consistien principalment en treballar a una intensitat del 50-70% de l'1RM, realitzar entre 1 i 2 sèries i entre 10 i 15 repeticions, descansar 1 minut entre sèries, realitzar els exercicis a una velocitat moderada i tenir una freqüència d'entrenament d'entre 2 i 3 dies a la setmana. A més, totes les sessions estaven sempre supervisades i estava prohibit realitzar cap exercici sense la presència de l'entrenador. Seguint aquestes recomanacions, se'ls hi va indicar als participants que realitzessin els exercicis amb la màxima càrrega que els hi permetis fer entre 10 i 15 repeticions mantenint una tècnica excel·lent. Per assegurar una millora i complir el principi de sobrecàrrega progressiva, es va indicar als participants que cada sessió havien de fer una mica més que l'anterior. És per això que com eren conscients que havien de fer entre 10 i 15 repeticions, sempre intentaven o bé augmentar la càrrega incrementant els kilograms o realitzar més repeticions que la sessió anterior.

A continuació es mostren els entrenaments que es van realitzar dels dos grups:

Vector de força axial					
Dia 1					
Exercici	Series	Reps	Descans	% 1RM	Patró de moviment
Hack squat	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Leg press	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Bulgarian squat	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
CMJump	2	6	2'	50%	Triple extensió
Vector de força axial					
Dia 2					
Exercici	Series	Reps	Descans	% 1RM	Patró de moviment
Hack squat	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Bulgarian squat	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Leg press	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Squat jump	2	6	2'	50%	Triple extensió

Taula 5: Entrenament del grup del vector de força axial. **Font:** Elaboració pròpia (annex 2).

Vector de força anteroposterior					
Dia 1					
Exercici	Series	Reps	Descans	% 1RM	Patró de moviment
Bb Hip Thrust	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Back extension	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Pull through	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
20m Sprints	3	1	2'	-	-
Vector de força anteroposterior					
Dia 2					
Exercici	Series	Reps	Descans	% 1RM	Patró de moviment
Bb Hip Thrust	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Pull through	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Back extension	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Banded broad jump	2	6	2'	50%	Triple extensió

Taula 6: Entrenament del grup del vector de força anteroposterior. **Font:** Elaboració pròpia (annex 2).

Com es pot veure, a cada sessió hi ha 3 exercicis enfocats a la millora de la força i un final, on es treballarà en paràmetres més pròxims a la millora de la potència. Aquests últims exercicis són més similars als tests, així que serviran per fer un treball més específic. La diferència entre la sessió 1 i 2 serà en l'ordre del 2n i 3r exercici i en l'últim exercici (annex 6).

5.4.1. Protocol dels tests

Els tests es van realitzar tots el mateix dia i en les mateixes condicions per a tots els participants. Van ser portats a terme a l'acabar l'entrenament de tennis, donant 15 minuts de descans entre l'entrenament i els tests.

Escalfament:

Com que els subjectes acabaven d'entrenar a tennis, no era necessari fer un gran escalfament, així que aquest va consistir en practicar els diferents tests que s'anaven a portar a terme.

Procediments dels tests:

Abans de realitzar cada test els participants feien com a mínim un parell d'intents, de manera que tots van tenir la possibilitat de practicar el moviment de tots els tests i no fer-los per primer cop en la presa de dades. El que es volia fer inicialment era realitzar dos intents per test, descansant entre un i altre, de manera que el test vàlid seria el que millor sortís, però això no va ser possible per poca disponibilitat de temps, així que, sempre que el test fos vàlid, aquell intent era el que contava i si no ho era, es podia repetir.

Els tests es van realitzar amb el mateix ordre per a tothom i es va deixar descansar més de 3 minuts entre test i test (annex 5).

Tests del vector de força axial

Tots aquests tests van ser mesurats amb l'aplicació per a mòbils *MyJump2*, i es va tenir en compte el procediment que indicava aquesta per a la realització de tots els salts. Per mesurar els salts el procediment és gravar als participants durant aquests i, amb l'aplicació mencionada, indicar el moment en què els peus es desenganxaven del terra i el moment del primer contacte d'aterratge. L'aplicació a través del temps de vol indica quants centímetres ha saltat el subjecte del test. Cada participant tenia un perfil creat a l'aplicació, on s'havia d'indicar el pes, la llargada de l'extremitat inferior (estirat a terra, des del trocànter major del fèmur fins a la punta del peu amb un angle complet de flexió plantar) i l'alçada als 90 graus (subjecte de peu amb els genolls a 90 graus, mesurar des del trocànter major fins al terra). D'aquesta manera, l'aplicació podia fer un millor càlcul adaptat a cada participant.

- *Squat Jump (SJ):*

Aquest salt ha de ser des de parat, sense cap mena de contramoviment i partint d'una posició on l'angle dels genolls fos de 90 graus. Per assegurar-nos de complir aquest paràmetre, a tots els participants se'ls hi facilitava una cadira on es podia ajustar l'alçada, de manera que si tocaven amb el gluti aquesta, estiguessin amb els genolls a 90 graus. Les mans han d'estar sobre el maluc, sense treure-les d'allà, i en el moment de vol i aterratge les puntes dels peus han d'estar en direcció a terra.

- *Countermovement jump (CMJ):*

El procediment d'aquest salt és igual a l'anterior, mantenint la cadira a la mateixa alçada, però ara el subjecte parteix d'una posició diferent, ja no està amb els genolls a 90 graus, sinó que està recte. S'ha de fer el moviment de baixar fins a tocar amb el gluti a la cadira i llavors saltar, és a dir, prendre impuls. La posició de les mans i els peus segueix sent la mateixa que el salt anterior.

- *Abalakov Jump:*

Aquest salt és exactament igual a l'anterior (CMJ), el que canvia és que ara els braços es poden moure lliurement.

Tests del vector de força anteroposterior

Aquests tests consisteixen en un de salt horitzontal i dos d'esprint de 10 i 20 metres. El de salt també va ser mesurat amb l'aplicació *MyJump2*, i els d'esprint amb doble cronòmetre. En els tests d'esprint es van poder fer dos intents i el vàlid era el millor d'aquests. En el mateix esprint de 20 metres es va posar un con a 10 metres, de manera que només havien de fer un esprint i un cronòmetre mesurava els 10 metres i l'altre els 20.

- Salt horitzontal:

En aquest salt es permet moure els braços lliurement i flexionar els genolls sense cap limitació per tal d'agafar impuls. A través de l'aplicació mencionada anteriorment, s'indicava el moment on les puntes del peu es desenganxaven del terra i quan hi havia un primer contacte en l'aterratge, de manera que l'aplicació mesurava la longitud del salt.

- Esprint de 10 i 20 metres:

Aquest test es va realitzar en una pista de futbol sala, s'assenyalava amb tres cons la línia de sortida, els 10 metres i els últims 20, que era el final. Tenien dos intents amb descans de més de 2 minuts entre un i altre.

5.5. Anàlisi de dades

Per analitzar les dades, s'han tingut en compte els tests inicials i els tres exercicis de força que feien cada grup, analitzant la progressió que hi ha hagut des de la primera sessió fins a l'última. Per determinar aquesta progressió, les dades analitzades eren el pes total que eren capaços d'aixecar en cada exercici en un rang d'entre 10 i 15 repeticions, i el número d'aquestes que podien fer dins d'aquest rang. L'objectiu era determinar si hi ha hagut una millora de la força en aquests exercicis, factor que podria ser causant d'una millora en el rendiment esportiu tal com Fitzpatrick, Cimadoro, i Cleather, (2019) demostren en el seu estudi on millorar la força en el *Hip Thrust* va fer incrementar la capacitat del salt dels esportistes, o l'estudi de Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al. (2017), el qual el mateix factor també feia millorar la velocitat d'esprint.

6. Resultats

A continuació es mostren els resultats obtinguts en aquest estudi, on apareixen els resultats dels tests inicials amb la seva interpretació i es comprova la millora en els exercicis realitzats per cada grup. Per saber si hi ha hagut una millora s'observarà el diari d'entrenament, on apareixen les dades de cada sessió i així poder comprovar si va haver-hi una progressió de càrregues en els exercicis i si, finalment, els i les esportistes de l'estudi eren capaços d'incrementar la càrrega de forma notable en els exercicis escollits.

TESTS	S1		S2		S3		S4	
	Intent 1	Intent 2	Intent 1	Intent 2	Intent 1	Intent 2	Intent 1	Intent 2
Squat jump (cm)	17,23		19,62		16,79		13,93	
Horizontal (cm)	160,67		158,77		118,25		141,82	
CMJ (cm)	18,46		20,81		18,08		12,32	
Abalakov (cm)	21,73		22,67		19,23		18,37	
Sprint 10m (s)	2,57	2,29	2,47	2,32	2,69	2,5	2,81	2,54
Sprint 20m (s)	4,22	3,96	4,01	3,78	4,44	4,09	4,77	4,39

Taula 7: Resultats dels tests inicials. **Font:** Elaboració pròpia (annex 3).

Aquests tests indiquen l'estat físic dels subjectes abans de realitzar el període d'entrenament. D'aquests resultats podem destacar que el S1 és el que més salta de forma horitzontal i a més és el més ràpid en els primers 10 metres. El S2, en canvi, és el que més salta en salts verticals i el més ràpid en l'esprint de 20 metres. Aquests resultats poden indicar la direcció de l'estudi i dels resultats finals.

Subjecte 1. Vector de força anteroposterior																
Sessió	1		2		3		4		5		6		7		8	
Variables	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions
Hip Thrust	20	12-12	20	15-15	30	12-12	30	15-15	35	15-15	40	15-15	50	12-12	50	15-15
Back extension	10	12-12	10	15-15	12,5	12-12	12,5	15-15	15	10-10	15	12-12	15	15-15	15	15-15
Pull through	23	12-12	23	15-15	29	15-15	35	12-12	35	15-15	46	10-10	46	12-12	46	15-15

Taula 8: Diari d'entrenament del subjecte 1. Font: Elaboració pròpia (annex 4).

Subjecte 2. Vector de força anteroposterior																
Sessió	1		2		3		4		5		6		7		8	
Variables	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions
Hip Thrust	20	12-12	20	15-15	30	12-12	30	15-15	35	12-12	35	15-15	40	12-12	40	15-15
Back extension	10	15-15	12,5	12-12	12,5	15-15	15	10-10	15	12-12	15	15-15	17,5	10-10	17,5	12-12
Pull through	18	10-10	18	15-15	23	12-12	23	15-15	29	10-10	29	12-12	29	15-15	35	12-12

Taula 9: Diari d'entrenament del subjecte 2. Font: Elaboració pròpia (annex 4).

Subjecte 3. Vector de força axial																
Sessió	1		2		3		4		5		6		7		8	
Variables	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions
Hack Squat	10	10-10	20	12-12	30	10-10	30	15-15	40	10-12	40	12-12	40	15-15	45	12-12
Bulgarian Squat	15	10-10	15	12-12	15	15-15	20	10-10	20	12-12	20	15-15	25	10-10	25	12-12
Leg Press	66	12-12	66	15-15	75	12-12	75	15-15	79	10-10	79	12-12	79	15-15	85	12-12

Taula 10: Diari d'entrenament del subjecte 3. Font: Elaboració pròpia (annex 4).

Subjecte 4. Vector de força axial																
Sessió	1		2		3		4		5		6		7		8	
Variables	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions
Hack Squat	10	10-10	20	12-12	20	15-15	30	12-12	30	15-15	40	10-10	40	12-12	40	15-15
Bulgarian Squat	15	10-10	15	12-12	15	15-15	20	10-10	20	12-12	20	15-15	25	10-10	25	12-12
Leg Press	66	12-12	66	15-15	75	12-12	75	15-15	79	10-10	79	12-12	79	15-15	85	12-12

Taula 11: Diari d'entrenament del subjecte 4. Font: Elaboració pròpia (annex 4).

En aquestes taules es mostren els pesos i repeticions que van utilitzar i fer els quatre subjectes en els exercicis de força al llarg de les 8 sessions. Com es pot observar, en cada sessió d'entrenament els subjectes milloraven algun aspecte de la sessió anterior, sigui afegint més pes o fent més repeticions. La primera setmana el subjecte 1 en l'exercici *Hip Thrust* aixecava 20 kg i podia fer 12 repeticions i va aconseguir realitzar 3 repeticions més amb 30 kg extres després de 8 sessions d'entrenament. El segon subjecte també va millorar aixecant 20 kg més que la primera setmana, igual que els subjectes 3 i 4, que en el *Hack Squat*, per exemple, van aconseguir aixecar 35 i 30 kilograms més a l'última sessió.

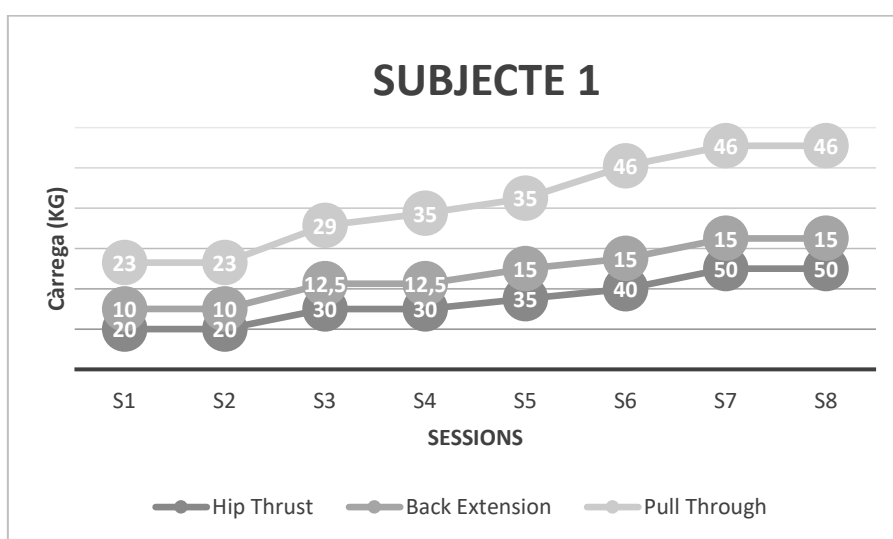


Figura 3: Progressió de càrregues del subjecte 1. Font: Elaboració pròpia (annex 4).

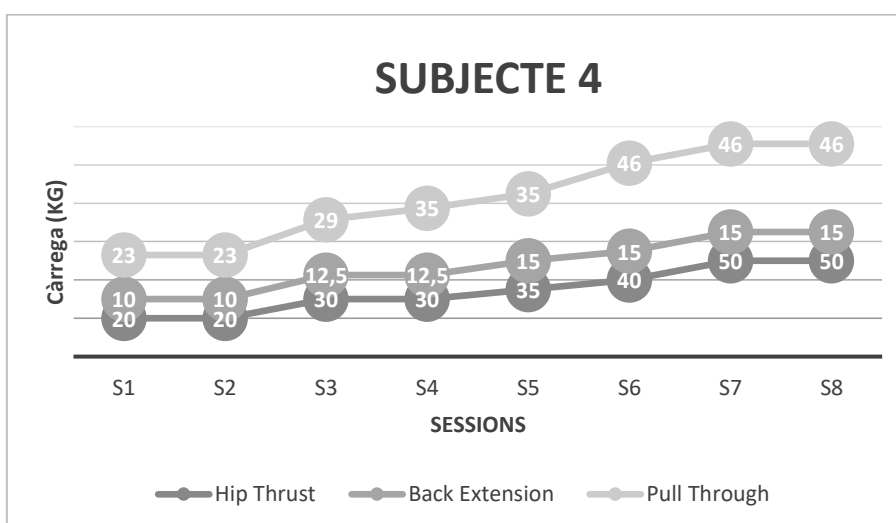


Figura 4: Progressió de càrregues del subjecte 4. Font: Elaboració pròpia (annex 4).

En els gràfics es mostra l'exemple del subjecte 1 i 4, on es veu representada la progressió de càrregues en termes absoluts (kg) de tots els exercicis de força realitzats, des de la sessió 1 fins a la 8. S'ha de tenir en compte que aquests gràfics només representen la millora reflectida amb els kilograms aixecats i no tenen en compte les repeticions executades, tot i que sempre estaven en el rang de 10 a 15 repeticions i sempre s'intentava fer més repeticions que la sessió anterior.

Com es pot apreciar, des de l'inici fins al final de l'estudi els subjectes han millorat en els seus exercicis, progressant en les càrregues i repeticions executades.

7. Discussió

En aquest apartat s'interpretaran els resultats obtinguts en aquest estudi i se li donarà una aplicació pràctica a aquests. La discussió estarà relacionada amb els objectius del treball i les hipòtesis plantejades. A més, també s'exposarà el procés que hi ha hagut durant la part pràctica, així com el plantejament inicial d'aquest i els canvis que s'han hagut de fer a causa de la pandèmia mundial existent actualment, el Covid-19.

Els tests inicials donen algunes pistes que es podrien tenir en compte pels resultats finals. En aquests tests es veu que el que salta més horitzontalment, (per tant, es podria dir que té una capacitat major d'aplicar força i/o potència en el vector de força anteroposterior) és el més ràpid en el moment inicial de l'esprint (10 m). Aquest subjecte però, no és el més ràpid en l'esprint de 20 m, ho és el subjecte que més salta de forma vertical, i que ho podem relacionar amb el vector de força axial. És aquí on es comença a apreciar la transferència de forces dels vectors axial i anteroposterior en el rendiment esportiu. Observant això, es veu que hi ha una clara correlació amb l'estudi de Loturco I, Contreras B, Kobal R, Fernandes V, Moura N, Siqueira F, et al., (2018), on es veia que el vector de força axial anava totalment relacionat amb el salt vertical i la velocitat màxima. Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al., (2017) també van demostrar amb el seu estudi la transferència que hi ha amb la força en el vector anteroposterior i el salt horitzontal i l'acceleració. Els resultats dels tests s'apropen a aquests estudis mencionats, relacionant el vector de força axial amb l'esprint de més distància i el salt vertical, i el vector de força anteroposterior amb el salt horitzontal i l'acceleració.

Aquests resultats també mostren que l'entrenament de força en joves esportistes farà que aquests siguin més forts i siguin capaços d'aixecar cada cop una càrrega major en els exercicis. A més, es pot observar com una progressió de càrregues lineal fa que de la primera a l'última sessió, aquesta càrrega augmenti considerablement. A l'hora d'interpretar aquests resultats i intentar justificar el perquè d'aquests, es pot veure, que en estudis com el de McGuigan, Wright, i Fleck (2012), l'entrenament de la força ajuda a incrementar els nivells d'aquesta, així com la potència i moviments com el salt o esprints.

L'entrenament però, ha de ser adequat a les necessitats de l'atleta i sobretot en aquest cas, a l'edat i l'experiència. És per això, que si es segueixen les recomanacions que plantegen Avery D. Faigenbaum, et al. (2009), l'entrenament de la força en joves esportistes serà molt més segur i efectiu, i a més es veuran millors resultats com es demostra en l'estudi portat a terme, on s'han aplicat totes aquestes recomanacions.

Perquè l'entrenament sigui completament eficient s'ha de tenir en compte el principi de sobrecàrrega progressiva, ja que serà un factor clau. En l'estudi s'ha seguit una progressió lineal exposada per Helms, E., Valdez, A. i Morgan A., (2019). Aquesta ha sigut totalment eficaç i ha servit perquè els esportistes fossin capaços d'incrementar la càrrega dels exercicis a cada entrenament millorant molt les seves marques de pes aixecat inicialment. L'objectiu era afegir més kilograms en els exercicis a cada sessió, i si això no era possible augmentar les repeticions, fent sempre entre 10 i 15. D'aquesta manera, els subjectes sempre tenien un repte a assolir en aquella sessió i s'havien d'intentar superar contínuament. Això ha sigut possible gràcies al fet que els esportistes no eren experimentats en l'entrenament de la força, és a dir, eren principiants.

Si haguessin sigut més avançats, segurament aquest model de progressió no hagués sigut suficient i s'haurien d'haver aplicat altres models més sofisticats tal com es veu a Helms, E., Valdez, A. i Morgan A., (2019).

Les hipòtesis del treball eren en primer lloc, que l'entrenament de la força en joves esportistes beneficiaria les capacitats físiques determinants pel rendiment esportiu, i en segon lloc, que hi hauria diferències rellevants entre el grup que entrenava amb el vector de força axial i el de l'anteroposterior. Aquestes hipòtesis no s'han pogut resoldre en totalitat ja que l'estudi no ha pogut completar-se i no s'han pogut realitzar els post test. A continuació, s'explicarà quin era el plantejament inicial de l'estudi i el perquè no s'ha pogut portar a terme tal com es volia.

7.1. Plantejament inicial

Aquest treball tenia un plantejament amb un final diferent del que s'ha vist. No s'ha pogut acabar la part experimental degut a la pandèmia anomenada Covid-19. Aquesta ha fet que l'entrenament hagi durat 4 setmanes i no s'hagi pogut realitzar tot el que estava plantejat de forma inicial.

El treball constava d'un període d'entrenament de 8 setmanes, comptant amb dues setmanes prèvies per a realitzar la familiarització i els tests inicials. El que es pretenia era realitzar una sessió al final de la quarta setmana d'entrenament on es farien tests intermedis, per anar valorant el procés i al finalitzar la vuitena setmana d'entrenament realitzar una altra sessió de tests, que serien els post test. D'aquesta manera es tindrien uns tests previs, intermedis i finals, i amb aquests es podria haver fet una comparació des de l'inici fins al final, extraient així unes conclusions en funció dels objectius de l'estudi i valorar les hipòtesis plantejades al principi.

7.2. Procés de la part experimental

En aquest apartat explicaré com va ser el procés pràctic del treball. Aquest és interessant perquè es va implementar un entrenament de força a un grup que mai havia entrenat aquesta capacitat física i s'havia de fer de manera que s'adaptés totalment al grup i a l'entorn. Per explicar-ho, dividiré aquest procés amb les diferents fases que van haver-hi.

Familiarització

Les tres primeres sessions van consistir en la familiarització, procés on s'ensenya als subjectes tots els exercicis que hauran de realitzar durant el procés d'entrenament. Els grups ja estaven assignats pel vector de força que treballarien. Aquestes sessions, igual que els entrenaments, duraven 30 minuts. El primer dia quan vam començar a realitzar els exercicis, un dels subjectes del grup que treballava amb el vector de força axial va manifestar dolor de genoll en tots els exercicis que havia de realitzar. Un subjecte que treballava l'altre vector de força també va mencionar que amb aquells exercicis li feia mal el canell. És per això, que després de valorar-ho vam decidir intercanviar els vectors de força, de manera que ara els que estaven treballant amb l'axial van començar a treballar amb l'anteroposterior i viceversa. La segona i tercera sessió ja es van portar a terme correctament i van aprendre els exercicis que havien de fer després d'haver-se intercanviat els vectors de força.

Aquestes sessions van ajudar molt a observar les limitacions dels subjectes i ajustar els exercicis a ells fent les adaptacions necessàries perquè poguessin realitzar còmodament aquests. També ens vam adonar que el temps era molt reduït, així que en totes les sessions ja hauria d'estar tot el material disponible per poder-lo utilitzar sense interrompre l'entrenament.

Tests

Els tests es van realitzar després de la fase de familiarització, just abans d'iniciar amb el període d'entrenament. Aquests es van dur a terme correctament, se'ls hi va explicar el procediment i, tot i tenint un temps molt reduït, vam poder realitzar-los tots.

Període d'entrenament

Aquesta fase va ser l'última i va durar 4 setmanes, on es realitzaven 2 sessions setmanals de 30 minuts. Aquestes eren bastants motivadores pels subjectes, ja que des de la primera fins a l'última sessió venien a entrenar amb ganes i bona actitud. Inicialment se'ls hi va fer estrany entrenar amb sobrecàrregues externes perquè no estaven acostumats i també els hi sobtava que jo els insistís en que afegissin més pes. Aquestes indicacions eren degudes al fet que, com que no havien entrenat mai d'aquesta manera, els hi feia respecte i els hi costava aproximar-se a la càrrega idònia per treballar. Més endavant van anar perdent aquesta por veient que podien realitzar-ho bé i sense perill, així que ràpidament es van acostumar a treballar amb sobrecàrregues i van progressar adequadament. Durant les sessions d'entrenament vam haver d'anar ajustant els exercicis, adaptant-los a cadascun d'ells i al seu nivell. Així doncs, es van poder realitzar correctament totes les sessions d'entrenament i van poder millorar.

7.3. Interpretació final

Veient tots els resultats obtinguts, després d'aquest estudi podem extreure diferents punts a tenir en compte. En primer lloc, s'ha vist que l'entrenament de la força en joves esportistes és segur i beneficiós, ja que després d'aquest estudi, els subjectes han millorat i no han patit cap lesió, i perquè això sigui així, és molt important tenir en compte els principis de l'entrenament i les recomanacions que fan autors com Avery D. Faigenbaum, et al. (2009) per a entrenar la força en joves esportistes. També s'haurà de tenir especial consideració a la sobrecàrrega progressiva, en aquest cas, la progressió lineal de les càrregues, ja que hem vist com seguint aquesta hi ha hagut una millora important després de quatre setmanes d'entrenament. Un altre punt important és l'adaptació de l'entrenament depenent de l'edat, l'experiència i el nivell dels subjectes, ja que serà de total importància adaptar els exercicis als esportistes i les seves condicions perquè aquest sigui eficient i segur.

Finalment, seria interessant poder veure com es desenvoluparia aquest estudi si hagués pogut fer-se al complet com estava previst i veure els resultats obtinguts en els tests posteriors. D'aquesta manera, s'hauria pogut comprovar si realment una millora en un vector de força o altre genera efectes positius en el rendiment esportiu, i si aquests tenen especial relació entre ells, com podria ser la millora del vector de força axial amb l'increment de salt vertical o del vector de força anteroposterior amb l'esprint. En el present estudi no s'ha pogut observar, però podria ser una propera línia d'investigació per completar tots els estudis que ja hi ha i acabar d'obtenir una conclusió específica.

8. Conclusions

- Els joves esportistes poden entrenar la força amb seguretat i obtenir millores.
- Hi ha indicis en els tests de la relació entre el vector de força anteroposterior i el salt horitzontal i l'acceleració, i entre el vector de força axial i el salt vertical i la velocitat màxima.
- Els subjectes de l'estudi han millorat en tots els exercicis que realitzaven, així que després de 8 sessions d'entrenament, els esportistes s'han fet més forts.
- No s'han pogut extreure evidències de la correlació entre millorar la força i consegüentment obtenir millores en les qualitats físiques determinants pel rendiment.
- Una progressió lineal de càrregues en esportistes principiants és útil i s'aconsegueix un progrés notable en els exercicis de força.
- Seguint una progressió de càrregues adequada és possible millorar la força d'esportistes principiants en 4 setmanes.
- Es pot progressar d'igual manera fent entrenaments enfocats al vector de força axial que si es fa enfocats al vector de força anteroposterior.

9. Limitacions i prospectiva d'investigació

En aquest apartat es mostren les principals limitacions que hi ha hagut durant la realització d'aquest treball i de l'estudi:

- No poder acabar les vuit setmanes d'entrenament a causa del Covid-19 i per tant no poder realitzar post test per veure els resultats finals.
- Mostra petita ($n=4$) i per tant els resultats no es poden extrapolar a tota la població i són poc significatius.
- El temps de les sessions d'entrenament era molt limitat, només 30 minuts feia que s'hagués d'anar amb moltes presses i molt justos.
- Al ser un gimnàs públic, a vegades els materials que es necessitaven per a l'entrenament estaven ocupats i s'havia de canviar l'ordre dels exercicis o adaptar-los.
- Càrregues en els exercicis possiblement poc precises per falta de tests RM i ajustar el percentatge d'aquest a cada subjecte.

Respecte a la prospectiva d'investigació, primerament crec que seria interessant poder acabar de fer aquest estudi i valorar realment tots els objectius plantejats tenint en compte les hipòtesis. D'aquesta manera es podria obtenir un millor resultat i unes millors conclusions. També es podria completar l'estudi utilitzant noves tecnologies com poden ser *encoders lineals* i així treballar amb unes càrregues adaptades a cada subjecte, ja que es podria fer en base a l'1RM real i saber la velocitat a la qual treballar.

Un altre aspecte que es podria investigar és si els dos grups realitzessin els dos entrenaments (vector de força axial i anteroposterior) en diferent ordre hi hauria alguna diferència significativa. És a dir, que un grup primer treballés amb el vector de força axial i al cap de 4-8 setmanes canviés al vector de força anteroposterior durant el mateix període temps que el primer i viceversa.

Finalment, penso que també seria interessant fer aquest estudi però treballant tot el cos i no només el tren inferior, així obtenir més informació i poder extreure més conclusions.

10. Referències bibliogràfiques

- Abade, E., Silva, N., Ferreira, R., Baptista, J., Gonc, B., i Os, S. (2019). Effects of Adding Vertical or Horizontal Force-Vector Exercises to In-season General Strength Training on Jumping and Sprinting Performance of Youth Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 00(00), 1-6.
- Adirim, T. A., i Cheng, T. L. (2003). Overview of injuries in the young athlete. *Sports Medicine*, 33(1), 75-81.
- Arcos, A. L., Yanci, J., Mendiguchia, J., Salinero, J. J., Brughelli, M., i Castagna, C. (2014). Short-term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 480-488.
- Avery D. Faigenbaum, William J. Kraemer, Cameron J. R. Blimkie, Ian Jeffreys, Lyle J. Micheli, Mike Nitka, A. T. W. R. (2009). Youth Resistance Training: Updated Position Statement Paper From The National Strength And Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 60-79.
- Balsalobre-fernández, C., Glaister, M., Lockey, R. A., Glaister, M., Lockey, R. A., Balsalobre-fernández, C., ... Lockey, R. A. (2016). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574-1579.
- Christou, M. et al., (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 783-791.
- Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil. Entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes: beneficios, riesgos y recomendaciones. *Arch Argent Pediatr* 2018;116 Supl 5:S82-S91.
- Contreras, B., (2010). Load Vector Training. The Glute Guy. Recuperat de <https://bretcontreras.com/load-vector-training-lvt/>.

- Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., et al., (2017). Effects of a six-week hip thrust vs. front Squat resistance training program on performance in adolescent males: A randomized controlled trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31 (4), 999-1008.
- Fitzpatrick, D. A., Cimadoro, G., i Cleather, D. J. (2019). The Magical Horizontal Force Muscle? A Preliminary Study Examining the “Force-Vector” Theory. *Sports*, 7(2), 30.
- González Badillo, J., i Gorostiaga Ayestarán, E. (2018). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Barcelona: INDE (4a edició).
- González Badillo, J., i Ribas Serna, J. (2018). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE (3a edició).
- González-García, J., Morencos, E., Balsalobre-Fernández, C., Cuéllar-Rayó, Á., i Romero-Moraleda, B. (2019). Effects of 7-Week Hip Thrust Versus Back Squat Resistance Training on Performance in Adolescent Female Soccer Players. *Sports*, 7(4), 80.
- Harman, E. (1993). Exercise physiology: Strength and Power: A Definition of Terms. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 15(6), 18.
- Helms, E., Valdez, A. i Morgan A., (2019). The muscle & strength pyramid.
- Loturco I, Contreras B, Kobal R, Fernandes V, Moura N, Siqueira F, et al. (2018). Vertically and horizontally directed muscle power exercises: Relationships with top-level sprint performance. *PLoS ONE*, 13(7), 1-13.
- McGuigan, M., Wright, G., i Fleck, S. (2012). Strength Training for Athletes: Does It Really Help Sports Performance? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7, 2-5.
- Mendes, R., Dias, R., Cyrino, E. S., Salvador, E. P., Flávio, L., Caldeira, S., ... Gurjão, D. (2005). Influence of familiarization process on muscular strength assessment in 1-RM tests. *Revista Brasileira De Medicina*, 11, 39-42.

Millar, N. A., Colenso-Semple, L. M., Lockie, R. G., Marttinen, R. H. J., i Galpin, A. J. (2020).

In-Season Hip Thrust vs. Back Squat Training in Female High School Soccer Players. *International journal of exercise science*, 13(4), 49-61.

Saeterbakken, A. H., Olsen, A., Behm, D. G., Bardstu, H. B., & Andersen, V. (2019). The

short- and long-term effects of resistance training with different stability requirements. *PLoS ONE*, 14(4), 1-18.

Westcott, W. (2012). Resistance Training is Medicine: Effects of Strength Training on

Health. *Current Sports Medicine Reports*, 11 (4), 209-216.

Zweifel, M. (2017). Importance of horizontally loaded movements to sports

performance. *Strength and Conditioning Journal*, 39(1), 21-26.

11. Annexes

Annex 1. Mostra de l'estudi

SUBJECTES	DATA DE NAIXEMENT	EDAT	PES (kg)	ALTURA (m)
S1	25/10/2005	14	50	1,6
S2	30/3/2005	15	59	1,64
S3	17/10/2004	15	48	1,6
S4	4/5/2006	13	62	1,68
MITJANA		14,25	54,75	1,63
DESVIACIÓ ESTANDART		0,96	6,80	0,04

Annex 2. Entrenaments

Vector de força axial					
Dia 1					
Exercici	Series	Reps	Descans	% 1RM	Patró de moviment
Hack squat	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Leg press	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Bulgarian squat	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
CMJump	2	6	2'	50%	Triple extensió

Vector de força axial					
Dia 2					
Exercici	Series	Reps	Descans	% 1RM	Patró de moviment
Hack squat	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Bulgarian squat	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Leg press	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de genolls
Squat jump	2	6	2'	50%	Triple extensió

Vector de força anteroposterior					
Dia 1					
Exercici	Series	Reps	Descans	% 1RM	Patró de moviment
Bb Hip Thrust	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Back extension	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Pull through	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
20m Sprints	3	1	2'	-	-

Vector de força anteroposterior					
Dia 2					
Exercici	Series	Reps	Descans	% 1RM	Patró de moviment
Bb Hip Thrust	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Pull through	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Back extension	2	10-15	1'	50-70%	Extensió de maluc
Banded broad jump	2	6	2'	50%	Triple extensió

Annex 3. Resultat dels tests inicials

TESTS	S1		S2		S3		S4	
	Intent 1	Intent 2	Intent 1	Intent 2	Intent 1	Intent 2	Intent 1	Intent 2
Squat jump (cm)	17,23		19,62		16,79		13,93	
Horizontal (cm)	160,67		158,77		118,25		141,82	
CMJ (cm)	18,46		20,81		18,08		12,32	
Abalakov (cm)	21,73		22,67		19,23		18,37	
Sprint 10m (s)	2,57	2,29	2,47	2,32	2,69	2,5	2,81	2,54
Sprint 20m (s)	4,22	3,96	4,01	3,78	4,44	4,09	4,77	4,39

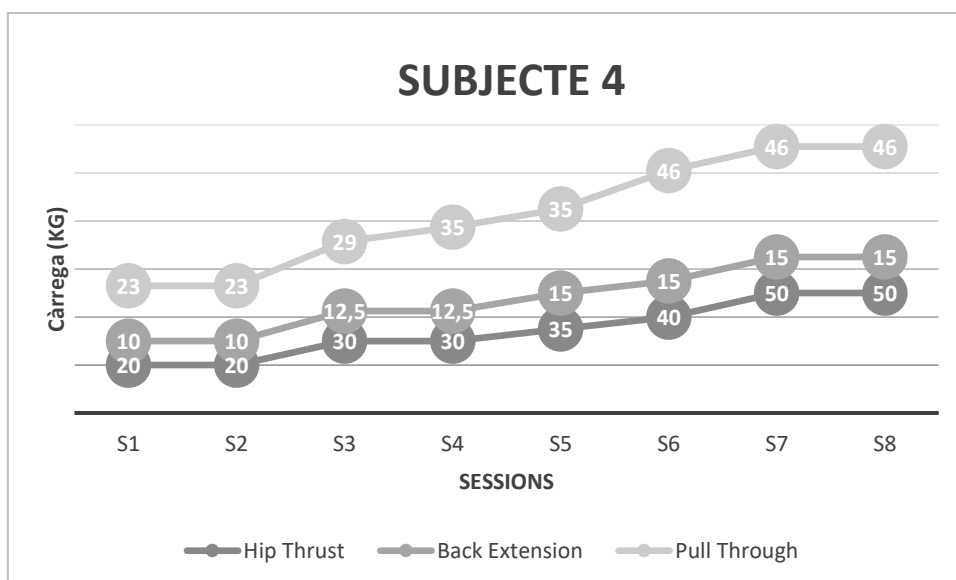
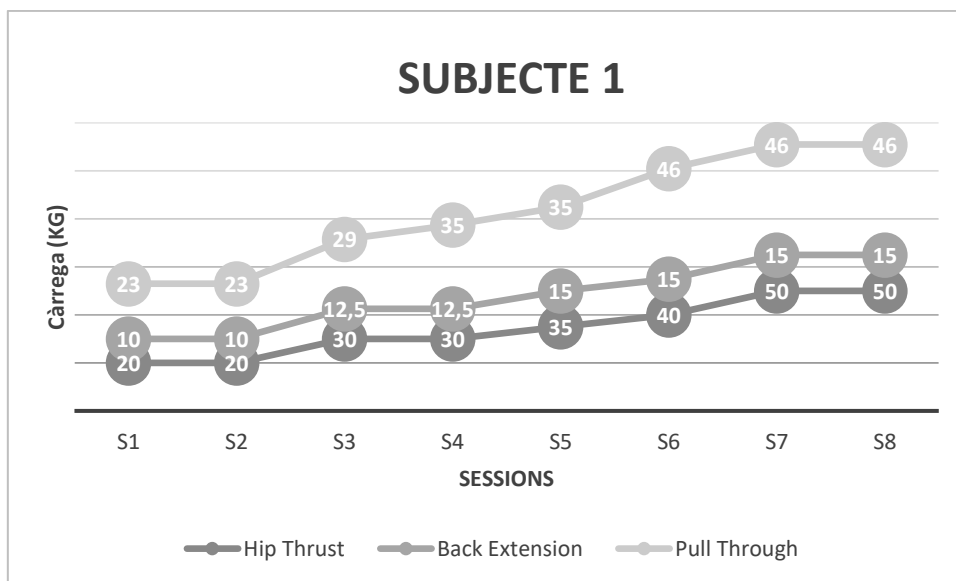
Annex 4. Progressió de càrregues

Subjecte 1. Vector de força anteroposterior																
Sessió	1		2		3		4		5		6		7		8	
Variables	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions
Hip Thrust	20	12-12	20	15-15	30	12-12	30	15-15	35	15-15	40	15-15	50	12-12	50	15-15
Back extension	10	12-12	10	15-15	12,5	12-12	12,5	15-15	15	10-10	15	12-12	15	15-15	15	15-15
Pull through	23	12-12	23	15-15	29	15-15	35	12-12	35	15-15	46	10-10	46	12-12	46	15-15

Subjecte 2. Vector de força anteroposterior																
Sessió	1		2		3		4		5		6		7		8	
Variables	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions
Hip Thrust	20	12-12	20	15-15	30	12-12	30	15-15	35	12-12	35	15-15	40	12-12	40	15-15
Back extension	10	15-15	12,5	12-12	12,5	15-15	15	10-10	15	12-12	15	15-15	17,5	10-10	17,5	12-12
Pull through	18	10-10	18	15-15	23	12-12	23	15-15	29	10-10	29	12-12	29	15-15	35	12-12

Subjecte 3. Vector de força axial																
Sessió	1		2		3		4		5		6		7		8	
Variables	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions
Hack Squat	10	10-10	20	12-12	30	10-10	30	15-15	40	10-12	40	12-12	40	15-15	45	12-12
Bulgarian Squat	15	10-10	15	12-12	15	15-15	20	10-10	20	12-12	20	15-15	25	10-10	25	12-12
Leg Press	66	12-12	66	15-15	75	12-12	75	15-15	79	10-10	79	12-12	79	15-15	85	12-12

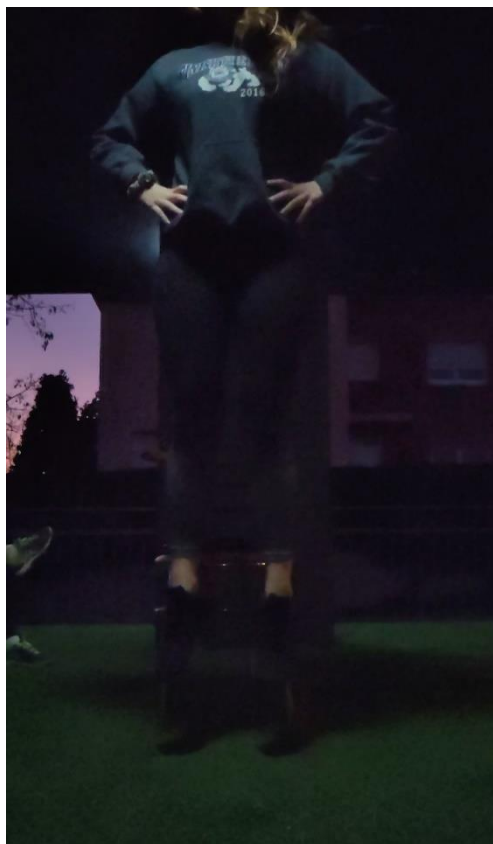
Subjecte 4. Vector de força axial																
Sessió	1		2		3		4		5		6		7		8	
Variables	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions	Pes (kg)	Repeticions
Hack Squat	10	10-10	20	12-12	20	15-15	30	12-12	30	15-15	40	10-10	40	12-12	40	15-15
Bulgarian Squat	15	10-10	15	12-12	15	15-15	20	10-10	20	12-12	20	15-15	25	10-10	25	12-12
Leg Press	66	12-12	66	15-15	75	12-12	75	15-15	79	10-10	79	12-12	79	15-15	85	12-12



Annex 5. Exemples de test



Abalakov Jump



Squat Jump

Annex 6. Exemples d'exercicis



Hip Thrust



Squat jump Il·lustrat