

TREBALL FINAL DE GRAU

Grau en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport

Escola Universitària de la Salut i l'Esport (EUSES), Centre adscrit a la Universitat de Girona

EFECTES D'UN ENTRENAMENT ISOINERCIAL VS UN ENTRENAMENT DE CÀRREGA ELÀSTICA DE 8 SETMANES SOBRE EL CANVI DE DIRECCIÓ EN JOVES JUGADORS DE BÀSQUET

Marc Massachs Roca

Curs acadèmic: 2023-2024

Tutor de l'EUSES: Sergi Nuell Turon

Data d'entrega: 31/05/2024

ÍNDEX

RESUM	3
1. INTRODUCCIÓ	4
1.1 Enfocament de l'estudi.....	4
1.2 Definició de la velocitat en el canvi de direcció	4
1.3 Importància del canvi de direcció en el bàsquet.....	6
1.4 Metodologia de l'entrenament del canvi de direcció	7
1.5 Càrrega isoinercial	7
1.6 Càrrega elàstica	10
1.7 Buit de coneixement.....	12
2. HIPÒTESIS I OBJECTIUS	14
2.1 Hipòtesis	14
2.2 Objectius.....	14
3. METODOLOGIA.....	15
3.1 Disseny de l'estudi	15
3.2 Participants.....	15
3.2.1 Detall de la mostra	15
3.2.2 Criteris d'inclusió i d'exclusió	15
3.2.3 Mida de la mostra i tècnica de mostreig.....	15
3.2.4 Assignació grups	16
3.2.5 Comitè d'ètica.....	17
3.3 Procediment	17
3.3.1 Variables de l'estudi	17
3.3.2 Intervenció.....	17
3.3.2.1 Recollida de dades.....	18
3.3.2.2 Test de valoració.....	18
3.3.2.3 Protocol d'entrenament.....	20
3.4 Anàlisi de dades	27
4. RESULTATS ESPERATS.....	28
5. CRONOGRAMA	29

6. PRESSUPOST	30
7. AGRAÏMENTS	32
8. BIBLIOGRAFIA	33

RESUM

L'estudi present es fonamenta a partir d'una proposta d'intervenció, sobre el canvi de direcció (COD) en joves jugadors de bàsquet.

El bàsquet és un esport de situació amb gran importància de desplaçaments multidireccionals i una naturalesa d'accions intermitents a alta intensitat, sent el tall en V (45°) el COD més utilitzat pels jugadors en la competició. Per optimitzar la velocitat en el canvi de direcció (VCOD) la majoria d'experts fan servir l'entrenament isoinercial (EI) pels seus múltiples beneficis, però els equipaments de l'EI són de difícil accés i d'un elevat preu per la majoria d'entrenadors. En canvi, l'entrenament elàstic (EE) pot ser una alternativa per la millora en la VCOD, per l'accessibilitat i el preu dels equipaments envers l'EI. Actualment, en la literatura científica no hi ha cap comparació dels dos sistemes d'entrenament, on l'EE no ha estat mai monitoritzat en accions coordinatives.

L'objectiu de l'estudi serà observar les diferències d'un EI envers un EE en la VCOD en joves jugadors de bàsquet, intentant establir una comparació justa entre les dues càrregues d'entrenament, proporcionant una resistència en l'EE semblant a l'EI, tenint en compte les propietats de cada càrrega. S'analitzaran 30 jugadors adolescents en el període competiu, amb dues sessions setmanals durant 8 setmanes. S'esperen que els resultats en força i VCOD siguin majors en l'EI envers l'EE, sent l'EI l'entrenament que obté majors beneficis, tot i que els valors de l'EE siguin positius. Proporcionant directius d'aplicacions pràctiques mitjançant l'EE per l'optimització de la VCOD en joves jugadors de bàsquet.

Paraules clau: Entrenament amb volant, Gomes elàstiques, Capacitat de canvi de direcció, Adolescents, Esports de Situació.

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Enfocament de l'estudi

En el present estudi es presenta una proposta d'intervenció, on s'avaluen dos sistemes d'entrenaments (isoinercial i elàstic) en la velocitat del canvi de direcció (VCOD) en joves jugadors de bàsquet masculins.

1.2 Definició de la velocitat en el canvi de direcció

Els esports de situació es caracteritzen per una combinació d'accions que inclouen patrons de moviment i velocitat en constant canvi depenent de la situació esportiva (Taylor et al., 2017). On la capacitat de canviar de direcció (CODA) és un component clau de l'esport multidireccional, sigui per evadir a un oponent o reaccionar davant la pilota (Dos'Santos et al., 2019).

Diversos articles recents esmenten l'agilitat com un indicador clau del rendiment en els esports multidireccionals i es relaciona amb l'efectivitat del moviment (Keiner et al., 2021; Pojskic et al., 2018; Young et al., 2022). On els jugadors han de canviar constantment de direcció en resposta a diferents estímuls basats en la situació del joc (Morral-Yepes et al., 2023). La definició més acceptada d'agilitat, la defineix com un moviment ràpid de tot el cos amb canvi de velocitat o direcció en resposta a un estímul (Sheppard & Young, 2006). Un article recent exposa que aquesta definició està una mica limitada i pot no reflectir completament el moviment d'agilitat en els esports de situació en què es requereix que els jugadors prenguin decisions de moviments complexes basades en un entorn canviant tenint en compte les accions dels seus companys i oponents (Young et al., 2022).

En canvi, les tasques, de canvi de direcció (COD) són predeterminades sense necessitat de reaccionar a un estímul que es descriuen com a CODA (Brughelli et al., 2008). La CODA és un exemple d'un component aïllat de l'agilitat on el moviment i la percepció estan desacoblats, a més les tècniques de moviment i les qualitats de força que són importants en molts moviments de COD no s'apliquen necessàriament a l'agilitat en els esports de situació (Young et al., 2021).

De forma implícita dins del terme d'agilitat trobem la velocitat en el canvi de direcció (VCOD) i factors perceptius i de presa de decisions (Sheppard & Young, 2006). La VCOD és l'habilitat que té l'esportista en desaccelerar, girar o canviar de direcció o tornar a accelerar sense reaccionar a estímuls externs (ex: oponents, companys...) (Morral-Yepes et al., 2022; Sheppard & Young, 2006). La VCOD constitueix la base física de l'agilitat, perquè incorpora la mecànica associada al rendiment de l'agilitat, com la desacceleració, el COD i l'acceleració (Nimphius et al., 2016). A més la VCOD permet als atletes superar els seus adversaris en situacions en les quals poden predefinir el patró de moviment (Sisic et al., 2016). L'agilitat incorpora canvis de direcció oberts i no planificats de forma que s'adapta al context i estímuls que es troba el jugador, en canvi, la VCOD és una habilitat de naturalesa tancada i preplanificada, sent dos conceptes diferents. Així mateix, una millora VCOD no significa necessàriament a una millora en el rendiment de l'agilitat i viceversa (Morral-Yepes et al., 2023).

En la figura 1 es mostren els diferents elements que conformen l'agilitat, enfocant l'estudi en la VCOD.

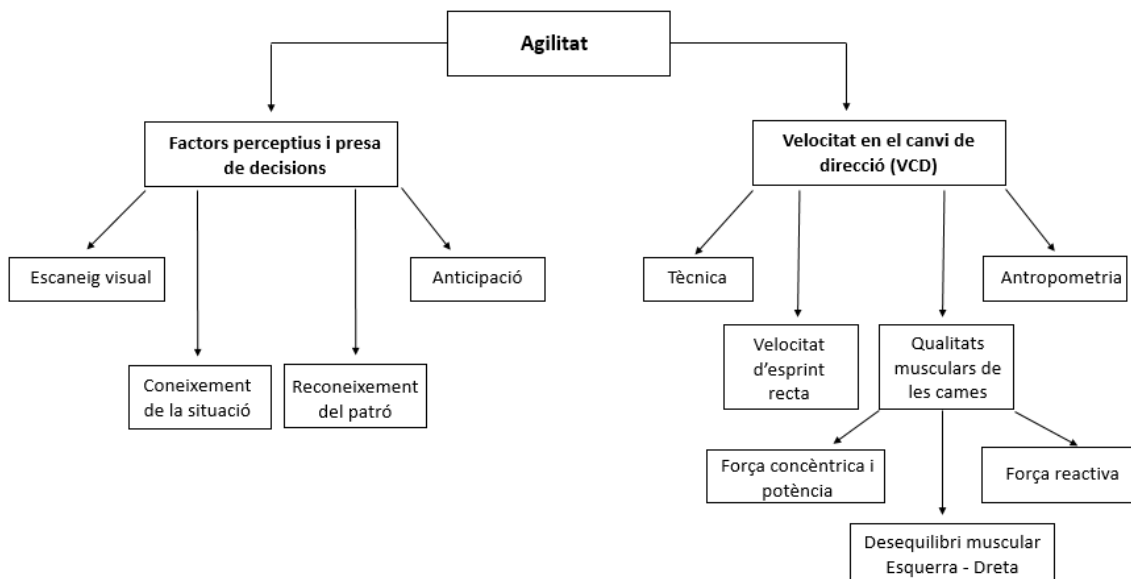


Figura 1. Components de l'agilitat (Modificat de Sheppard & Young, 2006)

1.3 Importància del canvi de direcció en el bàsquet

En el bàsquet els jugadors han de realitzar repetidament acceleracions i desceleracions ràpides amb CODS bruscos en un terreny de joc reduït en comparació altres esports de situació de grans àrees com el futbol (Scanlan et al., 2014). El bàsquet en comparació a altres esports multidireccionals com el futbol o l'handbol, la freqüència de desplaçament lateral és més alta, identificant que jugadors joves de bàsquet executen majors desplaçaments laterals (313-466) que jugadors sèniors/adults (91-345) (Taylor et al., 2017). S'ha observat com en la competició de jugadors menors de 19 anys executaven 1050 moviments per partit, implicant un COD cada 2 segons, demostrant la naturalesa intermitent del bàsquet (Ben Abdelkrim et al., 2007). La distància mitjana d'esprint és d'aproximadament de 20m amb 2-3 segons de durada de cada activitat d'intensitat alta a moderada en jugadors de bàsquet adolescents (Ben Abdelkrim et al., 2007). L'angle de tall més habitual durant el joc, on el jugador COD és d'uns 45° (Benjaminse et al., 2010; Dempsey et al., 2009). Aquest moviment de tall de 45° s'anomena sovint com a tall en V o de pas lateral i se suggereix que és el més comú en el joc, perquè permet el desenvolupament de forces propulsives més altes i moviments altament dinàmics (Dayakidis & Boudolos, 2006). El tall de V o pas lateral, implica plantar l'extremitat i COD cap al costat contralateral utilitzant l'altra extremitat com a primer pas cap a la nova direcció (Colby et al., 2000). En l'estudi de Gonzalo Skok i col·laboradors del 2015, es menciona com el tall en V està relacionat amb freqüència amb lesions del lligament creuat anterior del genoll en jugadors adolescents, on a mesura que les maniobres de tall es repeteixen, apareix un potencial mecànic afectant l'estabilitat i pèrdua de control del genoll en el COD.

1.4 Metodologia de l'entrenament del canvi de direcció

Actualment, hi ha una multitud d'estudis que han utilitzat diferents metodologies per la millora de la VCOD. Els principals mètodes emparats han sigut, la pliometria, l'entrenament de força i l'entrenament específic del COD tot i que hi ha altres metodologies com els jocs reduïts. En una revisió sistemàtica recent, on s'avaluava l'entrenament de força envers l'entrenament de pliometria en la millora de la VCOD en jugadores de futbol. Van observar com la pliometria obtenia unes majors millores en el rendiment de la VCOD que l'entrenament de força, a causa que la pliometria i els seus exercicis representen una part natural de la majoria dels moviments esportius (Pardos-Mainer et al., 2021). En l'entrenament específic del COD, hi ha un estudi actual, enfocat en l'entrenament d'esprints amb COD de 12 setmanes en jugadors professionals de bàsquet. On un grup realitza un entrenament específic per millorar els esprints amb COD i l'altre consistia amb un grup control (seguien l'entrenament habitual). Van veure que el grup d'intervenció va millorar el rendiment en el COD, però en les valoracions de salt el grup control va aconseguir un major resultat (Brini et al., 2020). La intervenció presentada s'enfocarà amb una metodologia d'entrenament específic del COD per la millora del VCOD.

1.5 Càrrega isoinercial

L'entrenament isoinercial (EI) mitjançant un volant giratori "Flywheel Training" està àmpliament utilitzat en l'entrenament dels esports de situació, a més que hi ha una multitud d'estudis que corroboren els seus múltiples beneficis, com canvis de l'estructura i arquitectura muscular, adaptacions d'hipertròfia, guanys de força i potència, millores en l'esprint lineal, capacitat de salt i COD (Allen et al., 2023; Maroto-Izquierdo, García-López, Fernandez-Gonzalo, et al., 2017; Suarez-Arrones et al., 2018). En els últims anys, l'EI s'ha convertit en un mètode d'entrenament popular per desenvolupar la força per millorar les habilitats específiques de l'esport (Madruga-Parera et al., 2022). S'ha integrat en una gran varietat d'esports a causa de les millores neuromusculars, de força i de tasques específiques (de Keijzer et al., 2022; Raya-González, Castillo, et al., 2021). La seva eficàcia és expressada per una resistència acomodada i una òptima sobrecàrrega excèntrica individualitzada (Tesch et al., 2017).

Fa 30 anys es van crear els sistemes d'entrenament isoinercials, amb l'objectiu de contrarestar la pèrdua muscular dels astronautes en els vols espacials, aquests dispositius mitjançant un volant giratori provoquen una resistència a causa la inèrcia del disc (Berg & Tesch, 1994).

El funcionament dels sistemes isoinercials, el subjecte ha d'estirar, empènyer o enrotllar una corretja connectada a un eix fix que subjecta el(s) disc(s) del volant. La força aplicada desenrotlla una corretja connectada a l'eix del dispositiu, que comença a girar. Un cop efectuat tot el rang de moviment de la fase concèntrica, la corretja es rebobina i l'individu ha de resistir l'estirada del disc(s) del volant giratori realitzant una acció muscular excèntrica (Beato et al., 2024). Si l'execució es fa correctament, permet una major aplicació de força durant l'acció excèntrica (sobrecàrrega excèntrica) i una major activació muscular (Beato et al., 2024).

L'EI genera una combinació de fases concèntriques màximes repetitives, augmentant les demandes en la fase excèntrica dels moviments, podent millorar les adaptacions fisiològiques i mecàniques, beneficiant els esportistes (Beato et al., 2024). La força excèntrica és especialment necessària en esports que requereixen un COD on l'esportista ha de frenar i estabilitzar el seu cos en el menor temps possible, per després accelerar cap a una nova direcció (Chaabene et al., 2018). L'entrenament amb volant pot provocar una regulació preferent de l'activitat de les cèl·lules satèl·lit i les vies a les fibres músculs de contracció ràpida, augmentant la síntesi de proteïnes, estimulant la hipertròfia muscular (Beato & Dello Iacono, 2020). A més ajuden a optimitzar el cicle d'estirament i escurçament, a causa de la expressió més gran de força en la fase excèntrica, maximitzant el cicle d'estirament i escurçament, permeten una major producció de força durant la primera part de l'acció concèntrica i, per tant, major velocitat durant tot el moviment, és a dir un augment de la força (Maroto-Izquierdo, García-López, & de Paz, 2017). S'ha de contemplar que el cicle d'estirament i escurçament té una gran importància en una gran varietat de disciplines esportives, ja que ens permet emmagatzemar l'energia elàstica en el canvi de contracció muscular i permetre aplicar una major producció de força. Tot i que la fase excèntrica és sovint el centre de l'EI, no tots els exercicis, usuaris o càrregues d'entrenament aconseguen una sobrecàrrega excèntrica (Beato et al., 2024).

Així mateix, com a professionals de ciències de l'activitat física i l'esport, s'ha de considerar els avantatges i limitacions de la càrrega isoinerical.

A la taula 1 es mostren avantatges i inconvenients de l'entrenament amb volant (Beato & Dello Iacono, 2020).

AVANTATGES I INCONVENIENTS DE L'ENTRENAMENT AMB VOLANT	
AVANTATGES	INCONVENIENTS
Combinació de contracció concèntrica i sobrecàrrega excèntrica	Procés de familiarització requerit.
Gran producció de força i potència combinada amb una baixa despesa d'energia.	Manca de procediments estàndards per la prescripció i el seguiment de la càrrega de l'exercici.
Reclutament preferencial de la unitat motora d'alt umbral i major activitat cortical.	Evidència limitada per atletes d'esports d'elit.
Suport de l'evidència en exercicis de volant per objectius d'efecte de millorar de potenciació post-activació.	No hi ha una superioritat clara en comparació amb els mètodes tradicionals d'entrenament de força. Tant en efectes aguts com crònics.
Suport de l'evidència de l'entrenament en volant per millores en adaptacions cròniques en la força muscular, potència i hipertròfia.	Pocs assajos clínics aleatoritzats publicats.
Suport de l'evidència en l'entrenament de volant en la millora de qualitats atlètiques (salts, canvis de direcció i esprint).	Ús limitat en entorns clínics a causa de l'esforç concèntric màxim requerit per gener sobrecàrrega a més de la tècnica adequada per l'execució.

Taula 1. Avantatges i inconvenients de l'entrenament amb volant (Modificat de Beato & Dello Iaconi, 2020)

Una metaanàlisi recent sobre l'entrenament amb volant en les accions esportives, va informar que tant l'esprint com la CODA augmentaven després de protocols d'entrenament curts (5 a 10 setmanes) (Raya-González, Prat-Luri, et al., 2021). En un altre estudi actual es va analitzar els efectes d'un entrenament de força tradicional (càrrega gravitacional) envers un entrenament amb volant (càrrega isoinercial) en 36 jugadors de bàsquet masculins en 8 setmanes. Es va observar que l'entrenament amb càrrega isoinercial obtenia majors millores en el COD en comparació a la càrrega gravitacional (Stojanović et al., 2021).

1.6 Càrrega elàstica

La utilització de l'entrenament elàstic (EE) ha estat utilitzat principalment pels metges i fisioterapeutes per ajudar els pacients a recuperar la força després d'una lesió, tot i això, l'EE s'ha popularitzat als centres d'entrenament i sovint la prescriuen els entrenadors personals (McMaster et al., 2009). En l'àmbit del rendiment esportiu, els entrenadors de força i condicionament també han adoptat i adaptat l'EE per l'optimització del rendiment esportiu (McMaster et al., 2009).

Dins la càrrega elàstica trobem diferents tipus de bandes, gomes i tubs elàstics, cada un dels equipaments mencionats genera un tipus de resistència diferent, enfocant l'estudi en les gomes elàstiques "Power Bands" (PBS). Tot i això, tots els productes descrits són viscoelàstics i presenten propietats no lineals o viscoses en combinació amb propietats elàstiques lineals (McMaster et al., 2009). Les PBS depenent de la composició del producte afectarà les propietats físiques i mecàniques, com la rigidesa/"stiffness" (tensió/deformació), la densitat, el rendiment i la resistència a la tracció (McMaster et al., 2009). La principal diferència amb altres càrregues, és que no depèn dels efectes de la gravetat o a efectes propis de la inèrcia, a causa de la resistència d'elongació oferida pel material elàstic i no a la seva massa.

A la figura 2 es mostra les corbes de deformació (metres) de les PBS i la tensió (newtons) en 5 tipus diferents de PBS.

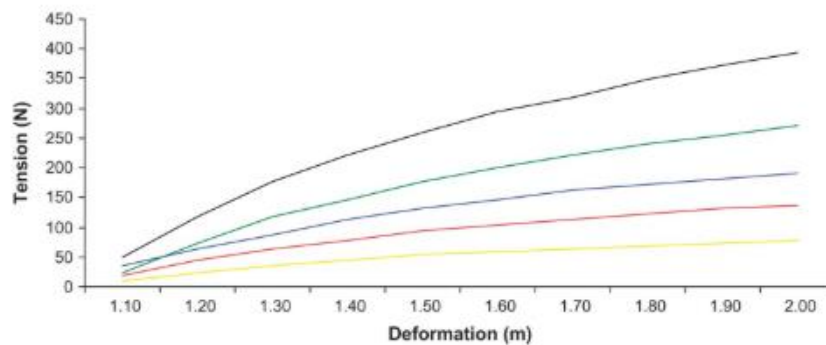


Figura 2. Tensió (newtons) i deformació (metres) de 5 PBS diferents (Extret de McMaster et al., 2009)

La càrrega elàstica proporciona una sobrecàrrega progressiva (càrrega exponencial) segura i eficaç, aplicable a esportistes de totes les edats, jugadors lesionats en períodes de readaptació i persones sedentàries de totes les edats (Aloui et al., 2019). L'ús de les PBS, la resistència varia a mesura que el material s'elonga i es deforma, augmentant de forma directa la quantitat de tensió, aquesta relació lineal pot existir en deformacions fins a un 300% depenent de la composició del producte (McMaster et al., 2009). La tensió de les PBS es pot augmentar escurçant la longitud de repòs o augmentant el nombre de PB (McMaster et al., 2009). Les PBS permeten una resistència variable en diferents plans (sagital, frontal i transversal) a diferència de càrregues dependents de la gravetat (càrregues gravitacionals), les quals ofereixen major quantitat de resistència en moviments en el pla frontal i sagital (McMaster et al., 2009).

En la figura 3, es mostra les diferències de resistències provocades per la càrrega elàstica (col·lineal al moviment) en comparació a la càrrega gravitacional (perpendicular al moviment).

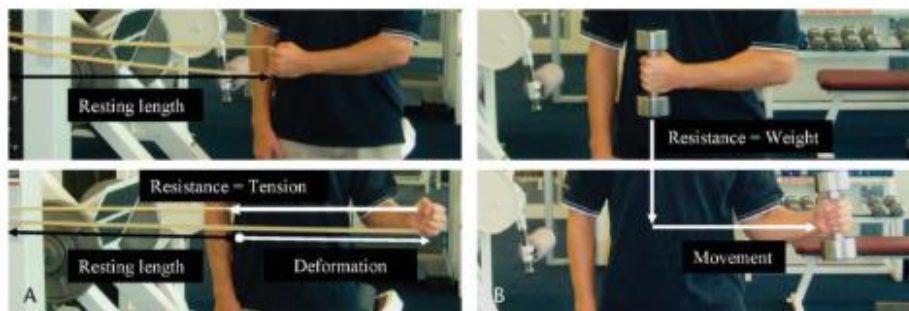


Figura 3. Diferències de resistències de la càrrega elàstica vs càrrega gravitacional (Extret de McMaster et al.,2009)

En l'estudi de Aloui i col·laboradors del 2019 es va avaluar els efectes d'un entrenament de PBS en el període competitiu en jugadors joves d'handbol masculí. On en 8 setmanes (2 sessions per setmana) el grup d'intervenció feia el programa i el grup, control continuava amb el seu entrenament. Van veure que en el grup d'intervenció va obtenir millores significatives en el rendiment muscular explosiu, COD i els canvis de direcció repetits. Suggestint que l'entrenament amb PBS pot ser una bona opció per la millora de la força explosiva i el COD en jugadors en edats joves d'handbol en el període competitiu (Aloui et al., 2019). En un altre estudi recent es va examinar els efectes de l'entrenament d'esprint repetit amb resistència elàstica progressiva en el rendiment d'esprint i la producció de força anterior-posterior en joves futbolistes d'elit. On es va mostrar que el grup d'intervenció envers el grup control va tenir millores significatives en el rendiment d'esprint i la producció de força anterior-posterior després de la intervenció amb resistència elàstica, on es componia de 10 sessions d'esprint resistit amb resistència elàstica durant 8 setmanes. Recomanant que l'entrenament d'esprint resistit amb resistència elàstica pot ser una bona opció per millorar la velocitat d'esprint com la força muscular en joves futbolistes (Le Scouarnec et al., 2022).

1.7 Buit de coneixement

Tot i saber que la càrrega elàstica és un mètode que millora la força muscular i la potència en les esportistes. Hi ha poca evidència científica que examina els efectes de la càrrega elàstica en la millora d'habilitats físiques crucials en els esports de situació com l'esprint, acceleració, desacceleració o COD.

A més els esports de situació són esports multidireccionals, amb implicació de vectors de força en diversos plans, fet que per la millora d'accions coordinatives i crucials dels esports de situació s'utilitza la càrrega isoinercial preferentment, en comparació a la gravitacional per la limitació de resistència en certs vectors. Però la càrrega elàstica no és dependent de la gravetat i permet aplicar resistències en diferents plans de moviment, fet que pot ser de gran utilització en la millora d'accions decisives com el COD, acceleracions o desacceleracions.

Les PBS en comparació a les politges còniques (CP) són molt més econòmiques i fàcils de transportar, a més els estudis existents de les PBS en comparació a les CP són molt limitats i enfocats en exercicis de poca especificitat en comparació a exercicis coordinatius. Per comprendre la limitació científica de les PBS en comparació a les CP, actualment no hi ha cap estudi que hagi monitoritzat les PBS en accions coordinatives dels esports de situació. En canvi, en les CP trobem una multitud d'estudis, els quals monitoritzen i avaluen la força o potència en les execucions.

Així mateix, el present estudi vol oferir una comparació justa de les dues càrregues d'entrenament en la VCOD en el bàsquet. A més d'oferir una alternativa a preparadors físics o clubs que no disposin de sistemes d'entrenament isoinercials o d'un gran pressupost econòmic, i fer ús de la càrrega elàstica per la seva accessibilitat per la millora de la VCOD.

2. HIPÒTESIS I OBJECTIUS

2.1 Hipòtesis

L'entrenament amb càrrega isoinercial provocarà millores més grans en el rendiment del VCOD en joves jugadors de bàsquet en comparació a l'entrenament mitjançant la càrrega elàstica.

2.2 Objectius

1. Observar les diferències d'un entrenament isoinercial envers un entrenament de càrrega elàstica en la VCOD en joves jugadors de bàsquet.
2. Establir una comparació justa entre els dos sistemes d'entrenament (isoinercial-elàstica) en el COD enfocat al bàsquet.
3. Proporcionar directrius i/o aplicacions pràctiques de fàcil implementació a preparadors físics per la millora del COD en joves jugadors de bàsquet.

3. METODOLOGIA

3.1 Disseny de l'estudi

L'estudi utilitzarà un disseny d'assaig clínic controlat i aleatoritzat, on els participants es dividiran en 3 grups, Grup Intervenció Isoinercial (GII), Grup Intervenció Elàstica (GIE) i Grup Control (GC). L'equip de l'estudi estarà format per 10 persones, 2 investigadors principals i 8 avaluadors/col·laboradors.

3.2 Participants

3.2.1 Detall de la mostra

Els participants seran jugadors de bàsquet masculins de 14 a 18 anys, independentment del nivell de categoria que disputin, complint els criteris d'inclusió i d'exclusió.

3.2.2 Criteris d'inclusió i d'exclusió

CRITERIS D'INCLUSIÓ	CRITERIS D'EXCLUSIÓ
<ul style="list-style-type: none">- Ser jugadors de bàsquet masculins amb una experiència mínima de 6 anys (Gonzalo-Skok et al., 2015).- Rang d'edat d'entre 14 a 18 anys.- Participar en una lliga competitiva/federada.- Realitzar de 2 a 3 sessions d'entrenament + 1 competició setmanal.- No tenir experiència prèvia en l'entrenament isoinercial- Estar lliure de qualsevol lesió o procés de readaptació esportiva.	<ul style="list-style-type: none">- Experiència prèvia amb l'entrenament isoinercial.- Tenir algun tipus de lesió o haver estat lesionat en els últims 3 mesos (Gonzalo-Skok et al., 2017).- Estar sota mediació per alguna malaltia crònica.- Prendre suplementos nutricionals que poden afectar el rendiment durant l'estudi.- Presentar una malaltia o contraindicació mèdica.- No haver realitzat el 80% de les sessions d'entrenament en finalitzar l'estudi.

Taula 2. Criteris d'inclusió i d'exclusió de l'estudi

3.2.3 Mida de la mostra i tècnica de mostreig

La mida de la mostra serà de 30 participants els quals seran voluntaris i hauran de complir amb les bases de l'estudi juntament amb els criteris d'inclusió i exclusió.

Per captar els participants, s'informarà de l'estudi als diferents clubs de la província de Girona que disposin de categories formatives de bàsquet de les següents categories independentment del nivell de categoria (preferent, territorial...):

- **U-14:** Infantil Masculí
- **U-16:** Cadet Masculí
- **U-18:** Júnior Masculí

Es promocionarà l'estudi a través de les xarxes socials o de forma presencial. Per apuntar-se a l'estudi els jugadors s'hauran d'apuntar a un Formulari de Google (Google Forms) dins del termini marcat. La tècnica de mostreig per l'elecció dels subjectes, serà un mètode probabilístic, concretament un mostreig aleatori simple. A partir de l'Excel cada individu que compleixi amb els criteris d'inclusió se li assignarà un número de l'1 al nombre màxim de candidatures rebudes de forma aleatòria. Seguidament, amb l'Excel es farà una assignació aleatòria dels 30 subjectes inclosos en l'estudi a partir del nombre assignat a cada individu.

3.2.4 Assignació grups

L'assignació dels 30 participants en un dels 3 grups de l'estudi, es realitzarà mitjançant un mètode aleatori, a partir d'una assignació aleatòria emparellada. Primer de tot s'agruparà els 30 subjectes segons l'edat cronològica, un cop feta la classificació, cada candidat se li assignarà un valor numèric de forma aleatòria i se'l designarà a un grup fins a satisfer el nombre de participants de cada grup de 10 participants, amb les mateixes característiques d'edat. El programa utilitzat per la classificació dels subjectes segons edat i l'assignació aleatòria emparellada serà l'Excel. L'objectiu de fer una assignació aleatòria emparellada a partir de l'edat dels subjectes, és la creació de 3 grups d'intervenció sense diferències significatives en l'edat les quals podrien afectar en els resultats i valoracions de l'estudi.

Divisió dels participants en els 3 grups:

1. **GII:** Realitzaran la intervenció utilitzant la càrrega isoinercial.
2. **GIE:** Realitzaran la intervenció utilitzant la càrrega elàstica.
3. **GC:** Sense intervenció/seguiran el seu entrenament habitual.

3.2.5 Comitè d'ètica

La investigació es durà a terme tenint en compte el comitè d'ètica de la investigació científica, fet que implica:

1. Ajustar-se a les recomanacions de la Declaració de Hèlsinki.
2. Se sol·licitarà l'avaluació per part del Comitè d'Ètica i Bioseguretat de Recerca de la UdG amb la finalitat de complir amb els criteris ètics, metodològics i legals.
3. Informar els participants i els tutors legals sobre les característiques de l'estudi, on si s'accepta participar en l'estudi hauran de firmar un consentiment, les dades dels participants com la identitat dels subjectes es mantindrà amb confidencialitat, tenint en compte la Llei Orgànica 15/1999, de 13 de desembre, de Protecció de Dades de Caràcter Personal.

3.3 Procediment

L'estudi constarà de 8 setmanes d'intervenció, on es dividiran els participants en 3 grups, (GII, GIE i GC). L'objectiu de l'estudi serà determinar quin dels dos sistemes d'entrenament obté les majors millores en la VCOD en jugadors de bàsquet en etapes formatives.

3.3.1 Variables de l'estudi

En l'actual estudi, es presentaran diferents variables:

- **Variables dependents:** VCOD.
- **Variables independents:** Intervenció mitjançant la càrrega isoinercial i intervenció mitjançant la càrrega elàstica.

3.3.2 Intervenció

L'estudi tindrà una duració de 8 setmanes en el període competitiu dels jugadors. Els subjectes executaran les tasques pròpies del seu grup corresponent 1h abans dels entrenaments dels seus respectius clubs, a més de les seves competicions setmanals. Les valoracions inicials (setmana 0) i finals (setmana 9) de l'estudi es realitzaran els dilluns (16:00-18:00). El protocol d'entrenament pel GII i GIE seran dues sessions a la setmana, el GII dimarts i dijous (17:00-18:00) i el GIE dimecres i divendres (17:00-18:00).

Convé destacar que les valoracions s'executaran en una pista interior de bàsquet i els protocols d'entrenament a una sala amb terra de cautxú, es comunicarà als jugadors de realitzar tant les valoracions i protocols d'entrenament amb les sabates de bàsquet.

3.3.2.1 Recollida de dades

Antropometria

Les dades antropomètriques que es prendran seran l'alçada (cm) i pes (kg). L'alçada es mesurarà amb els subjectes sense sabates i el cap col·locat en el pla de Frankfurt utilitzant un tallímetre portàtil (*Holtain Ltd., Crymych, Regne Unit*) amb una precisió de 0,1cm. El pes (kg) és mesurar fent servir una bàscula de bioimpedància (*Tanita BC-418MA, Tanita Corp., Tokio, Japó*) amb una precisió de 100g (Guimarães et al., 2021). Totes les mesures de cada variable antropomètrica es prendran dues vegades i es farà una tercera mesura si les dues primeres difereixen més de 0,4 cm per l'alçada i 200g pel pes (Mirwald et al., 2002). Un cop obtingut els resultats es farà una mitjana de les mesures per a cada dada antropomètrica.

3.3.2.2 Test de valoració

Previ i posterior al protocol d'entrenament de cada un dels grups, es realitzarà el V-Cut Test a l'interior d'una pista de bàsquet per avaluar la CODA. Els jugadors seran informats anteriorment de no prendre cap estimulants (ex: cafeïna), no menjar dins les 3 hores anteriors, mantenir els seus hàbits nutricionals els 2 dies anteriors a la prova i evitaran qualsevol exercici vigorós 48 hores abans de la prova (Gonzalo-Skok et al., 2015). Una setmana abans de l'inici de l'estudi, els participants faran una sessió de familiarització del test, per evitar qualsevol efecte d'aprenentatge. La sessió de familiarització es durà a terme en el mateix dia (dilluns) i hora (16:00-18:00), en les mateixes condicions ambientals i criteris que en la recollida de valoracions prèvia i posterior de la intervenció. Prèviament a l'execució del test, els subjectes realitzaran un escalfament general de 15 minuts, el qual consistirà en una carrera continua (5'), estiraments dinàmics de les extremitats inferiors (2'), acceleracions (4x20) i finalment 2 esforços submàxims i 1 esforç màxim del test (Gonzalo-Skok et al., 2015).

V-Cut Test: Basat en la proposta de l'estudi de Gonzalo-Skok i col·laboradors del 2015, els jugadors hauran de fer un circuit de 25m a màxima velocitat amb 4 CODS de 45°m cadascun cada 5m. Perquè la prova sigues vàlida els jugadors hauran de passar clarament la línia marcada a terra amb el peu corresponent de cada COD. La distància entre cada parell de cons serà de 0,7m. Es realitzaran 3 intents amb 3 minuts de descans entre ells, si l'intent es considera nul es permetrà un nou intent. La millor marca dels 3 intents serà escollida per l'anàlisi posterior. El temps del test serà analitzat mitjançant l'ús de fotocèl·lules (*Witty, Microgate, Bolzano, Itàlia*) col·locades a l'inici i final de la prova tal com es pot veure a la figura 4.

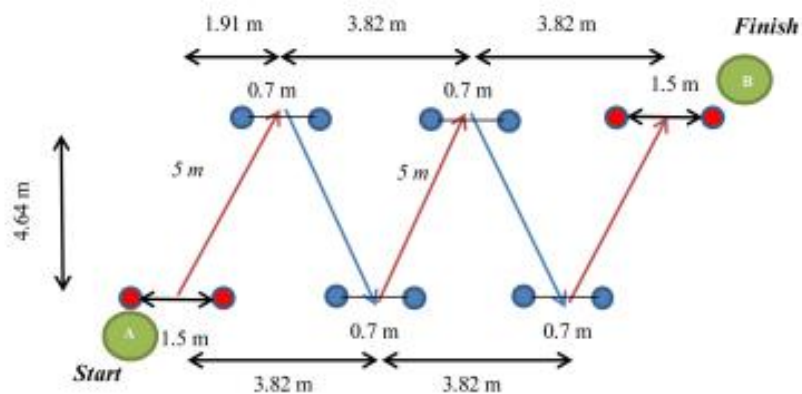


Figura 4. Representació gràfica del V-Cut Test (Extret de Gonzalo-Skok et al., 2015)

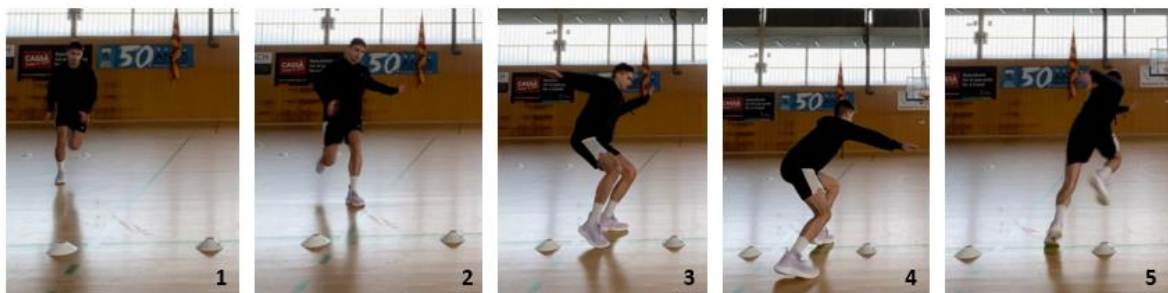


Figura 5. Seqüència del canvi de direcció de 45° del V-Cut Test

3.3.2.3 Protocol d'entrenament

Durant les 8 setmanes d'estudi el GII i el GIE, realitzaran els mateixos dos exercicis, la frenada lateral (FL) i la sortida creuada (SC). L'ordre dels exercicis en els dos grups, GII i GIE serà establert pels avaluadors de l'estudi, FL i seguidament SC. En els dos sistemes d'entrenament utilitzaran un cinturó de desplaçament (*Proinertial, Badalona, Espanya*) per l'execució de la FL i la SC. La setmana prèvia a l'estudi els jugadors faran 2 sessions de familiarització tant el grup GII com el GIE en els mateixos horaris que en la intervenció. Convé destacar que en cada execució dels exercicis (FL i SC) dels dos grups (GII i GIE) estarà supervisada per un avaluador, el qual donarà les diferents consignes i determinarà la validesa de la sèrie o execució, a més de controlar el monitoratge de la càrrega utilitzada.

Activació prèvia al protocol d'entrenament

En el GII i GIE es realitzarà un escalfament estandarditzat de 15 minuts, abans de l'execució dels exercicis, que consistirà en carrera continua a un ritme lleuger (5'), estiraments dinàmics (3') i treball de força de l'extremitat inferior amb el propi pes corporal (ex: squat, lunge...), en cada exercici es faran 3 sèries de 10-12 repeticions (5') (Madruga-Parera et al., 2022).

Grup Intervenció Isoinercial

El GII els exercicis de FL i la SC es realitzaran en CP (*Eccotek Training Force – CP, Byomedic System, Barcelona, Espanya*) tindrà un volant metàl·lic (diàmetre: 0,42 m) de fins a 16 masses/pesos (0,421 kg i 0,057 m de diàmetre cada un)(Madruga-Parera et al., 2021). El moment d'inèrcia utilitzat en tots els exercicis i sessions del GII serà de 0,18 kg·m². Els jugadors es col·locaran a 1m de distància de la CP mitjançant el cinturó de desplaçament a l'alçada del maluc per l'execució de la FL o SC. La sèrie executada es considerarà vàlida si el subjecte realitza el moviment amb la intenció màxima, si no es considerarà nul·la la sèrie i es repetirà.

La CP estarà monitoritzada amb un encoder rotatori en el seu eix (*Chonojump, Barcelona, Espanya*) i connectat a un ordinador mitjançant el software de Chronojump (*Chronojump Boscosystem*). A través de l'encoder rotatori s'obtidrà la força en newtons de cada repetició, on posteriorment s'utilitzaran les dades per ser avaluades.

S'animarà als jugadors a realitzar la fase concèntrica el més ràpid possible i en la fase excèntrica (acció de frenada) retardar l'acció fins a l'últim terç, a més de donar un estímul verbal a cada participant (Gonzalo-Skok et al., 2017).

La progressió de la càrrega i la configuració de la CP durant les setmanes serà la següent:

Setmana	1	2	3	4	5	6	7	8
Sèries	2xcama	2xcama	2xcama	2xcama	3xcama	3xcama	3xcama	3xcama
Repeticions	6	8	10	12	6	8	10	12
Descans entre sèries i exercicis	3'	3'	3'	3'	3'	3'	3'	3'
Pesos	6	6	6	6	6	6	6	6
Nivell	2	2	2	2	2	2	2	2
Moment d'inèrcia	0,18 kgxm2	0,18 kgxm2	0,18 kgxm2	0,18 kgxm2	0,18 kgxm2	0,18 kgxm2	0,18 kgxm2	0,18 kgxm2

Taula 3. Progressió GII

A la figura 6 es mostra l'execució de la FL a la CP.



Figura 6. Realització de la FL en la CP

A la figura 7 es mostra l'execució de la SC a la CP.



Figura 7. Realització de la SC en la CP

Grup Intervenció Elàstica

El GIE, els exercicis de FL i SC es realitzaran amb dues PBS unides entre si, per augmentar el rang de treball dels exercicis afectant el mínim al canvi de tensió entre la posició inicial i final. Les PBS (*Power Rubber Band – Mitjà, Elksport, Zaragoza, Espanya*) tindran una força màxima de 68,04 kg (34,02 kg, cada una) una amplada de 2,9 cm cada una, longitud de 204 cm (104 cm cada una) i una capacitat del 200% de deformació cada una.

Es designarà un recorregut de moviment limitat en cons, el qual serà el mateix en la FL i SC. El recorregut de moviment, s'atorgarà en referència a la prova pilot prèvia a la intervenció, destinada a l'avaluació del punt de màxima i mínima tensió de les PBS de cara a tenir una comparació més justa de sistemes d'entrenament. El punt mínim de tensió dels exercicis serà d'una distància de 2,40m amb una tensió de 30 kg i el 120% de deformatat de les PBS, el punt màxim de tensió en els exercicis serà d'una distància de 3,60m amb una tensió de 66 kg i el 180% de deformatat de les PBS, així mateix el rang de treball utilitzat i marcat amb cons serà de 1,20m.

Les PBS estaran monitoritzades a través d'una galga de força (*Chonojump, Barcelona, Spain*), i connectada a un ordinador mitjançant el software de Chonojump (*Chonojump Boscossystem*). Amb l'ús de la galga de força, s'obtindrà la força en newtons de cada repetició, on posteriorment s'utilitzaran les dades per ser avaluades.

En referència a la col·locació de les PBS i la monitorització, en un punt fixa de la sala d'entrenament es col·locarà un ancoratge mitjançant una cingla de niló (SUIFF, Barcelona, Espanya) per la col·locació de la galga de força i connectada a un ordinador mitjançant el software de Chronojump. Seguidament, s'uniran les dues PBS en un extrem a la galga de força i l'altre extrem al cinturó de desplaçament de l'individu executant. Convé destacar que en cada execució depenent de l'individu es podrà modificar lleugerament l'alçada de les PBS, amb l'objectiu de tenir les PBS a l'alçada del maluc. Els jugadors en l'inici de la FL es col·locaran en el punt de màxima tensió (3,60m) de les PBS i dins dels 1,20m de treball havien d'executar la FL. En canvi, en l'inici de la SC es col·locaran aproximadament a 2,60m amb una tensió de 40 kg dins dels 1,20m de treball.

A la figura 8, és mostra el muntatge del protocol entrenament del GIE, a la part A de la figura es mostra el muntatge de la galga de força en les PBS i en la part B el muntatge complet.

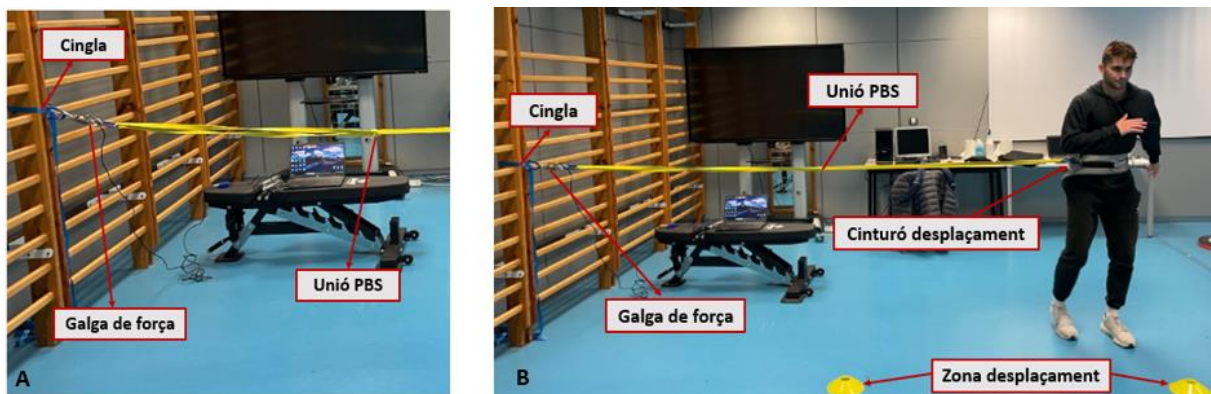


Figura 8. Muntatge protocol entrenament GIE

La sèrie executada es considerarà vàlida si el subjecte realitza el moviment amb la intenció màxima, si no es considerarà nul·la la sèrie i es repetirà. S'animarà als jugadors a executar els diferents exercicis amb el màxim esforç possible, a més de proporcionar als participants estímuls verbals i feedbacks coordinatius específics dels exercicis (Madruga-Parera et al., 2022).

La progressió de la càrrega i la configuració de les PBS durant les setmanes serà la següent:

Setmana	1	2	3	4	5	6	7	8
Sèries	2xcama	2xcama	2xcama	2xcama	3xcama	3xcama	3xcama	3xcama
Repeticions	6	8	10	12	6	8	10	12
Descans entre sèries i exercicis	3'	3'	3'	3'	3'	3'	3'	3'
Duresa màxima de les PBS	68,04kg	68,04kg	68,04kg	68,04kg	68,04kg	68,04kg	68,04kg	68,04kg
Rang de treball	1,20m	1,20m	1,20m	1,20m	1,20m	1,20m	1,20m	1,20m
Màxima tensió	66kg	66kg	66kg	66kg	66kg	66kg	66kg	66kg
Mínima tensió	30kg	30kg	30kg	30kg	30kg	30kg	30kg	30kg

Taula 4. Progressió GIE

En la figura 9, s'observa l'execució de la FL a les PBS.

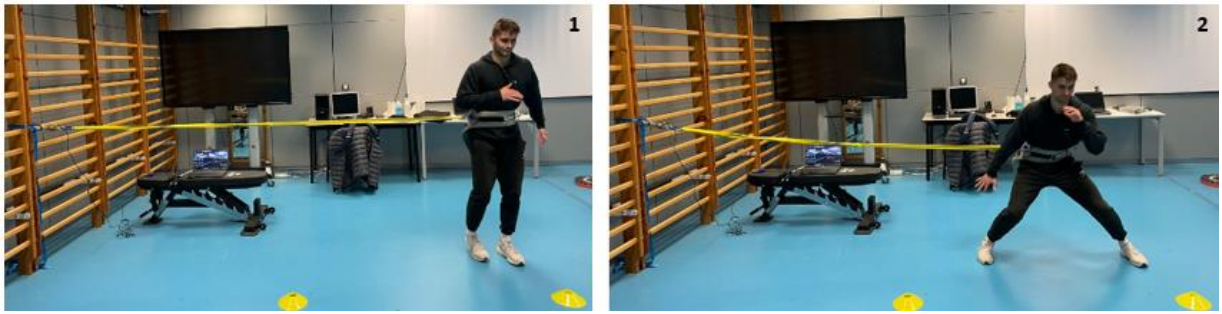


Figura 9. Realització de la FL en les PBS

En la figura 10, s'observa l'execució de la SC a les PBS.



Figura 10. Realització de la SC en les PBS

Grup Control

El GC participarà en la recollida de dades de l'estudi (antropometria), seguidament faran el test de valoració (V-Cut Test) previ i posterior igual que el GII i GIE, amb la consigna que el GC no realitzarà un protocol d'entrenament específic sinó que continuaran amb els seus entrenaments habituals dels seus respectius clubs (sessions tècniques-tàctiques, físiques i competició setmanal).

Calendari Sessions

A la taula 5 es mostra les sessions i tasques executades pels diferents grups en el transcurs de l'estudi.

SETMANA	HORARIS I GRUPS	TASQUES
Setmana prèvia estudi	Dilluns (16:00-18:00) GII,GIE i GC GII: Dimarts i Dijous (17:00-18:00) GIE: Dimecres i Divendres (17:00-18:00)	Familiarització del V-Cut Test Familiarització del protocol d'entrenament
Setmana 0	Dilluns (16:00-18:00) GII,GIE i GC	Recollida de dades (Antropometria) Valoracions inicials (V-Cut Test)
Setmana 1 a 8	GII: Dimarts i Dijous (17:00-18:00) GIE: Dimecres i Divendres (17:00-18:00)	Protocol d'entrenament
Setmana 9	Dilluns (16:00-18:00) GII,GIE i GC	Valoracions finals (V-Cut Test)

Taula 5. Calendari sessions segons protocol o intervenció

Prova pilot a la intervenció

Com s'ha mencionat anteriorment, previ a l'estudi es durà a terme una prova pilot amb les PBS per avaluar la seva capacitat de tensió (kg) i deformació, per posteriorment aplicar els conceptes en la distància de treball (m) i tensió (kg) utilitzada en l'execució dels exercicis (FL i SC).

Es farà servir de referència l'estudi de Mc Master i col·laboradors del 2010, on l'estudi analitza la resistència generada per les PBS de diferent amplada en la seva capacitat de deformació. En l'estudi, a través d'una galga de força i la PB col·locada en una superfície fixa s'avalua la seva la tensió generada (kg) en cada percentatge de deformació de la PB (McMaster et al., 2010). La PB emparada en l'estudi, utilitza els valors de tensió (kg) i deformitat (cm) que la PB blava de Mc Master i col·laboradors del 2010.

A la figura 11, s'observa les diferents PBS i els seus valors de tensió (kg) i deformitat (cm) (McMaster et al., 2010).

Yellow (14 mm)		Red (22 mm)		Blue (32 mm)		Green (48 mm)		Black (67 mm)	
Tension (kg)	Def. (cm)	Tension (kg)	Def. (cm)	Tension (kg)	Def. (cm)	Tension (kg)	Def. (cm)	Tension (kg)	Def. (cm)
2.6	110	4.6	110	8.5	110	6.8	110	15.4	110
5.7	120	9.6	120	14.8	120	16.5	120	29.1	120
8.1	130	13.3	130	19.5	130	24.0	130	40.0	130
9.8	140	16.6	140	23.9	140	30.0	140	49.3	140
11.5	150	19.2	150	27.3	150	49.3	150	57.2	150

*Def. = deformation.

Figura 11. Diferents PBS amb la tensió (kg) i deformitat (cm) (Extret de Mc Master et al., 2010)

3.4 Anàlisi de dades

Les dades seran presentades amb mitjanes \pm DE. L'anàlisi realitzarà utilitzant SPSS v.23.0.0.0 (IBM, Armonk, NY, Estats Units). Abans de l'anàlisi es verificarà la distribució normal de les dades amb la prova Shapiro-Wilk per mostres menors a 30 participants i es comprovarà l'esfericitat de les dades mitjançant la prova de Levene. Posteriorment, es realitzarà un ANOVA (3x2) de mesures repetides per comparar els efectes dels dos protocols d'entrenament sobre la variable dependent. Per valorar la magnitud dels canvis s'utilitzarà el % de canvi respecte al valor basal. La significança estadística s'establirà a $p < 0,05$.

4. RESULTATS ESPERATS

Un cop finalitzada la intervenció s'analitzaran només els jugadors que hagin realitzat el 80% de les sessions d'entrenaments i no haver patit cap lesió en el transcurs de la intervenció.

Referent a les valoracions i els protocols d'entrenament, en el V-Cut Test previ i posterior a la intervenció, s'esperen millores similars però lleugerament superiors en el GII que el GIE i les menors millores en el GC. Agafant de referència l'estudi de Madruga-Parera i col·laboradors del 2022, van avaluar els efectes de l'EI i el gravitacional (resistència amb cables) durant 8 setmanes en joves jugadors d'handbol. Observant millores similars en el V-Cut Test, però l'EI obtenia majors millores en la CODA, fet que podria explicar uns resultats similars en el GII i GIE, però lleugerament superiors en el GII en la valoració final del test del present estudi per la importància que té la CODA en el V-Cut Test. Tot i això, hi haurà diferències significatives i de gran magnitud entre GC i GIE per la manca d'especificitat en l'entrenament. La màxima producció de força en la FL i SC es preveu que sigui més gran per la càrrega isoinercial a causa de la capacitat de producció de força màxima en cada repetició, l'adaptabilitat de la resistència segons la força aplicada pel subjecte i una resistència constant en la fase excèntrica com concèntrica. En canvi, la càrrega elàstica, la resistència és progressiva depenent dels graus de deformitat de la PB, on depenent de la fase de l'exercici (excèntrica o concèntrica) i recorregut hi haurà més tensió (deformació), variant suaument la resistència. Tot i això, els valors de força aplicats en la FL i SC en els dos sistemes de treball (isoinercial i elàstica) no diferiran per una gran diferència. Per reforçar aquestes hipòtesis l'estudi de Stojanović i col·laboradors del 2021 en jugadors de bàsquet van observar millores lleugerament superiors en l'EI envers l'entrenament gravitacional, però no es van utilitzar exercicis coordinatius.

Els resultats es preveu que suggereixin que la càrrega isoinercial és un gran mètode per la millor de la VCOD en joves jugadors de bàsquet envers la càrrega elàstica. Però si no es té accés en aquest sistema de treball, l'ús de PBS pot ser una bona opció per obtenir resultats beneficiosos en la VCOD mitjançant exercicis específics d'aquesta habilitat en joves jugadors de bàsquet.

5. CRONOGRAMA

A la figura 12 es detallen les diferents fases de l'estudi.

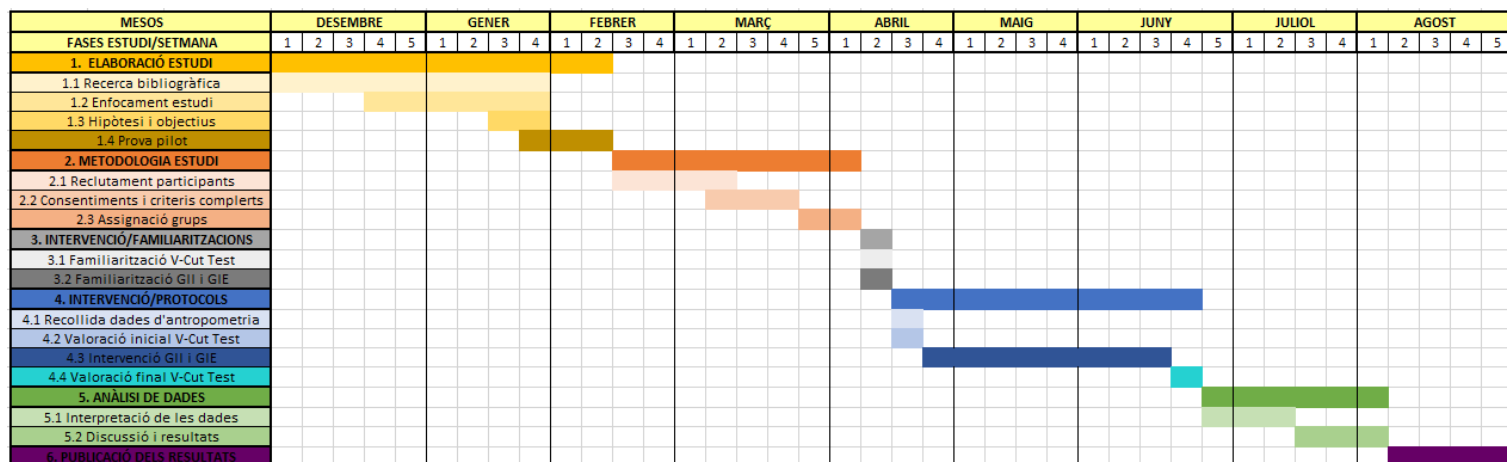


Figura 12. Cronograma de l'estudi

6. PRESSUPOST

A continuació es detallen les despeses econòmiques que suposarà l'estudi, les despeses s'han dividit en béns materials i recursos humans. Convé destacar que en els béns materials l'encoder rotatori en les CP ja ve inclòs dins del preu unitari.

BÉNS MATERIALS			
ÍTEM	PREU UNITARI	QUANTITAT	PREU TOTAL
<i>Tallímetre portàtil Holtain Ltd</i>	2.638€	2	5.276€
<i>Bàscula bioimpedància Tanita BC-418MA</i>	3.374,87€	2	6.749,74€
<i>Cons Elksport</i>	0,40€	44	12,8€
<i>Fotocèl·lules Witty - Microgate</i>	2.183,80€	4	8.731,2€
<i>Cinturó desplaçament Proinertial</i>	142€	10	1.420€
<i>Eccotek Training Force – CP Byomedic System</i>	2.238,50€	10	22.385€
<i>Galga de força Chronojump</i>	249,76€	10	2.497,6
<i>Power Rubber Band – Mitjà Elksport</i>	11,49€	20	229,8€
<i>Cingla niló SUIFF</i>	7,90€	10	79€
<i>Mosquetó SUIFF</i>	7,90€	30	237€
<i>Ordinador HP 250 G10</i>	870,11€	10	8.701,1€
PREU TOTAL			56.319,24€

Taula 6. Pressupost dels béns materials de l'estudi

RECURSOS HUMANS				
ÍTEM	SETMANES	PREU×HORA	NOMBRE	TOTAL
<i>Investigador principal</i>	37	15€×10h	2	11.100€
<i>Col·laborador</i>	26	11€×6h	10	17.160€
PREU TOTAL				28.260€

Taula 7. Pressupost dels recursos humans de l'estudi

PRESSUPOST FINAL ESTUDI	
ÍTEM	PREU
<i>Béns materials</i>	56.319,24€
<i>Recursos humans</i>	28.260€
TOTAL	84.579,24€

Taula 8. Pressupost final de l'estudi

El pressupost total de l'estudi és de 84.579,24€, s'ha de tenir en compte que sent una proposta d'intervenció s'ha anat a l'alça on si és podes portar a la realitat s'ajustaria el pressupost al material i recursos disponibles. A més que es buscaria que els col·laboradors de l'estudi fossin estudiant en pràctiques, i l'obtenció d'alguna beca per reduir les despeses de material i el salari dels investigadors principals.

7. AGRAÏMENTS

El present estudi no hauria estat possible sense el suport i col·laboració de diverses persones, a les quals desitjo expressar el meu sincer agraïment.

Primer de tot, vull donar les gràcies al meu tutor de TFG, Sergi Nuell, per la seva orientació, suport i dedicació al llarg de tota l'elaboració del projecte. Ha estat tot un privilegi haver tingut l'oportunitat d'aprendre sota la seva tutela, i em sento profundament agraït per la seva influència positiva en el meu desenvolupament acadèmic i professional, infinites gràcies per tot Sergi.

També vull expressar el meu agraïment al professor, Edu García, per ensenyar-me la riquesa i complexitat de l'entrenament dels esports de situació a través de la seva passió per la matèria. Les seves lliçons i la seva disposició als meus dubtes han estat fonamentals pel meu aprenentatge i creixement personal, moltíssimes gràcies Edu.

Finalment, vull estendre el meu agraïment a la meua família i amics, en especial a la meua mare i el meu germà pel suport i en Manel Bosch per l'ajuda en les imatges del treball.

8. BIBLIOGRAFIA

Allen, W. J. C., De Keijzer, K. L., Raya-González, J., Castillo, D., Coratella, G., & Beato, M. (2023). Chronic effects of flywheel training on physical capacities in soccer players: A systematic review. *Research in Sports Medicine (Print)*, 31(3), 228-248. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1958813>

Aloui, G., Hammami, M., Fathloun, M., Hermassi, S., Gaamouri, N., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of an 8-Week In-Season Elastic Band Training Program on Explosive Muscle Performance, Change of Direction, and Repeated Changes of Direction in the Lower Limbs of Junior Male Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 1804-1815. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002786>

Beato, M., de Keijzer, K. L., Muñoz-Lopez, A., Raya-González, J., Pozzo, M., Alkner, B. A., Dello Iacono, A., Vicens-Bordas, J., Coratella, G., Maroto-Izquierdo, S., Gonzalo-Skok, O., McErlain-Naylor, S. A., Martin-Rivera, F., Hernandez-Davo, J. L., Arrones, L. S., Sabido, R., de Hoyo, M., Fernandez-Gonzalo, R., & Norrbrand, L. (2024). Current Guidelines for the Implementation of Flywheel Resistance Training Technology in Sports: A Consensus Statement. *Sports Medicine*, 54(3), 541-556. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01979-x>

Beato, M., & Dello Iacono, A. (2020). Implementing Flywheel (Isoinertial) Exercise in Strength Training: Current Evidence, Practical Recommendations, and Future Directions. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00569>

Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69-75; discussion 75. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.032318>

Benjaminse, A., Lemmink, K. A. P. M., Diercks, R. L., & Otten, B. (2010). An investigation of motor learning during side-step cutting: Design of a randomised controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11, 235. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-235>

Berg, H. E., & Tesch, A. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 65(8), 752-756.

Brini, S., Ben Abderrahman, A., Boullosa, D., Hackney, A. C., Zagatto, A. M., Castagna, C., Bouassida, A., Granacher, U., & Zouhal, H. (2020). Effects of a 12-Week Change-of-Direction Sprints Training Program on Selected Physical and Physiological Parameters in Professional Basketball Male Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218214>

Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: A review of resistance training studies. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(12), 1045-1063. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00007>

Chaabene, H., Prieske, O., Negra, Y., & Granacher, U. (2018). Change of Direction Speed: Toward a Strength Training Approach with Accentuated Eccentric Muscle Actions. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(8), 1773-1779. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0907-3>

Colby, S., Francisco, A., Yu, B., Kirkendall, D., Finch, M., & Garrett, W. (2000). Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers. Implications for anterior cruciate ligament injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(2), 234-240. <https://doi.org/10.1177/03635465000280021501>

Dayakidis, M. K., & Boudolos, K. (2006). Ground reaction force data in functional ankle instability during two cutting movements. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 21(4), 405-411. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.11.010>

de Keijzer, K. L., Gonzalez, J. R., & Beato, M. (2022). The effect of flywheel training on strength and physical capacities in sporting and healthy populations: An umbrella review. *PloS One*, 17(2), e0264375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264375>

Dempsey, A. R., Lloyd, D. G., Elliott, B. C., Steele, J. R., & Munro, B. J. (2009). Changing sidestep cutting technique reduces knee valgus loading. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(11), 2194-2200. <https://doi.org/10.1177/0363546509334373>

Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2019). Role of the Penultimate Foot Contact During Change of Direction: Implications on Performance and Risk of Injury. *Strength & Conditioning Journal*, 41(1), 87. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000395>

Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Validity of the V-cut Test for Young Basketball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11), 893-899. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554635>

Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., Moras, G., & Mendez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), 951-958. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0251>

Guimarães, E., Maia, J. A. R., Williams, M., Sousa, F., Santos, E., Tavares, F., Janeira, M. A., & Baxter-Jones, A. D. G. (2021). Muscular Strength Spurts in Adolescent Male Basketball Players: The INEX Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 776. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020776>

Keiner, M., Kapsecker, A., Stefer, T., Kadlubowski, B., & Wirth, K. (2021). Differences in Squat Jump, Linear Sprint, and Change-of-Direction Performance among Youth Soccer Players According to Competitive Level. *Sports (Basel, Switzerland)*, 9(11), 149. <https://doi.org/10.3390/sports9110149>

Le Scouarnec, J., Samozino, P., Andrieu, B., Thubin, T., Morin, J.-B., & Favier, F. B. (2022). Effects of Repeated Sprint Training With Progressive Elastic Resistance on Sprint Performance and Anterior-Posterior Force Production in Elite Young Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(6), 1675-1681. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004242>

Madruga-Parera, M., Bishop, C., Beato, M., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Gonzalo-Skok, O., & Romero-Rodríguez, D. (2021). Relationship Between Interlimb Asymmetries and Speed and Change of Direction Speed in Youth Handball Players. *Journal of Strength and*

Conditioning Research, 35(12), 3482-3490.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003328>

Madruga-Parera, M., Bishop, C., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Beato, M., Gonzalo-Skok, O., & Romero-Rodríguez, D. (2022). Effects of 8 Weeks of Isoinertial vs. Cable-Resistance Training on Motor Skills Performance and Interlimb Asymmetries. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(5), 1200-1208.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003594>

Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & de Paz, J. A. (2017). Functional and Muscle-Size Effects of Flywheel Resistance Training with Eccentric-Overload in Professional Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 60, 133-143.
<https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0096>

Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10), 943-951.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.03.004>

McMaster, D. T., Cronin, J., & McGuigan, M. (2009). Forms of Variable Resistance Training. *Strength & Conditioning Journal*, 31(1), 50.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318195ad32>

McMaster, D. T., Cronin, J., & McGuigan, M. R. (2010). Quantification of rubber and chain-based resistance modes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2056-2064. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181dc4200>

Mirwald, R. L., G. Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 689.

Morral-Yepes, M., Gonzalo-Skok, O., Dos Santos, T., & Moras Feliu, G. (2023). Are change of direction speed and agility different abilities from time and coordinative perspectives? *PloS One*, 18(12), e0295405.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295405>

Morral-Yepes, M., Moras, G., Bishop, C., & Gonzalo-Skok, O. (2022). Assessing the Reliability and Validity of Agility Testing in Team Sports: A Systematic Review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(7), 2035. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003753>

Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T., & Lockie, R. G. (2016). Change of Direction Deficit: A More Isolated Measure of Change of Direction Performance Than Total 505 Time. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(11), 3024. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001421>

Pardos-Mainer, E., Lozano, D., Torrontegui-Duarte, M., Cartón-Llorente, A., & Roso-Moliner, A. (2021). Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 401. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020401>

Pojkic, H., Åslin, E., Krolo, A., Jukic, I., Uljevic, O., Spasic, M., & Sekulic, D. (2018). Importance of Reactive Agility and Change of Direction Speed in Differentiating Performance Levels in Junior Soccer Players: Reliability and Validity of Newly Developed Soccer-Specific Tests. *Frontiers in Physiology*, 9, 506. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00506>

Raya-González, J., Castillo, D., & Beato, M. (2021). The Flywheel Paradigm in Team Sports: A Soccer Approach. *Strength & Conditioning Journal*, 43(1), 12. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000561>

Raya-González, J., Prat-Luri, A., López-Valenciano, A., Sabido, R., & Hernández-Davó, J. L. (2021). Effects of Flywheel Resistance Training on Sport Actions. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Human Kinetics*, 77, 191-204. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0020>

Scanlan, A., Humphries, B., Tucker, P. S., & Dalbo, V. (2014). The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 32(4), 367-374. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.825730>

- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Sisic, N., Jelacic, M., Pehar, M., Spasic, M., & Sekulic, D. (2016). Agility performance in high-level junior basketball players: The predictive value of anthropometrics and power qualities. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(7-8), 884-893.
- Stojanović, M. D. M., Mikić, M., Drid, P., Calleja-González, J., Maksimović, N., Belegišanin, B., & Sekulović, V. (2021). Greater Power but Not Strength Gains Using Flywheel Versus Equivolumed Traditional Strength Training in Junior Basketball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1181. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031181>
- Suarez-Arrones, L., Saez de Villarreal, E., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., Maldonado, R. A., Torreno, N., & Mendez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PLoS One*, 13(10), e0205332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332>
- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A., & Marmon, A. R. (2017). Activity Demands During Multi-Directional Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(12), 2533-2551. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0772-5>
- Tesch, P. A., Fernandez-Gonzalo, R., & Lundberg, T. R. (2017). Clinical Applications of Iso-Inertial, Eccentric-Overload (YoYo™) Resistance Exercise. *Frontiers in Physiology*, 8, 241. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00241>
- Young, W., Dos'Santos, T., Harper, D., Jefferys, I., & Talpey, S. (2022). Agility in Invasion Sports: Position Stand of the IUSCA. *International Journal of Strength and Conditioning*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.47206/ijsc.v2i1.126>
- Young, W., Rayner, R., & Talpey, S. (2021). It's Time to Change Direction on Agility Research: A Call to Action. *Sports Medicine - Open*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00304-y>