

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 de velocitat i agilitat de vuit setmanes sobre l'edat madurativa

DANIEL RAMIREZ DE ARELLANO PROUS

Curs acadèmic: 2022-2023

Tutor/a de l'EUSES: PAU CAMPOS SUÑEN

Data d'entrega: 02/06/2023

Índex

Resum i paraules clau.....	2
Cos del treball.....	3
Introducció.....	3
Marc teòric.....	4
Mètodes.....	9
Disseny de l'estudi.....	9
Participants.....	9
Procediments.....	10
Recollida de dades.....	10
Proves pre-programa d'entrenament.....	11
Justificació dels tests.....	12
Proposta de programa d'entrenament.....	13
Proves post-programa d'entrenament.....	17
Anàlisi estadístic.....	17
Resultats.....	18
Discussió.....	25
Conclusions.....	31
Agraïments.....	32
Bibliografia.....	33
Annexos.....	42

Efectes d'un entrenament de velocitat i agilitat de vuit setmanes sobre l'edat madurativa.

RESUM

L'edat madurativa no és un concepte amb el que normalment treballen els professionals de l'activitat física i l'esport. No obstant ens pot donar gran informació de com planificar el desenvolupament físic i motor durant la infància i l'adolescència.

L'objectiu de l'estudi era conèixer els efectes en el rendiment de tres grups de jugadors d'handbol en diferent edat madurativa respecte un entrenament de velocitat i agilitat, buscant evidenciar com els jugadors amb una estimació del PHV precoç (early) tenien nivells de rendiment significativament superiors als grups mitjans (average) i tardans (late).

Un total de trenta jugadors van participar-hi, dels quals finalment vint-i-quatre van ser recollides les pertinents dades pels anàlisis estadístics. Es va realitzar un Student t-test de dades aparellades abans d'analitzar els efectes entre grups maduratius amb un ANOVA d'una via.

Els resultats, que van assenyalar que es van produir canvis en quatre de les sis variables estudiades en el test-retest ($p < 0.01-0.03$; $ES = 0.48-1.27$), no van reportar les diferències esperades entre els grups maduratius ($p = 0.07-1.00$).

Tot i els resultats, a causa de diferents factors metodològics i biomecànics com a possible explicació, i degut al escàs però creixent interès científic, es recomana augmentar la investigació entorn a l'aplicació de programes d'entrenament en general, tenint una major cura en els procediments i reduint el risc de biaix.

Paraules clau: “canvi de direcció (CoD)”; “esprint”; “salt vertical”; “peak height velocity (PHV)”; “adolescència”.

INTRODUCCIÓ

La vocació per l'aprenentatge i l'ensenyament amb i pels nens ha anat apareixent a mesura que compaginava la carrera en CAFE amb l'inici del desenvolupament de funcions de primer entrenador en categories inferiors de clubs d'handbol. A més, és una vocació que es renova instintivament i s'obre a diferents camps relacionats amb les variables desenvolupament i rendiment del jugador, que al meu parer, són sinèrgiques, o si més no, van de la mà. És evident que en el curs de la vida s'ha de produir un desenvolupament i augment en el conjunt del cos i les seves estructures. Per exemple, podem tenir en compte diferents branques que componen el desenvolupament de l'ésser humà com la fisiologia, la nutrició, la psicologia, i d'altres, que influeixen directa o indirectament en el seu rendiment en diferents àmbits, no només en l'esport.

Per a mi, l'handbol ha estat el meu motor en el desenvolupament esportiu en tots els sentits, acompanyant-me en tots els passos que he fet fins arribar a aquest escrit. Ha sigut l'únic esport que he practicat com a jugador federat des dels onze anys. Fins a dia d'avui, aquest esport m'ha obert les portes per gaudir-lo des de totes les perspectives possibles: com a aficionat, àrbitre, entrenador i jugador. Ara, ja des d'un plànol més laboral, la meua il·lusió és endinsar-me en tot el que envolta el jugador dins i fora de la pista, i preparar-lo per competir en la millor forma física, respectant inclús els períodes de creixement en els adolescents i pre-adolescents.

Conèixer més en profunditat, i de primera mà, com poden reaccionar els nens en període maduratiu o proper a aquest a certs estímuls dissenyats en el marc d'un programa de freqüència setmanal, és una oportunitat d'aprendre com influeix el procés maduratiu en la millora de les capacitats físiques. A més, em permet fer-me una idea de quines són les característiques físiques a petita escala d'un grup en una franja d'edat, en aquest cas d'inici d'especialització en l'handbol.

MARC TEÒRIC

L'adolescència es un període d'obligat compliment per a qualsevol ésser humà. La maduració biològica es presenta de manera inevitable durant aquesta etapa i varia en funció de l'individu. Actualment, l'adolescència (no només en quant a la maduració biològica) es diu que pot tenir una nova definició i moure's dels tradicionals 10 a 19 anys a passar a la franja dels 10 als 24 anys (Sawyer et al., 2018).

En l'àmbit de l'activitat física i l'esport, els canvis fisiològics i morfològics que es produeixen en el cos, a més dels psicològics i socials (Norris et al., 1992), són de gran importància en el desenvolupament i consolidació de les habilitats motrius bàsiques i específiques, respectivament (Bergeron et al., 2015; Ford et al., 2011; Lloyd & Oliver, 2012). A més, inclús, el gest esportiu també se'n podria aprofitar d'aquesta adaptació, afavorint així un major potencial rendiment.

En diversos esports, una major alçada i massa muscular, així com alguns paràmetres fisiològics d'interès, poden oferir un avantatge substancial respecte a companys i/o rivals (Cripps et al., 2016).

Considerant el rendiment derivat dels processos maduratius, en esports d'equip de gran superfície com el futbol (Cripps et al., 2016) i el rugby (Till et al., 2013) s'han trobat forts indicis que els esportistes de maduració precoç o primerenca presenten majors nivells en les capacitats físiques principals. En aquest sentit, això tindria lògica si tenim en compte que aquells qui maduren abans, presentaran uns canvis morfològics (Malina et al., 2015) i fisiològics (Bergeron et al., 2015) que els diferencien d'altres companys que encara no han iniciat l'estirada (*growth spurt*) cap al PHV (pic màxim de creixement en alçada, per la seva traducció en anglès: *Peak Height Velocity*). Tanmateix, en contraposició al comentat anteriorment, els jugadors de maduració més tardana podrien mostrar una major progressió tant en variables antropomètriques, com físiques (Till et al., 2013; Fonseca et al., 2019). A considerar, però, pot ser destacable la preferència en decantar-se per un mètode d'avaluació en grups d'edat reduït (d'un a dos anys d'edat cronològica) i d'un mateix sexe (Malina et al., 2021).

En esports de pista com el bàsquet, Arede et al., (2021) afirmen que els esportistes amb major precocitat madurativa poden tenir major rendiment en valors de potència en extremitats inferiors, velocitat i agilitat. També en l'handbol, de més interès pel present treball, s'han trobat evidències de major força i velocitat en els esportistes amb una edat madurativa més avançada (Matthys et al., 2012). Aquests esports, marcadament de contacte, reben gran importància per la influència de les dimensions corporals en accions específiques que poden decidir l'esdevenir dels partits. En són exemple els llançaments o les penetracions amb oposició, entre d'altres.

D'altra banda, menys habitual (o si més no difícil d'explicar), és la relació entre l'estat de maduració i el rendiment en les habilitats específiques de l'esport (Figueiredo et al., 2009; Coelho-e-Silva et al., 2008; Torres-Unda et al., 2013). Sembla que una major composició corporal no influencia en gran mesura en la capacitat per reproduir aquestes habilitats com ho podrien fer altres factors, citant per exemple el control neural del moviment i les habilitats perceptiu-cognitives (Malina et al., 2005; Coelho-e-Silva et al., 2008). En la mateixa línia, hi han afirmacions semblants en un estudi amb jugadors de bàsquet de 12 a 14 anys (Coelho-e-Silva et al., 2010) on els nens més alts no semblen tenir un major rendiment en habilitats específiques de l'esport.

Si ens endinsem al voltant de l'objecte d'estudi d'aquest treball, l'handbol és un esport que destaca pel seu desplegament físic i per la seva naturalesa de contacte (com s'ha fet menció anteriorment) on hi ha combinació de diferents accions específiques de l'esport com diferents salts, canvis de direcció (CoD: *Change of Direction*), fintes, etc. El valor que reporten aquestes accions d'alta intensitat tan recurrents, i el contacte, afegit també als factors externs i mentals, pot condicionar el desenvolupament de les capacitats físiques i cognitives necessàries dins l'handbol (Wagner et al., 2014). En l'actualitat hi ha poca evidència relacionada amb l'evolució i avaluació longitudinal de les condicions físiques més interessants d'aquest esport (Lidor et al., 2005; Matthys et al., 2012; Matthys et al., 2013); inclús la primera de les recentment citades pren una direcció més enfocada a la detecció de talents. Tot i això, sembla ser, tal i com s'ha comentat amb anterioritat, que serien la força i la velocitat les principals

manifestacions en augmentar les seves prestacions, degut especialment als canvis corporals (Matthys et al., 2012).

En un esport com l'handbol en el que les dimensions del terreny de joc afavoreixen un gran nombre d'accions d'alta intensitat (Póvoas et al., 2017; Karcher & Buchheit, 2014) amb múltiples situacions de presa de decisions, l'agilitat, definida com la capacitat per accelerar, desaccelerar i canviar de direcció amb gran rapidesa (Bompa & Buzzichelli, 2019) a diferents estímuls (Sheppard et al., 2006), i la velocitat i les seves manifestacions (pures i complexes: poca i major participació de la força-resistència, respectivament) i característiques parcials (d'actuació, de decisió, de reacció, etc.) són primordials en tant que particular com col·lectivament per a la suma de l'equip (Weineck, 2005). També en referència a l'agilitat, actualment, autors remarquen la diferència entre l'agilitat pre-fixada, definida com a accions a alta intensitat amb CoDs, i l'agilitat reactiva, amb CoDs que responen a un estímulo (Brughelli et al., 2008; Andrašić et al., 2021).

En rangs d'edat dels 5 als 8, i dels 12 als 14 anys aproximadament (Virus et al., 1999), es produeixen els dos períodes de major ràpid desenvolupament en la velocitat. Segons dos estudis de Giuriato et al., (2021) el PHV influeix en la força explosiva i la velocitat, i la velocitat d'agilitat, amb l'edat cronològica. Per exemple, en una revisió de 17 estudis de diferents tipus d'entrenament (Rumpf et al., 2012), el de velocitat en esprint sembla produir majors guanys abans (també en Rumpf et al., 2016 i Colyer et al., 2020) i després del PHV. De manera similar amb l'agilitat, sembla ser evident que aquesta es pot veure influenciada per l'estat maduratiu i diferents mètodes d'entrenament com es descriu en la revisió sistemàtica de Thieschäfer & Büsch (2022). Els esportistes adolescents amb una edat més avançada tindrien major nivell d'agilitat reactiva (i per tant, velocitat de reacció) que els més joves (Trajković et al., 2020), degut al seu major nivell en els CoDs i la capacitat anticipatòria, possiblement com a resposta a un estat físic superior (Fiorilli et al., 2016).

És molt interessant, per tant, baix una concepció general, conèixer les particularitats de l'esport i el més destacable en relació al rendiment físic en cada categoria i grup d'edat. D'aquesta manera, per això, és evident que el jugador sènior (amateur o elit) hauria de disposar d'unes prestacions físiques que el

jugador en edat cadet encara no tindrà (Póvoas et al., 2017; Karcher & Buchheit, 2014; Molina-López et al., 2020).

Des d'una visió global en la que s'expliquen les relacions entre els canvis maduratius i l'edat madurativa, i com aquestes es veuen reflectides en un major rendiment depenent de les diferents capacitats físiques, podem comprovar que a mesura que avança l'edat cronològica augmenten els nivells de certes hormones (p.e. la testosterona) i activitats enzimàtiques (p.e. la fosfofructocinasa) que acompanyen al creixement esquelètic, desencadenant en majors valors de força i potència, i capacitat aeròbica i anaeròbica (Bergeron et al., 2015; Lloyd et al., 2013). Aquests canvis, anomenats períodes crítics de creixement s'han estimat que es mouen dins d'un rang d'edat aproximat entre els 9 i els 17 anys (Malina & Koziel, 2013; Malina & Koziel, 2014; Malina et al., 2015). En aquest període de temps, hi ha una fase sensible on es produeix el PHV, que agafa de mica en mica més importància en el marc del desenvolupament del jove esportista (Matthys et al., 2012; Till et al., 2013; Moore et al., 2015; Koziel & Malina, 2017; Malina et al., 2020; Parr et al., 2020; Malina et al., 2021). El PHV, com s'ha comentat al principi, té la singularitat que es dona en moments diferents en cada individu, podent arribar a ser determinant el moment de la seva aparició en el sorgiment i l'assoliment de diferents capacitats físiques pel rendiment esportiu (Malina et al., 2015; Bergeron et al., 2015; López-Ros et al., 2021). S'ha estimat que el PHV succeeix en els nens al voltant dels 13 anys (Sawyer et al., 2018) o entre els 13,0 i els 15,0 anys, generalment (Bergeron et al., 2015). Per tant, tenir l'oportunitat de conèixer l'estimació de l'edat a la que es produirà el PHV pot ser una eina interessant, a nivell individual, en la planificació del treball a nivell físic i la seva corresponent càrrega. Una altra cosa és tenir la informació de si l'esportista es troba lluny (pre), a prop (mid) o bé si ha passat ja el seu PHV (post), és a dir, conèixer el seu moment/estat maduratiu. Com a informació addicional d'interès, s'ha valorat també un altre període de pic de creixement, el MGS (*Mid-childhood Growth Spurt*), que es dona aproximadament entre els 6 i 10 anys, i on per consegüent d'aquest es produiria un augment en la velocitat i l'agilitat, a més d'altres components físics (Pereira et al., 2021).

Existeixen actualment diverses maneres d'obtenir l'estimació de l'edat de maduració: una opció és amb mètodes invasius a partir de l'edat esquelètica (SA, per la seva traducció en anglès: *Skeletal Age*) i la maduració sexual, tals com el mètode *Greulich-Pyle* i els estadis de *Tanner*, respectivament (Beunen et al., 2006); d'altra banda hi ha els mètodes no invasius a partir de l'edat cronològica (CA, en anglès *Chronological Age*), que utilitzen fórmules validades amb mesures antropomètriques (Mirwald et al., 2002; Moore et al., 2015). Aquests últims representen un baix cost, menor equipament, logística, etc. Amb mesures com l'alçada, l'alçada assegut i el pes, entre d'altres, es pot aconseguir amb una igual validesa l'estimació de temps (en anys) a la que cada individu es troba, l'hagi passat o no, del seu PHV. Aquest concepte es coneix com a *maturity offset*. Normalment decreix conforme l'edat cronològica augmenta fins arribar al PHV (Kozziel & Malina, 2017).

L'estimació del PHV s'aconsegueix restant el *maturity offset* a l'edat cronològica en el moment de l'observació o recollida de dades.

Amb els fonaments anteriors establerts, la hipòtesis que es planteja és la de que els jugadors amb una estimació madurativa precoç, tenen valors de base superiors i tindran millores significatives respecte els altres grups maduratius. El present treball té com a objectius: 1) agrupar els participants en cada grup maduratiu (*early*: precoç, *average*: mitjà o *late*: tardà) mitjançant l'estimació del PHV, i 2) analitzar els efectes de l'aplicació d'un programa d'entrenament de velocitat, agilitat i agilitat reactiva amb una duració de vuit setmanes en la capacitat per reproduir CoDs, esprints lineals i salts en joves jugadors d'handbol, segons el seu grup maduratiu.

MÈTODES

Disseny de l'estudi

Aquest es tracta d'un estudi de caràcter quasi-experimental ja que es va realitzar en un entorn obert a una gran varietat de biaixos degut principalment al no control sobre la mostra en el seu disseny. L'elecció de la mostra no va ser aleatoritzada i aquest mostreig es va tenir en compte en dos equips en els quals es va realitzar el mateix programa d'entrenament.

A més, l'aplicació del programa en els equips (aleví i infantil) va tenir una duració de vuit setmanes, per la qual cosa es tracta d'un disseny transversal on hi havia un pre i un post de proves de rendiment al voltant del mencionat programa.

Participants

Un total de 30 jugadors dels equips de l'aleví i l'infantil masculí del Club Handbol Bordils, 13 i 17 respectivament, i d'entre 10 i 14 anys d'edat (mitjana d'edat: 12,03 \pm 0,74 SD: Standard Deviation (Desviació estàndard)), van ser requerits per participar en aquest estudi en el que podien inscriure's lliure i voluntàriament si portaven entrenant i jugant des de l'inici de la temporada 2022-2023, si no es trobaven enmig d'un procés de recuperació de lesió i si no practicaven cap altre esport de manera habitual tant a nivell federat com aficionat. El programa dissenyat pel present treball cobreix vuit setmanes de duració, amb les primeres quatre amb la introducció d'una sessió setmanal, mentre les quatre darreres la freqüència augmentava a dos sessions, per un total de dotze, en la que s'establia com a assistència mínima la participació en el 80% de les sessions, és a dir, nou d'entre elles. La no realització del mínim de sessions establertes, s'entenia com a exclusió de la base de dades per al seu anàlisi al final del programa. A més, com a condició *sine qua non* per formar part de l'estudi, inicialment els participants havien de ser autoritzats mitjançant un consentiment informat pel seus progenitors o tutors legals ja que tots sense excepció són menors d'edat (**Annex 2**). Per tant, la seva entrega era imprescindible per la inclusió inicial del participant.

PRODECIMENTS

Aquest estudi ha estat desenvolupat fruit de l'interès per treballar amb nens i ajudar a comprendre millor de quina manera responen els jugadors en edat adolescent, en aquest cas entre 10 i 14 anys, a un programa d'entrenament de velocitat i agilitat. La intervenció proposada es divideix en quatre fases: recollida de dades antropomètriques i personals dels participants; realització dels tests de rendiment escollits previs al programa d'entrenament; implementació del programa d'entrenament; i repetició dels tests de rendiment una vegada finalitzat el programa dissenyat.

Recollida de dades

Durant les dues setmanes prèvies al començament del programa d'entrenament es va procedir a recollir dades personals, en especial les dates de naixement, però també noms i cognoms. Les dates de naixement de cada participant es van convertir a edat cronològica amb decimals. A més, en el marc de les mesures antropomètriques, es van tenir en compte l'alçada de peu, l'alçada assegut, la longitud de la cama i el pes. Les dues primeres es van extreure's mitjançant un tal-límetre portàtil (*Estadiômetro de bolso com nível pendular* CESCORF, Porto Alegre, Brasil) a una sensibilitat de 0.1 cm (centímetres); el pes va ser obtingut amb una bàscula (*Elis 1 Smart Body Scale* RENPHO, Eastvale (CA), Estats Units). L'alçada assegut es va obtenir restant la xifra del jugador assegut, descalçat i en un banc de 42,2 cm (*Sitting Height box*), de l'alçada total de peu i descalçat. Com indiquen Mirwald et al., (2002), la longitud de la cama es va calcular restant l'alçada assegut de l'alçada de peu.

En conseqüència a la recollida de dades anteriors, es va dur a terme el càlcul del maturity offset, definit anteriorment com el temps en anys per sobre o per sota de l'edat estimada del PHV (A-PHV: *Age at Peak Height Velocity*). La fórmula utilitzada va ser l'equació original de Mirwald et al., (2002), utilitzada en estudis similars trobats:

Maturity offset (en anys) = $-9,236 + (0.0002708 \times (\text{Longitud de la cama} \times \text{Alçada assegut})) + (-0.001663 \times (\text{CA} \times \text{Longitud de la cama})) + (0.007216 \times (\text{CA} \times \text{Alçada assegut})) + (0.02292 \times (\text{Ratio entre pes i alçada} \times 100))$

*CA: edat cronològica

Amb el resultat del *maturity offset* de cada participant, es va procedir amb el càlcul del A-PHV. Aquest s'aconsegueix restant el *maturity offset* de l'edat cronològica en el moment de la recollida de les dades.

A continuació, es van distribuir els participants en tres grups segons la seva estimació madurativa (*early, average, late*) establint uns punts de tall (*cut off*) de $\pm 0,5$ anys en base a la mitjana de la mostra del A-PHV com es fa en altres estudis (Romero-García et al., 2023; Albaladejo-Saura et al., 2022). D'aquesta manera, els participants *early* es trobaven igual o per sota (\leq) de $-0,5$ de la mitjana; el grup de maduració *average* es trobava entre: igual o per sobre (\geq) de $-0,5$ fins a igual o per sota (\leq) de $+0,5$ de la mitjana; per últim, el grup *late* es trobava igual o per sobre (\geq) de $+0,5$ respecte la mitjana. Els grups van ser definits comptant amb els 30 participants inicials. Amb aquesta mitjana del A-PHV ($13,81 \pm 0,51$ SD), es van establir els punts de tall anteriors i els grups van quedar de la següent manera: *early* ($n=5$), *average* ($n=19$) i *late* ($n=6$).

Proves pre-programa d'entrenament

Un total de tres proves es van escollir per avaluar les diferents capacitats i manifestacions relacionades amb la velocitat:

- Un test de CoD: *5-0-5 agility test*
- Un test d'esprint lineal: *maximal 20 m linear sprint test*
- Un test de salts: *Drop jump (DJ) test*, sense braços (DJna).

Aquests tests es van dur a terme la setmana prèvia a l'inici del programa d'entrenament. Una setmana abans, els participants van tenir una familiarització amb totes les proves per poder-les reproduir de la millor manera possible durant la vertadera realització de les mateixes. Els dos primers van ser avaluats amb l'aplicació de Balsalobre-Fernández My Jump Lab (Madrid, Espanya). El tercer,

el DJ, va ser avaluat mitjançant un software amb una plataforma de contactes (Chronojump-Boscosystem, Barcelona, Espanya).

L'única variable extreta d'aquests tests va ser el temps en segons, ja que el temps ens indica com de ràpid s'ha produït o realitzat una acció. Del *5-0-5 agility test* es van recollir el temps total d'inici a final (20 metres), el temps en realitzar els primers 10 metres, el temps en realitzar els últims 10 metres amb el CoD i el temps de contacte en el CoD. De l'esprint lineal només es va tenir en compte el temps total dels 0 als 20 metres. Per últim, en el DJ test es va anotar el temps de contacte. En aquest darrer, el participant es deixava caure des de damunt d'un banc, situat a una alçada de 30 cm.

El protocol de cadascun dels anteriors va ser el següent: tots els jugadors presents a la sessió van reproduir conjuntament el seu escalfament habitual previ a la part principal de cada sessió (desplaçaments multidireccionals, mobilitat articular en moviment i accions coordinades específiques de l'handbol). Durant els tres entrenaments setmanals, els participants es van sotmetre cada dia a un test diferent, de manera que els jugadors anaven passant per parelles ininterrompudament mentre la resta de l'equip continuava entrenant. El temps de descans entre intents corresponia al que transcorria entre el final d'un intent, l'inici i el final de l'intent del company parella fins a l'inici del segon intent del primer d'ells. Cada participant va realitzar dos intents de cada test: dos en el *5-0-5 agility test* (el CoD es va realitzar un amb cada cama); dos en el esprint lineal de 20 metres; i dos intents del DJna. El millor dels dos intents va ser anotat per l'anàlisi dels resultats.

Justificació dels tests

El 5-0-5 es va aplicar al·ludint la importància en l'handbol dels CoDs, que es realitzen en multitud d'ocasions a alta velocitat, en aquest cas d'orientació tancada (180°). Com diuen Fernandez-Fernandez et al., (2022), el 5-0-5 tradicional és una manera d'avaluar el CoD a alta velocitat, en canvi el 5-0-5 modificat faria referència al CoD a baixa velocitat.

L'aplicació de l'esprint lineal es una pràctica més generalitzada entre la literatura científica, útil per avaluar la velocitat lineal. És habitual trobar articles avaluant

diferents parcials (5, 10, 20, 30 metres, etc.). L'elecció de l'esprint de 20 metres es fa per dos motius: 1) és una distància aproximada, recorreguda linealment, molt repetida dins l'handbol degut a les dimensions de la pista (els punts més propers entre àrea i àrea són a 28 metres), i 2) pot servir *ex professo* en el futur per la comparació amb altres proves (com el 5-0-5) amb l'objectiu d'avaluar terceres variables, com el CoD dèficit (Nimphius et al., 2018).

El DJ es va decidir introduir per aprofitar el temps de contacte que s'extreu del test com una dada interessant en el concepte de la capacitat i temps de reacció. El DJ és l'únic dels tests més habituals de salts en plataforma de contacte que mesura el temps de contacte després d'una caiguda des d'una determinada alçada. Aquest, a més és considerat com a precursor del cicle estirament-escurçament (SSC: *Stretch-Shortening Cycle*) ràpid (<250 milisegons) (Rebelo et al., 2022). Es va voler aprofitar l'oportunitat de dur a terme proves de salts en una plataforma de contactes i el DJ pot ser una aplicació important per l'actual treball o per posteriors considerant una altra mesura àmpliament investigada com és el RSI (*Reactive Strength Index*), especialment estudiada amb l'aplicació d'entrenaments que continguin SSC, com la pliometria, no només amb adults, sinó també amb joves. A més, s'ha estudiat la seva millora a partir de programes d'intervenció amb CoDs (Rebelo et al., 2022).

La possibilitat de que els participants, a la seva edat, puguin tenir una primera experiència amb aquesta tecnologia va ser motiu de pes per afegir aquesta prova. En un futur proper, podrien tenir la possibilitat de realitzar altres proves com el *Countermovement jump* o l'*Abalakov test*, ja que en el primer equip del Club Handbol Bordils és cert que es duen a terme tests de salts verticals amb plataforma de contactes.

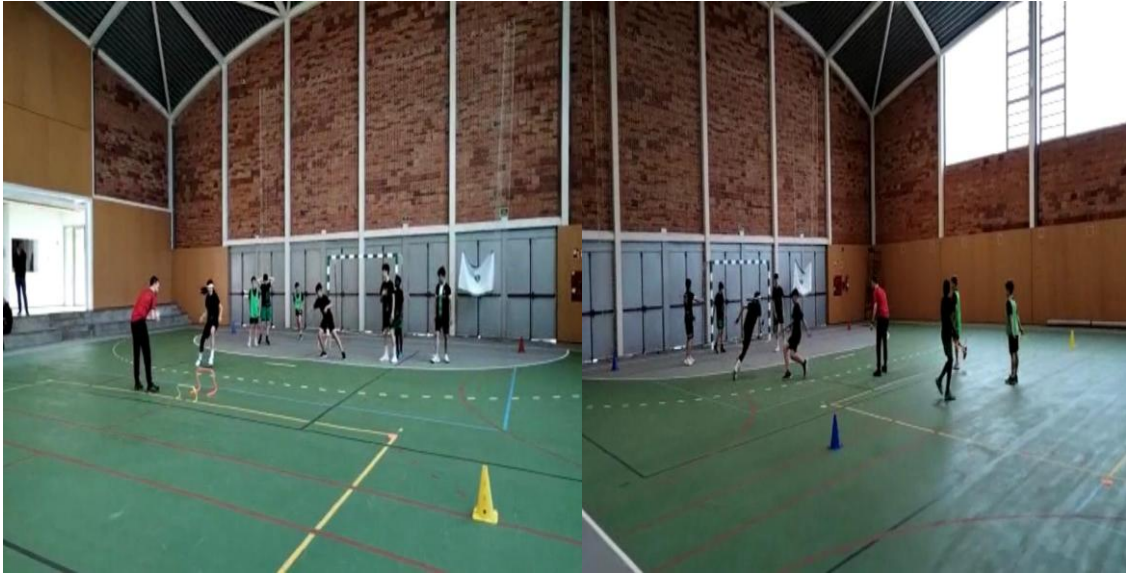
Proposta de programa d'entrenament

L'entrenament aplicat als participants va tenir una duració de vuit setmanes, on les quatre primeres estaven formades per una sessió setmanal. Les quatre setmanes següents, disposaven de dues sessions, composant així un programa de dotze sessions. Les sessions es van dur a terme en horari d'entrenament de cada equip (aleví i infantil), que entrenaven tres vegades per setmana. Els

alevins entrenaven dilluns, dimecres i dijous, mentre els infantils ho feien dilluns, dimarts i dijous. La intervenció en horari d'entrenament es va posar en pràctica després de l'escalfament habitual descrit línies enrere. Els dilluns amb l'equip aleví, els participants van venir per parelles a realitzar els exercicis, mentre la resta de sessions el procediment va ser dividir la pista sencera en dos i repartir els participants en grups més o menys igualats amb l'objectiu de que la duració de la intervenció dins l'horari d'entrenament no agafés més d'un terç (30 minuts) del total de la sessió (90 minuts). Les quatre primeres sessions del programa d'entrenament (corresponents a les quatre primeres setmanes) es van dur a terme en horaris de dilluns, i les vuit sessions posteriors (corresponents a les quatre setmanes següents) van tenir lloc els dilluns i els dijous, tant per alevins com per infantils.

Els exercicis proposats van ser tres pels alevins i quatre pels infantils, en els que els dels alevins eren els mateixos que els dels infantils amb l'única diferència de la implementació d'un exercici extra. Es va decidir fer això tenint en compte el presumpte nivell superior de l'equip infantil sobre l'equip aleví, ja que amb les mesures antropomètriques i altres factors d'aplicació física com la velocitat i la força en la realització de les accions específiques de l'handbol es denota la diferència de categoria i d'edat cronològica.





Exercicis de velocitat i agilitat reactiva amb l'equip infantil, corresponents a la segona meitat del programa d'entrenament.

Els tres exercicis que van compartir els dos equips sempre comptaven amb el mateixa càrrega, és a dir, mateix volum de sèries i repeticions i es demanava realitzar-los a la màxima intensitat possible, entenent-se intensitat com el treball per unitat de temps que l'esportista pot realitzar. És a dir, a major treball per unitat de temps, major serà la intensitat (Bompa & Buzzichelli, 2019).

El progrés en el desenvolupament de la sèrie d'exercicis de la sessió es va planificar de manera que el participant seguís una progressió en el requeriment de d'aptituds físiques en concepte d'un augment d'estímuls estressors. Pel que fa als principis de la teoria de l'entrenament inter-setmanal, la progressió en la càrrega i la variabilitat va anar augmentant gradualment amb el pas de les sessions. A partir del moment de la doble sessió setmanal (5^a setmana), la progressió seguia sent inter-setmanal i no intra-setmanal, és a dir, augmentava de setmana en setmana.

Els tres exercicis mencionats compartien el concepte de velocitat. Les primeres quatre setmanes, es pretenia explotar els components de la velocitat i l'agilitat amb la dinàmica de l'activitat pre-fixada (sense incloure estímuls *per se*), mentre les quatre darreres, predominava el sub-component de l'agilitat reactiva, augmentant així la importància del temps de reacció. En la revisió sistemàtica de

Paul et al., (2015), l'agilitat reactiva en resposta a l'estímul humà sembla donar la major validesa on les variables avaluades de la recerca visual, el temps de decisió i desplaçament i la precisió en la resposta són una estratègia d'entrenament apropiada, de la mateixa manera que es destaca el paper dels SSG (*Small-Sided Games*).

A part d'això, les diferències en els exercicis es trobaven en la naturalesa dels desplaçaments en diferents vectors (horitzontal, vertical i lateral), angles i distàncies. Tot i que en l'Annex 1 s'especifica la representació gràfica i l'avenç en variants dels exercicis al llarg de les setmanes, els mateixos es resumeixen a continuació:

- Desplaçament lateral: avenç a través de desplaçament lateral d'una marca a una altra, separats per uns 5 metres.
- Esprints i CoDs: desplaçament horitzontal iniciant cap a un costat des de la meitat d'un recorregut lineal (entre marques) d'una longitud de 10 metres, canviar de direcció per anar a l'altre marca, tornar a canviar de direcció per tornar al punt de partida i fer un canvi de direcció d'uns 45° (graus) a l'esquerra o dreta del participant fins arribar a una marca ubicada a uns 10 metres.
- Acceleracions, desacceleracions i CoDs: desplaçaments multidireccionals dins d'un rectangle (10x5 metres) passant sempre per una marca al mig del seu perímetre abans d'anar a una de les diferents marques que marquen el límit del rectangle.

Per últim, els infantils, a més, realitzaven el següent exercici:

- Desplaçament en triangle: es disposava a iniciar des d'un vèrtex de la base d'un triangle equilàter de 3 metres. El desplaçament era sempre lateral implicant per tant moviment diagonal endavant i endarrere, i lateral en el pla sagital en la base del triangle.

TAULA-RESUM DE LA PROGRESSIÓ SETMANAL EN EL PROGRAMA D'ENTRENAMENT	
SETMANES	CONTINGUTS DE TREBALL
PRIMERA SETMANA	VELOCITAT I AGILITAT
SEGONA SETMANA	
TERCERA SETMANA	
QUARTA SETMANA	
CINQUENA SETMANA	VELOCITAT I AGILITAT REACTIVA: ESTÍMUL VISUAL I AUDITIU
SISENA SETMANA	
SETENA SETMANA	VELOCITAT I AGILITAT REACTIVA: ESTÍMUL HUMÀ
VUITENA SETMANA	

Proves post-programa d'entrenament

Finalitzada l'aplicació de les vuit setmanes del programa d'entrenament, es va procedir, amb la mateixa dinàmica que abans d'iniciar la primera sessió, a la realització de les mateixes proves de l'inici de l'estudi.

La setmana següent els jugadors es van sotmetre de nou a les mateixes proves pre-intervenció. En cadascuna de les tres sessions es va dur a terme un d'ells, ja que els equips seguien entrenant de manera habitual.

Anàlisi estadístic

Totes les variables van ser analitzades amb estadística descriptiva obtenint les mitjanes i les desviacions estàndard. Amb totes les dades disponibles, es va dur a terme la prova de Shapiro-Wilk per comprovar la distribució normal de les dades pre i post en les variables dependents. Posteriorment es va dur a terme un Student's t-test de dades aparellades per aquells valors que seguien una distribució normal per comprovar el nivell de significació de les dades. Les dimensions de l'efecte (effect sizes: ESs) es van calcular per totes les parelles seguint l'escala de Hopkins et al., (2009): ≤ 0.2 , trivial; $> 0.2-0.6$, petit; $> 0.6-1.2$, moderat; $> 1.2-2.0$, gran; and > 2.0 , molt gran. D'altra banda, es va procedir amb el Wilcoxon signed rank-test per aquelles que no complien amb una distribució

normal. Per últim es va realitzar el % de canvi en les dades pre i post de les variables dependents, i es va comprovar mitjançant el test de Levene l'assumpció de l'homogeneïtat de variàncies abans de dur a terme el test ANOVA d'una via amb dades aparellades. Aquells resultats significatius, seguidament van passar la correcció de Bonferroni per ajudar en la interpretació dels resultats.

El nivell de significació es va establir en un valor $p < \alpha = 0.05$.

Els anàlisis es van dur a terme amb el software JASP Team (2023). JASP (Version 0.17.2), University of Amsterdam (Netherlands).

RESULTATS

Finalment, un cop finalitzada la intervenció del programa dissenyat, com a conseqüència de no complir l'assistència mínima requerida, un total de 24 jugadors van realitzar, dins dels requisits, la majoria de les sessions necessàries per continuar amb els tests post intervenció. Amb això, per tant, els grups maduratius definitius van ser: *early* ($n=4$), *average* ($n=15$) i *late* ($n=5$).

L'estadística descriptiva del conjunt de les dades antropomètriques i les proves de rendiment pre i post es presenten en la **taula 1** i la **taula 2**, respectivament, en forma mitjana (Mean) i la desviació estàndard (Std. Deviation) per cada grup i cada variable independent.

TAULA 1 | Característiques antropomètriques dels tres grups maduratius (early, average i late).

Descriptive Statistics

	<u>Edat</u>			<u>A-PHV</u>		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5
Mean	12.56	11.86	12.64	13.12	13.78	14.56
Std. Deviation	0.24	0.71	0.23	0.08	0.32	0.12

Mean: Mitjana i Std. Deviation: desviació estàndard de les dades per grup. A-PHV: Edat estimada al PHV.

	<u>Pes</u>			<u>Estatura</u>		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5
Mean	54.63	42.05	37.70	167.10	149.99	144.18
Std. Deviation	2.32	9.30	1.96	4.56	7.02	5.19

Mean: Mitjana i Std. Deviation: desviació estàndard de les dades per grup. Pes en quilograms (kg) i estatura en centímetres (cm).

Els resultats de les proves de rendiment en les mesures abans i després de la intervenció, es presenten a continuació també en format descriptiu pels diferents grups.

TAULA 2 | Valors descriptius mitjans en les proves de rendiment dels tres grups maduratius (early, average i late).

Descriptive Statistics

	<u>DJna pre</u>			<u>DJna post</u>		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5
Mean	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21
Std. Deviation	0.01	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03

	<u>5-0-5: temps 10m COD pre</u>			<u>5-0-5: temps 10m COD post</u>		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5
Mean	2.60	2.76	2.74	2.62	2.84	2.74
Std. Deviation	0.10	0.16	0.18	0.14	0.17	0.10

	<u>5-0-5: temps primers10 m pre</u>			<u>5-0-5: temps primers10 m post</u>		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5
Mean	1.63	1.83	1.68	1.59	1.67	1.63
Std. Deviation	0.04	0.12	0.11	0.06	0.10	0.08

	<u>5-0-5: temps contacte COD pre</u>			<u>5-0-5: temps contacte COD post</u>		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5
Mean	0.41	0.43	0.35	0.38	0.40	0.35
Std. Deviation	0.07	0.07	0.03	0.04	0.10	0.09

	<u>5-0-5: temps total pre</u>			<u>5-0-5: temps total post</u>		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5
Mean	4.24	4.62	4.46	4.23	4.52	4.39
Std. Deviation	0.13	0.23	0.27	0.20	0.25	0.15

	<u>SPRINT 20m: temps total pre</u>			<u>SPRINT 20m: temps total post</u>		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5
Mean	3.45	3.69	3.65	3.41	3.60	3.56
Std. Deviation	0.09	0.23	0.22	0.15	0.22	0.30

Valid: Nombre de participants, Mean: Mitjana i Std. Deviation: desviació estàndard de les dades per grup. DJna: Drop Jump non arms (sense braços); CoD: canvi de direcció.

En la **Taula 3** s'indiquen el % de canvi en l'abans i el després en les mesures de rendiment, assenyalant que hi ha hagut millores en els valors en totes les mesures i grups, excepte en la totalitat dels grups en el temps de 10 metres del CoD del 5-0-5 en els jugadors amb un grau de maduració tardana (*late*), en el DJna en el grup *early* (-0.80%) i en el temps de contacte del CoD del 5-0-5 (-2.37% respecte els resultats en les proves pre programa d'entrenament).

TAULA 3 | Valors descriptius mitjans del % de canvi entre el pre i el post de cada variable de rendiment dels tres grups maduratius (early, average i late).

	% canvi Djna			% canvi 5-0-5: temps 10m COD			% canvi 5-0-5: temps primers10 m		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5	4	15	5
Mean	-0.80	6.98	6.19	-0.64	-3.01	-0.49	2.63	8.52	3.17
Std. Deviation	14.62	12.87	10.77	2.16	6.33	6.19	2.12	4.46	4.68

	% canvi 5-0-5: temps contacte COD			% canvi 5-0-5: temps total			% canvi SPRINT 20m: temps total		
	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE	EARLY	AVERAGE	LATE
Valid	4	15	5	4	15	5	4	15	5
Mean	7.54	3.41	-2.37	0.33	2.34	1.35	1.10	2.15	2.55
Std.Deviation	13.58	28.63	29.17	2.09	2.71	5.33	2.67	4.67	3.91

Valid: Nombre de participants, Mean: Mitjana i Std. Deviation: desviació estàndard de les dades per grup. Djna: Drop Jump non arms (sense braços); CoD: canvi de direcció. Els valors en negatiu signifiquen un deteriorament en el resultat, mentre que els valors en positiu signifiquen millora. Encerclats s'assenyalen els deterioraments.

El Student t-test de dades aparellades va mostrar efectes significatius en quatre de les sis variables de rendiments mesurades (**Taula 4 i figura 1**). Les dues variables que no van mostrar significació són el temps en els 10 metres del CoD i el temps de contacte del CoD en el test del 5-0-5. D'aquelles que sí que ho són (DJna ($p=0.03$), els primers 10 m del 5-0-5 ($p<0.001$); el temps total del 5-0-5 ($p=0.01$) i el temps del Sprint de 20 m ($p=0.02$)), la dimensió de l'efecte (ES) es mou en efectes petits (DJna, temps total del 5-0-5 i Sprint de 20 m) i un efecte gran en els primers 10 m del 5-0-5 (1.27).

TAULA 4 | T-test de dades aparellades mitjançant prova Student i Wilcoxon.

Paired Samples T-Test

Measure 1	Measure 2	t	df	p	Cohen's d	SE Cohen's d	95% CI for Cohen's d	
							Lower	Upper
DJna pre	DJna post	2.35	23	0.03	0.48	0.23	0.05	0.90
5-0-5: temps 10m COD pre	5-0-5: temps 10m COD post	-1.68	23	0.11	-0.34	0.20	-0.75	0.07
5-0-5: temps primers10 m pre	5-0-5: temps primers10 m post	6.24	23	<.001	1.27	0.20	0.72	1.81
5-0-5: temps total pre	5-0-5: temps total post	2.77	23	0.01	0.56	0.13	0.13	0.99
SPRINT 20m: temps total pre	SPRINT 20m: temps total post	2.44	23	0.02	0.50	0.15	0.07	0.92

Note. Student's t-test.

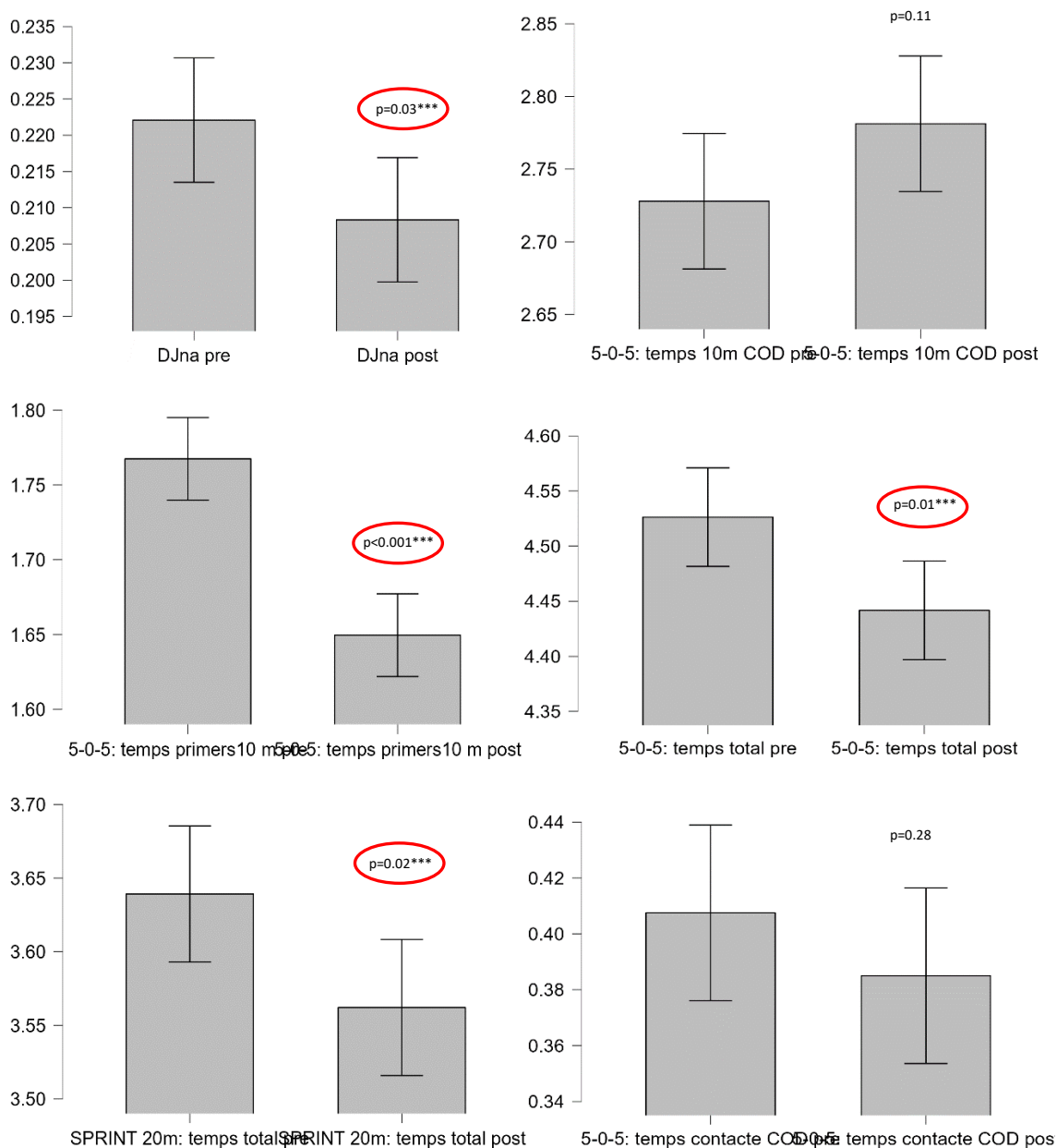
Measure 1	Measure 2	W	z	df	p	Rank-Biserial Correlation	SE Rank-Biserial Correlation	95% CI for Rank-Biserial Correlation	
								Lower	Upper
5-0-5: temps contacte COD pre	5-0-5: temps contacte COD post	160.00	1.09	0.28	0.26	0.24	-0.20	0.63	

Note. Wilcoxon signed-rank test.

Significació estadística= $p \leq 0.05$, encerclat en negre. Dimensió de l'efecte (ES), presentat amb la d de Cohen, color verd per l'efecte gran i vermell per l'efecte petit.

Donat que el temps de contacte del CoD del 5-0-5 no seguia una distribució normal, es va procedir amb el Wilcoxon signed-rank en el t-test de mesures aparellades. El resultat, mostrat en la taula 2, no mostra diferències significatives ($p=0.28$) i assenyala, al igual que en el temps en els 10 m del CoD, un efecte trivial.

Figura 1. Bar plot de les proves pre i post en el total de la mostra.



Esquerra, dades pre; dreta, dades post. Eix vertical presentat en temps (segons). Les línies de cada barra indiquen l'Interval de Confiança (CI) al 95%. ***: Significació estadística, $p \leq 0.05$

Pel que fa en la diferència entre els grups maduratius, es va realitzar l'anàlisi de variàncies (ANOVA d'una via) després de comprovar l'homocedasticitat de totes les dades amb el test de Levene. El test no paramètric Kruskal-Wallis va ser realitzat en la variable del temps de contacte del CoD del 5-0-5 ja que al no seguir una distribució normal, no es pot considerar continuar amb un test paramètric.

TAULA 5 | Anàlisi de variàncies de les proves de rendiment i correcció post-hoc Bonferroni.

ANOVA - % canvi Dina

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Grup	193.64	2	96.82	0.59	0.56
Residuals	3423.81	21	163.04		

Note. Type III Sum of Squares

ANOVA - % canvi 5-0-5: temps 10m COD

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Grup	33.93	2	16.96	0.49	0.62
Residuals	728.99	21	34.71		

Note. Type III Sum of Squares

ANOVA - % canvi 5-0-5: temps primers 10 m

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Grup	176.34	2	88.17	4.87	0.02
Residuals	379.97	21	18.09		

Note. Type III Sum of Squares



Post Hoc Comparisons - Grup

	Mean Difference	95% CI for Mean Difference		SE	t	Cohen's d	95% CI for Cohen's d		P _{bonf}
		Lower	Upper				Lower	Upper	
EARLY vs AVERAGE	-5.89	-11.92	0.14	2.39	-2.46	-1.38	-2.95	0.18	0.07
vs LATE	-0.54	-7.74	6.65	2.85	-0.19	-0.13	-1.87	1.62	1.00
AVERAGE vs LATE	5.35	-0.19	10.88	2.20	2.43	1.26	-0.18	2.69	0.07

Note. P-value and confidence intervals adjusted for comparing a family of 3 estimates (confidence intervals corrected using the tukey method).

No significatiu, però vermells mostren tendència.

ANOVA - % canvi 5-0-5: temps contacte COD

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Grup	228.52	2	114.26	0.16	0.86
Residuals	15429.88	21	734.76		

Note. Type III Sum of Squares

Kruskal-Wallis Test

Factor	Statistic	df	p
Grup	0.78	2	0.68

ANOVA - % canvi 5-0-5: temps total

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Grup	14.02	2	7.01	0.64	0.54
Residuals	229.99	21	10.95		

Note. Type III Sum of Squares

ANOVA - % canvi SPRINT 20m: temps total

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Grup	4.99	2	2.49	0.14	0.87
Residuals	387.41	21	18.45		

Note. Type III Sum of Squares

Significació estadística= $p \leq 0.05$, encerclat en verd. Dimensió de l'efecte (ES), presentat amb la d de Cohen, color verd per l'efecte gran i vermell per l'efecte trivial.

Realitzat ANOVA, l'única variable amb diferències estadísticament significatives és els primers 10 m del 5-0-5 ($F=4.87$; $p=0.02$), mentre que la resta de variables queden lluny de la significació (0.54-0.87). La comparació post-hoc dels grups maduratius es va aplicar únicament en la variable dels primers 10 m del 5-0-5. En aquesta variable, tal com indica la **taula 5**, els jugadors amb una maduració precoç (*early*) es presenten molt propers de la significació estadística davant dels jugadors de maduració mitjana (*average*, 0.07), de la mateixa manera que els jugadors de maduració mitjana davant d'aquells amb maduració tardana (0.07). En canvi, entre els jugadors primerencs i els tardans, la significació és molt llunyana (1.000). També es remarcable l'ES *average vs late* (1.26) respecte a *early vs average* (-1.38), observant-se en la primera comparació un efecte gran i en la segona un efecte trivial.

DISCUSSIÓ

Els objectius d'aquest estudi eren comprovar si l'aplicació d'un programa d'entrenament de velocitat, agilitat i agilitat reactiva resultava en millores significatives en el rendiment d'esprint lineal, canvi de direcció i salt vertical en joves jugadors d'handbol, agrupats en grups maduratius a partir de l'estimació del PHV.

Si bé hi ha major quantitat d'investigacions que estudien els efectes d'un programa d'entrenament sobre diferents variables de rendiment en joves en període maduratiu, entre els quals són molt habitual mitjançant la pliometria (Filipa Silva et al., 2022), són pocs els autors que hagin aplicat un programa que

inclogui velocitat i agilitat. Tant és així, que per Sariatí et al., (2021) era la primera vegada que s'avaluava els efectes d'un programa d'entrenament amb CODs en grups maduratius. Més específicament i en relació amb la població d'estudi del present treball, els autors Romero-García et al., (2023) afirmaven ser els primers en dur a terme una avaluació comparativa en diferents proves de rendiment en joves jugadors d'handbol segons el grup maduratiu. En conseqüència, entre la literatura d'avui dia, encara és inusual trobar estudis similars que busquin conèixer com reaccionen els esportistes d'un rang d'edat reduït en període maduratiu a un entrenament de velocitat i/o agilitat. Molts d'ells busquen extreure dades de rendiment una única vegada sense la participació en un programa d'algun tipus d'entrenament, el que pot resultar en interpretacions i conclusions errònies segons l'objectiu de recerca (Matthys et al., 2012; Cripps et al., 2016; Albaladejo-Saura et al., 2022; Fernandez-Fernandez et al., 2023; Romero-García et al., 2023). També cal destacar que, en diversos d'aquests estudis, és un factor limitant si els grups maduratius es classifiquen en funció de si han passat o no el PHV (Fernandez-Fernandez et al., 2023; Sariatí et al., 2021; Colyer et al., 2020; Živković et al., 2022), en comptes de si, mitjançant l'estimació del seu PHV, són qualificats com a precoç, mitjà o tardà. D'aquesta manera, això significa que tot i que aquests estudis puguin servir com a referència, no poden ser considerats vinculants amb aquells que duen a terme una metodologia de mesures repetides amb un programa d'entrenament pel mig, com el que es presenta en aquest treball. Tot i això, la majoria coincideixen en l'aplicació de moltes de les proves habituals emprades per avaluar diferents accions de rendiment com es fa en aquest. Aquestes són esprints, canvis de direcció i salts, ja etiquetades anteriorment com a recurrents en els esports de situació, i de forma especial en l'handbol. Per exemple, a Fernandez-Fernandez et al., (2023) es posa de manifest la importància del 5-0-5 COD test com un dels més utilitzats en esports intermitents.

Els resultats inicials d'aquest estudi amb el Student t-test de dades aparellades indiquen que hi ha hagut canvis significatius en quasi totes les variables si es comparen els valors de tota la mostra en els dos moments d'avaluació en el temps (és a dir pre-post), a excepció dels 10 m del CoD del 5-0-5 ($p=0.11$) i en el temps de contacte del CoD del 5-0-5 ($p=0.28$). De igual manera, els seus

efectes (-0.34 i 0.26, respectivament) són els més petits d'entre totes les variables estudiades. Mentrestant, les variables del DJna ($p=0.03$; ES: 0.48), els primers 10 m del 5-0-5 ($p<0.001$; ES: 1.27); el temps total del 5-0-5 ($p=0.01$; ES: 0.56) i el temps del Sprint de 20 m ($p=0.02$; ES: 0.50), posen de manifest uns efectes en els canvis de petits a grans.

Aquests anàlisis es podrien interpretar entenent que els jugadors no han desenvolupat encara els nivells de força adequats per a l'amortiment de les forces derivades d'una desacceleració en la recerca d'un menor temps de contacte amb el terra (GCT: Ground Contact Time) (Bishop et al., 2021), i la millor tècnica en el desenvolupament del canvi de direcció per a la producció amb la màxima eficàcia i eficiència del nou vector de força en l'acceleració (GRF: Ground Reaction Force) (Colyer et al., 2020; Brughelli et al., 2008). Segons Colyer et al., (2020) sembla que a mesura que hi ha un ràpid increment en l'alçada i la massa magra, hi ha un augment en la capacitat de revertir la fase de frenada en la desacceleració i aplicar majors forces propulsives en l'impuls de l'acceleració, el que podria explicar en especial el no canvi en els 10 m del CoD del 5-0-5 que inclou una aproximació a la frenada (desacceleració), el canvi de direcció a 180° (amb la seva tècnica) i l'inici de l'acceleració, donat que cap dels participants, a nivell individual, havia passat encara el seu PHV. No és estrany tampoc que el temps de contacte del CoD no hagi mostrat cap efecte significatiu, ja que una incorrecta aproximació i col·locació del cos ha pogut influir en el rendiment d'aquesta variable. Amb el temps de contacte del CoD del 5-0-5 s'ha de ser més prudent, ja que el càlcul ha estat realitzat amb una eina que no és completament precisa (aplicació mòbil a partir d'una càmera) com ho pot ser una plataforma de contactes.

La tècnica del canvi de direcció juga també un rol clau en la disminució del temps emprat en les fases prèvia, durant i posterior al mateix. La tècnica influeix àmpliament en el rendiment. Com apunten Sariati et al., (2021), el centre de gravetat fora de la base de suport i la capacitat del sistema vestibular per mantenir i compensar aquest durant el canvi de direcció desafien l'equilibri corporal. Aquest concepte, que pot millorar positivament el rendiment mitjançant la capacitat per suportar de manera eficient l'equilibri estàtic i dinàmic, és conegut com metaestabilitat. És per això que els entrenadors, des d'una etapa precoç,

podrien introduir entrenament de canvis de direcció en aquells jugador amb uns nivells neuromusculars menys desenvolupats.

Per una altra banda, però, l'acceleració inicial i la velocitat (en els primers 10 m del 5-0-5) i el temps de reacció (en el DJna) semblen haver ocasionat canvis positius, tot i que els efectes només siguin molt destacats en els primers 10 m del 5-0-5 (ES: 1.27). Molts factors poden haver influït en aquests canvis, entre els que destaquen: el propi creixement maduratiu de les estructures que pugui haver augmentat els nivells de força muscular (Malina et al., 2015), la millora de la coordinació d'EESS (extremitats superiors) i EEII (extremitats inferiors) amb la tècnica de carrera i la velocitat de reacció davant diferents estímuls (González-Fernández et al., 2021), així com per exemple també una millora en el domini d'habilitats motrius bàsiques i específiques, probablement atribuïdes, principalment, a l'entrenament habitual.

Amb l'anàlisi de variàncies (ANOVA), realitzat per comparar les possibles diferències entre els grups maduratius (l'objectiu principal de l'estudi), només aquella variable que havia tingut uns efectes de canvi grans, és a dir, els primers 10 m del 5-0-5, va resultar estadísticament significativa ($F=4.87$; $p=0.02$). La resta de les variables van quedar molt lluny de la significació estadística ($F=0.14-0.64$; $p=0.54-0.87$). La correcció post-hoc de Bonferroni es va aplicar en la variable amb resultat significatiu per comparar si efectivament hi havia diferències significatives entre els diferents grups, resultant finalment no significatiu en cap dels tres possibles escenaris, però deixant una tendència positiva en direcció a la diferència estadísticament significativa en dos d'aquests ($p=0.07$). Aquests van ser el grup *early* respecte (vs) *average* i l'*average* respecte *late*, mentre que en el grup *early* respecte *late* la p-value va quedar molt lluny de la significació ($p=1.00$).

Això ens confirma que el programa d'entrenament no ha provocat canvis significatius si la mostra es diferencia en tres grups maduratius. A més, la tendència general en el conjunt de les variables estudiades no fa pensar en una futura significació estadística, al menys reproduint el mateix programa amb similars condicions. De fet, tot i que altres mètodes d'entrenament com el pliomètric de salts han demostrat tenir relació positiva amb els esprints, CoDs i salts (Filipa Silva et al., 2022), s'ha vist que no resulta en millores significatives

en el rendiment de velocitat segons grups maduratius. Tanmateix, s'ha de tenir en compte el baix nombre d'estudis que tenen objectius semblants als que es presenten en aquest i la metodologia d'aplicació utilitzada en cadascun. De la mateixa manera que amb entrenaments pliomètrics es produeixen efectes positius en el desenvolupament de moviments explosius, l'entrenament mitjançant exercicis de velocitat, agilitat i agilitat reactiva podria tenir efectes positius en el temps de realització d'accions com CoDs, acceleracions i desacceleracions, esprints de diverses distàncies, i inclús en la capacitat de reclutament de fibres tipus II per la reactivitat dels salts, ja que aquest tipus d'entrenament pot incrementar-ne el seu contingut (Bompa & Buzzichelli, 2019). L'agilitat reactiva pròpia de les vuit darreres sessions tampoc sembla haver tingut un estímul clau en el participant per provocar millores en aquells moments d'aplicació d'una força explosiva com en el DJ i el temps de contacte dels CoDs. És possible que l'augment de sessions amb estímuls humans pogués oferir estímuls superiors desencadenant adaptacions a un menor temps de reacció, ja que com afirmen Trajković et al., (2020) i Paul et al., (2015), aquests donen majors nivells de resposta pel fet que es replica un entorn més ecològic en el factor de l'anticipació.

D'igual manera, en altres estudis (Matthys et al., 2012; Cripps et al., 2016; Albaladejo-Saura et al., 2022; Romero-García et al., 2023) en els que únicament es duu a terme una avaluació de les dades de rendiment en diferents i també semblants proves a les que es realitzen en aquest treball (esprint de 20 m, salts verticals i CoDs, entre altres), no es troben grans diferències significatives entre els grups maduratius (alguna a Romero-García et al., 2023), tot i que s'adverteix que el grup *early* posseeix millors capacitats físiques i és el grup amb majors diferències i resultats. És per això que es recomana un major aprofundiment en la temàtica d'estudi al voltant dels grups maduratius per tenir un pes evidencial superior en l'aplicació d'un mètode d'entrenament en particular. En aquest sentit, un bon punt de partida en comú a l'hora d'iniciar noves investigacions amb diferents tipus d'entrenament podria ser el període de temps, el temps estimat (en minuts) d'intervenció i el seu descans, així com la càrrega introduïda.

Les limitacions que es destaquen en aquest treball són importants i multifactorials, degut clarament al context en el que s'ha desenvolupat el mateix.

Primerament, les proves de rendiment (tant pre com post) es van realitzar en dos setmanes en cada moment i en dies diferents per poder avaluar a tots els participants. En segon lloc, tant el programa d'entrenament com les proves s'han desenvolupat en horaris diferents, i per setmanes, també en escenaris amb paviments diferents, obligat en algunes dates amb motiu de jornades festives. Tercer, la realització de cada sessió no ha estat similar al llarg de les dotze: mentre un entrenador preferia realitzar seguir entrenant mentre es realitzava la intervenció amb grups de 2 jugadors, un altre preferia fer-ho tots de cop durant la primera part de l'entrenament i dividir l'equip en dos (un a cada mitja pista) portant l'avaluador una intervenció amb mig equip, i l'entrenador el mateix a l'altra mitja pista. Això significa que els descansos no han estat equilibrats i l'acumulació de fatiga durant l'entrenament és un clar biaix en el treball. A més, s'entén que no s'ha tingut el control del total del grup durant unes quantes sessions. Quart, la falta de motivació d'alguns participants s'ha deixat notar en algunes sessions, el que ha desencadenat també en un "efecte rebot" cap a altres companys. Cinquè, l'instrumental utilitzat en el muntatge de les proves i el programa d'entrenament ha estat adaptada al context en el que s'ha desenvolupat aquest treball: cons, marques i tanques com a material cedit pel centre de pràctiques i una cinta mètrica, un tal-límetre, una bàscula, la càmera d'un telèfon mòbil i una plataforma de contactes. Per tant, la intervenció no s'ha pogut beneficiar totalment de la precisió més pura en la recollida de dades, ja que tant del test d'esprint de 20 m com el 5-0-5 es poden mesurar de manera més fiable i objectiva amb unes fotocèl·lules, però es tracta d'un material poc accessible econòmicament. També el tal-límetre, tot i haver sigut utilitzat en altres estudis, no és del tot precís pel fet que depèn del pols de l'avaluador per equilibrar el nivell situat en la part superior de l'instrument. En sisè lloc, el nombre de participants en l'estudi és petit i la divisió en grups madurats no és homogènia, resultant la majoria d'ells en una estimació mitjana (15), mentre la els nou restants corresponien als altres dos grups. D'aquesta manera els resultats han de ser interpretats de forma cautelosa per la disparitat en el nombre d'integrants de cada grup, el que suposa una nova exposició a un biaix que només podria ser erradicat a partir de criteris d'inclusió de selecció de la mostra, deixant de costat l'aleatorietat en el disseny de l'estudi. En setè i últim punt, s'ha tenir en compte que el treball s'ha fet amb jugadors amb una diferència àmplia

d'edat cronològica, que es mou entre els 10 i els 14 anys. Això ha fet que la proposta en les sessions d'entrenament no fos la mateixa i s'apliqués durant les vuit setmanes un exercici addicional en categoria infantil (12-14 anys) que augmentava la càrrega respecte l'equip aleví. Per tant, la càrrega no ha estat la mateixa, ja que d'haver estat igual per tots l'estímul podria haver estat insuficient per alguns participants. Reduir el criteri d'inclusió de la mostra en una franja d'edat determinada (per exemple només jugadors entre 11 i 12 anys) pot ajudar a disminuir aquest biaix.

Les futures línies d'investigació referents a la temàtica d'aquest treball podrien dirigir-se a la recerca d'evidència en accions de rendiment entre grups madurats proposant programes d'entrenament de diferents metodologies en un entorn més controlat, reduint el risc de biaix i amb una major mostra. Un altre punt essencial és distingir l'objectiu d'estudi, diferenciant el moment/estat maduratiu (pre, mid i post PHV) de l'estimació madurativa (*early*, *average* i *late maturer*). Aquesta darrera ha de ser el pal de paller per construir el camí cap al desenvolupament motriu i condicional del jugador que permetria al professional de l'activitat física i l'esport planificar i situar els continguts de treball idonis per cada estat maduratiu en un període tan important. És important seguir uns estàndards més equilibrats en les intervencions dels futurs estudis per tal d'aportar un major pes en l'evidència de conclusions compartides. Un d'aquests estàndards hauria de ser la comparació en el temps d'un test-retest per realment constatar els canvis que es produeixen a raó de l'aplicació d'un programa d'entrenament, del contrari el que oferim és una visió opaca del rendiment en un moment i espai de temps en concret. La maduració va molt més enllà i necessita d'investigacions amb inici, intervenció i final.

CONCLUSIONS

Aquest treball realitzat amb joves jugador d'handbol en edat madurativa tenia com a objectiu classificar dos equips (aleví i infantil d'un club d'handbol) en tres grups madurats segons la seva estimació del PHV i trobar evidències entre tals grups, sostenint que el grup *early* resultaria amb millores significatives davant

dels altres dos grups. Després de vuit setmanes d'un entrenament de velocitat, agilitat i agilitat reactiva, tot i que es van trobar canvis significatius en el test-retest en quatre de les sis variables, en les quals l'acceleració i la velocitat semblen ser les majors beneficiades, els resultats no han reportat diferències significatives entre els grups maduratius. Tant el disseny i la implementació del programa, com el context en el que s'ha desenvolupat el treball poden haver influït en l'entrenament i consegüentment en els resultats.

Amb l'escassa investigació actual al voltant de com reaccionen els grups maduratius segons la seva estimació del PHV a un període d'entrenament, es suggereix un major estudi de la temàtica mantenint uns estàndards mínims per al seu desenvolupament i girant entorn l'aplicació d'un programa d'entrenament. Només així podran establir-se conclusions amb propietat de cares a una millor interpretació de com respon el cos als canvis induïts per un entrenament tenint en compte l'edat madurativa.

AGRAÏMENTS

Expressar un profund agraïment en primer lloc al meu centre de pràctiques que m'ha donat l'oportunitat de dur a terme aquest treball. Moltes gràcies, Club Handbol Bordils. També a la seva gent: entrenadors, directiva, jugadors i famílies. En especial, agrair la predisposició i el suport d'en Marc Combis (entrenador dels alevins) i d'en Gerard Parals (entrenadors dels infantils).

Especial menció dirigida al professor Arnau Sacot, que m'ha brindat sempre la seva ajuda en parts molt importants del treball i sempre ha estat disposat a dedicar part del seu temps a resoldre dubtes de manera presencial i a distància. Arnau, moltes gràcies.

Per últim, agrair l'ajuda per guiar-me en el desenvolupament del treball i la confiança rebuda, per part d'en Pau Campos, durant aquests mesos. Ha estat un plaer immens i he gaudit molt de totes les experiències que m'has permès viure. Un luxe poder aprendre de la teva feina en el dia a dia. Gràcies de tot cor, Pau.

Bibliografia

REFERÈNCIES

- Albaladejo-Saura, M., Vaquero-Cristóbal, R., García-Roca, J. A., & Esparza-Ros, F. (2022). Influence of biological maturation status on selected anthropometric and physical fitness variables in adolescent male volleyball players. *PeerJ*, 10. <https://doi.org/10.7717/peerj.13216>
- Andrašić, S., Gušić, M., Stanković, M., Mačak, D., Bradić, A., Sporiš, G., & Trajković, N. (2021). Speed, change of direction speed and reactive agility in adolescent soccer players: Age related differences. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5883. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115883>
- Arede, J., Oliveira, I., Gomez, M. A., & Leite, N. (2021). A multi-block multivariate analysis to explore the influence of the somatic maturation in youth basketball. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.602576>
- Bergeron, M. F., Mountjoy, M., Armstrong, N., Chia, M., Côté, J., Emery, C. A., Faigenbaum, A., Hall, G., Kriemler, S., Léglise, M., Malina, R. M., Pensgaard, A. M., Sanchez, A., Soligard, T., Sundgot-Borgen, J., van Mechelen, W., Weissensteiner, J. R., & Engebretsen, L. (2015). International Olympic Committee Consensus statement on youth athletic development. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 843–851. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094962>
- Beunen, G. P., Rogol, A. D., & Malina, R. M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food and Nutrition Bulletin*, 27(4), 244-256. <https://doi.org/10.1177/15648265060274s508>
- Bishop, C., Clarke, R., Freitas, T. T., Arruda, A. F., Guerriero, A., Ramos, M. S., Pereira, L. A., & Loturco, I. (2020). Change-of-direction deficit vs. Deceleration Deficit: A comparison of limb dominance and inter-limb

asymmetry between forwards and backs in elite male rugby union players. *Journal of Sports Sciences*, 39(10), 1088–1095. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1857578>

Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization: Theory and methodology of training* (Sixth Edition). Human Kinetics.

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

Coelho-e-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Moreira Carvalho, H., & Malina, R. M. (2008). Functional capacities and sport-specific skills of 14- to 15-year-old male basketball players: Size and maturity effects. *European Journal of Sport Science*, 8(5), 277–285. <https://doi.org/10.1080/17461390802117177>

Coelho E Silva, M. J., Moreira Carvalho, H., Gonçalves, C. E., Figueiredo, A. J., Elferink-Gemser, M. T., Philippaerts, R. M., & Malina, R. M. (2010). Growth, maturation, functional capacities and sport-specific skills in 12-13 year-old basketball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 50(2), 174–181.

Colyer, S. L., Nagahara, R., Takai, Y., & Salo, A. I. T. (2020). The effect of biological maturity status on ground reaction force production during sprinting. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(8), 1387–1397. <https://doi.org/10.1111/sms.13680>

Cripps, A. J., Hopper, L., & Joyce, C. (2016). Maturity, physical ability, technical skill and coaches' perception of semi-elite adolescent Australian footballers. *Pediatric Exercise Science*, 28(4), 535–541. <https://doi.org/10.1123/pes.2015-0238>

Fernandez-Fernandez, J., Canós-Portalés, J., Martínez-Gallego, R., Corbi, F., & Baiget, E. (2023). Effects of different maturity status on change of direction performance of Youth Tennis Players. *Biology of Sport*. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2023.121324>

- Figueiredo, A. J., Gonçalves, C. E., Coelho-e-Silva, M. J., & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11–14 years: Maturity, size, function, skill and goal orientation. *Annals of Human Biology*, 36(1), 60–73. <https://doi.org/10.1080/03014460802570584>
- Fiorilli, G., Mitrotasios, M., Iuliano, E., Pistone, E. M., Aquino, G., Calcagno, G., & Di Cagno, A. (2016). Agility and change of direction in soccer: Differences according to the player ages. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(12). <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.16.06562-2>
- Fonseca, F. S., Figueiredo, L. S., Gantois, P., de Lima-Junior, D., & Fortes, L. S. (2019). Relative age effect is modulated by playing position but is not related to competitive success in elite under-19 handball athletes. *Sports*, 7(4), 91. <https://doi.org/10.3390/sports7040091>
- Ford, P., De Ste Croix, M., Lloyd, R., Meyers, R., Moosavi, M., Oliver, J., Till, K., & Williams, C. (2011). The long-term athlete development model: Physiological evidence and application. *Journal of Sports Sciences*, 29(4), 389–402. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.536849>
- Giuriato, M., Codella, R., Lovecchio, N., Carnevale Pellino, V., Vandoni, M., & Nevill, A. M. (2021). Speed agility trends in children according to Growth. *Annals of Human Biology*, 48(4), 271–279. <https://doi.org/10.1080/03014460.2021.1928285>
- Giuriato, M., Kawczynski, A., Mroczek, D., Lovecchio, N., & Nevill, A. (2021). Allometric association between Physical Fitness Test results, body size/shape, biological maturity, and time spent playing sports in adolescents. *PLOS ONE*, 16(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249626>
- González-Fernández, F. T., Sarmiento, H., Castillo-Rodríguez, A., Silva, R., & Clemente, F. M. (2021). Effects of a 10-week combined coordination and Agility Training Program on young male soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19), 10125. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910125>

- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31818cb278>
- Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797–814. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z>
- Kozieł, S. M., & Malina, R. M. (2017). Modified maturity offset prediction equations: Validation in independent longitudinal samples of boys and girls. *Sports Medicine*, 48(1), 221–236. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0750-y>
- Lidor, R., Falk, B., Arnon, M., Cohen, Y., Segal, G., & Lander, Y. (2005). Measurement of talent in team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 318–325. <https://doi.org/10.1519/00124278-200505000-00014>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The Youth Physical Development Model. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61–72. <https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e31825760ea>
- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., Brewer, C., Pierce, K. C., McCambridge, T. M., Howard, R., Herrington, L., Hainline, B., Micheli, L. J., Jaques, R., Kraemer, W. J., McBride, M. G., Best, T. M., Chu, D. A., Alvar, B. A., & Myer, G. D. (2013). Position statement on youth resistance training: The 2014 international consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 498–505. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092952>
- Malina, R. M., Cumming, S. P., Kontos, A. P., Eisenmann, J. C., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2005). Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13–15 years. *Journal of Sports Sciences*, 23(5), 515–522. <https://doi.org/10.1080/02640410410001729928>

- Malina, R. M., & Kozieł, S. M. (2013). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 424–437. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828850>
- Malina, R. M., & Kozieł, S. M. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish girls. *Journal of Sports Sciences*, 32(14), 1374–1382. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.889846>
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho-e-Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of Youth Athletes: Assessment and Implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>
- Malina, R. M., Kozieł, S. M., Králik, M., Chrzanowska, M., & Suder, A. (2020). Prediction of maturity offset and age at peak height velocity in a longitudinal series of boys and girls. *American Journal of Human Biology*, 33(6). <https://doi.org/10.1002/ajhb.23551>
- Malina, R. M., Coelho-e-Silva, M. J., Martinho, D. V., Sousa-e-Siva, P., Figueiredo, A. J., Cumming, S. P., Králik, M., & Kozieł, S. M. (2021). Observed and predicted ages at peak height velocity in soccer players. *PLOS ONE*, 16(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254659>
- Matthys, S. P., Vaeyens, R., Coelho-e-Silva, M., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2012). The contribution of growth and maturation in the functional capacity and skill performance of male adolescent handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 33(07), 543–549. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1298000>
- Matthys, S. P. J., Vaeyens, R., Franssen, J., Deprez, D., Pion, J., Vandendriessche, J., Vandorpe, B., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2013). A longitudinal study of multidimensional performance characteristics related to physical capacities in youth handball. *Journal of Sports Sciences*, 31(3), 325–334. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.733819>

- Mirwald, R. L., 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), 689–694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Molina-López, J., Barea Zarzuela, I., Sáez-Padilla, J., Tornero-Quiñones, I., & Planells, E. (2020). Mediation effect of age category on the relationship between body composition and the physical fitness profile in youth handball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2350. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072350>
- Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D., Cameron, N., & Brasher, P. M. (2015). Enhancing a somatic maturity prediction model. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(8), 1755–1764. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000588>
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Bezodis, N. E., & Lockie, R. G. (2018). Change of direction and agility tests: Challenging our current measures of performance. *Strength & Conditioning Journal*, 40(1), 26–38. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000309>
- Norris, R., Carroll, D., & Cochrane, R. (1992). The effects of physical activity and exercise training on psychological stress and well-being in an adolescent population. *Journal of Psychosomatic Research*, 36(1), 55–65. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(92\)90114-h](https://doi.org/10.1016/0022-3999(92)90114-h)
- Parr, J., Winwood, K., Hodson-Tole, E., Deconinck, F. J., Parry, L., Hill, J. P., Malina, R. M., & Cumming, S. P. (2020). Predicting the timing of the peak of the pubertal growth spurt in elite male youth soccer players: Evaluation of methods. *Annals of Human Biology*, 47(4), 400–408. <https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1782989>
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. (2015). Agility in team sports: Testing, training and factors affecting performance. *Sports Medicine*, 46(3), 421–442. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0428-2>

- Pereira, S., Garbeloto, F., Guimarães, E., Santos, C., Baxter-Jones, A. D., Tani, G., Freitas, D., Bustamante, A., Katzmarzyk, P. T., & Maia, J. (2021). Physical Fitness Spurts in childhood: A study in boys. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(S1), 47–55. <https://doi.org/10.1111/sms.13800>
- Póvoas, S. C., Castagna, C., Resende, C., Coelho, E. F., Silva, P., Santos, R., Seabra, A., Tamames, J., Lopes, M., Randers, M. B., & Krstrup, P. (2017). Physical and physiological demands of recreational team handball for adult untrained men. *BioMed Research International*, 2017, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2017/6204603>
- Rebelo, A., Pereira, J. R., Martinho, D. V., Duarte, J. P., Coelho-e-Silva, M. J., & Valente-dos-Santos, J. (2022). How to improve the reactive strength index among male athletes? A systematic review with meta-analysis. *Healthcare*, 10(4), 593. <https://doi.org/10.3390/healthcare10040593>
- Romero-García, D., Vaquero-Cristóbal, R., Albaladejo-Saura, M., Esparza-Ros, F., & Martínez-Sanz, J. M. (2023). Influence of biological maturation status on kinanthropometric characteristics, physical fitness and diet in adolescent male handball players. *Applied Sciences*, 13(5), 3012. <https://doi.org/10.3390/app13053012>
- Ros López Víctor, Hidalgo-Santos, P., & Pons-Oliver Martí. (2021). *Nuevas tendencias en el desarrollo del talento deportivo*. Documenta Universitaria.
- Rumpf, M. C., Cronin, J. B., Pinder, S. D., Oliver, J., & Hughes, M. (2012). Effect of different training methods on running sprint times in male youth. *Pediatric Exercise Science*, 24(2), 170–186. <https://doi.org/10.1123/pes.24.2.170>
- Rumpf, M. C., Lockie, R. G., Cronin, J. B., & Jalilvand, F. (2016). Effect of different sprint training methods on sprint performance over various distances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1767–1785. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001245>

- Sawyer, S. M., Azzopardi, P. S., Wickremarathne, D., & Patton, G. C. (2018). The age of adolescence. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 2(3), 223–228. [https://doi.org/10.1016/s2352-4642\(18\)30022-1](https://doi.org/10.1016/s2352-4642(18)30022-1)
- 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>
- Silva, A. F., Ramirez-Campillo, R., Ceylan, H. İ., Sarmiento, H., & Clemente, F. M. (2022). Effects of maturation stage on sprinting speed adaptations to plyometric jump training in Youth Male Team Sports Players: A systematic review and meta-analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine*, Volume 13, 41–54. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s283662>
- Thieschäfer, L., & Büsch, D. (2022). Development and trainability of agility in youth: A systematic scoping review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.952779>
- Till, K., Cogley, S., O' Hara, J., Cooke, C., & Chapman, C. (2013). Considering maturation status and relative age in the longitudinal evaluation of Junior Rugby League players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(3), 569–576. <https://doi.org/10.1111/sms.12033>
- Torres-Unda, J., Zarrazquin, I., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., Kortajarena, M., Seco, J., & Irazusta, J. (2012). Anthropometric, physiological and Maturational Characteristics in selected elite and non-elite male adolescent basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 31(2), 196–203. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.725133>
- Trajković, N., Sporiš, G., Krističević, T., Madić, D. M., & Bogataj, Š. (2020). The importance of reactive agility tests in differentiating adolescent soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3839. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113839>
- Viru, A., Loko, J., Harro, M., Volver, A., Laaneots, L., & Viru, M. (1999). Critical periods in the development of performance capacity during childhood and

adolescence. *European Journal of Physical Education*, 4(1), 75–119.
<https://doi.org/10.1080/1740898990040106>

Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: a review. *Journal of sports science & medicine*, 13(4), 808–816.

Weineck Jürgen. (2005). *Entrenamiento total*. Editorial Paidotribo.

Živković, M., Stojiljković, N., Trajković, N., Stojanović, N., Đošić, A., Antić, V., & Stanković, N. (2022). Speed, change of direction speed, and lower body power in young athletes and nonathletes according to maturity stage. *Children*, 9(2), 242. <https://doi.org/10.3390/children9020242>

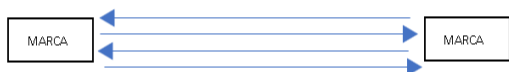
Annexos

ANNEX 1

SETMANES 1-4

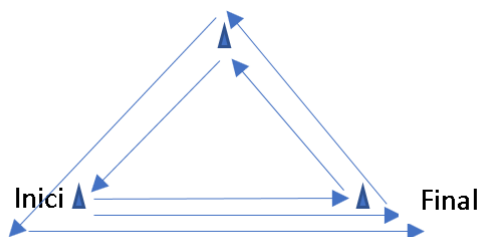
1.DESPLAÇAMENTS LATERALS: El participant es posiciona a un dels dos costats i inicia voluntàriament el desplaçament lateralment. Ha de trepitjar la marca, canviar el sentit en direcció al punt inicial i tornar a repetir el mateix recorregut sense pausa. La distància entre marca i marca era de 5 metres.

SETMANA	Series	Repeticions
Primera	3	1
Segona	4	1
Tercera*	4	1
Quarta	4	1



*Augment de la distància a recórrer respecte la setmana anterior

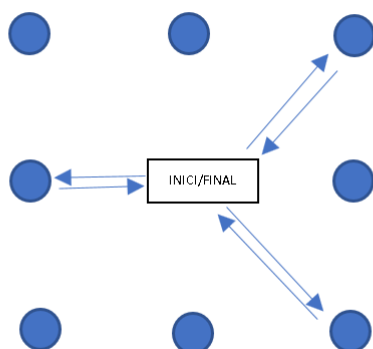
2.DESPLAÇAMENT LATERAL EN TRIANGLE: El participant inicia en un dels dos cons de la base. Ho fa en direcció a l'altre con i continua cap endavant, per després retrocedir de nou a la posició de partida i tornar a repetir el mateix recorregut i acabar al con contrari d'on s'havia començat inicialment. La distància entre marca i marca era de 5 metres.



SETMANA	Series	Repeticions
Primera	2	1
Segona	2	1
Tercera	2	1
Quarta	2	1

3.CANVIS DE DIRECCIÓ MULTIDIRECCIONALS: El participant inicia i finalitza en el centre del rectangle (10x5 metres) i ha de passar per marques diferents (a lliure elecció) sempre tornant al centre abans d'anar a la següent. La primera setmana van ser tres marques, mentre en les tres següents el participant havia d'anar a quatre marques.

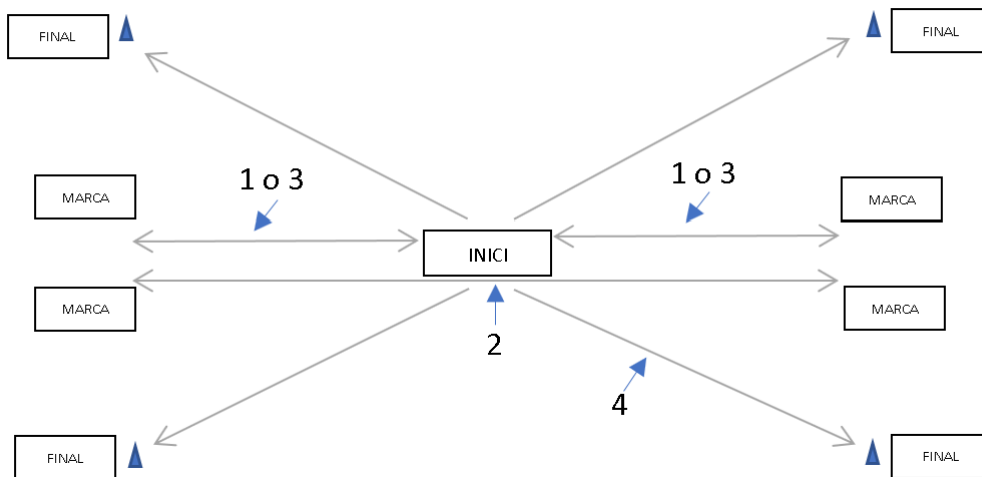
Quan es va augmentar la distància, es va afegir 1 metre per cada marca situada en el rectangle.



SETMANA	Series	Repeticions
Primera	3	1
Segona	3	1
Tercera*	3	1
Quarta	4	1

* Augment de la distància a recórrer respecte la setmana anterior

4.SPRINT LINEAL MÉS CANVI DE DIRECCIÓ: El participant iniciava al mig del recorregut marcat (que és de 10 metres) en direcció a un costat, per arribar a la marca, canviar de direcció i dirigir-se a la marca contrària situada a 10 metres i tornar a canviar de direcció per dirigir-se al punt de partida i realitzar un altre canvi de direcció, aquest a 45° per finalitzar en esprint fins al con que el participant escollia, situat a uns altres 10 metres.



1, 2, 3 i 4 fan referència als passos a seguir per la correcta realització de l'exercici.

SETMANA	Series	Repeticions
Primera	2	1
Segona	2	1
Tercera	3	1
Quarta	4	1

SETMANES 5-6 i 7-8

1. DESPLAÇAMENTS LATERALS:

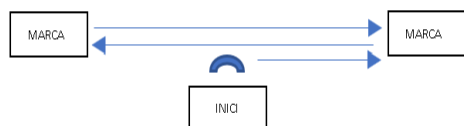
Setmanes 5-6: El participant iniciava individualment darrere d'una petita tanca situada a l'alçada de la meitat del recorregut (que era de 5 metres). El moment d'inici era elecció del participant, que havia de saltar la tanca a peus junts i abans de caure rebia un estímul acústic o visual que indicava si havia d'anar a dreta o esquerra. Després d'arribar a la primera marca, havia de fer el recorregut d'anada i de tornada amb desplaçament lateral.

Les diferències entre la setmana 5 i 6 era que en la 5 l'estímul era únicament auditiu i la tanca era petita, mentre que en la setmana 6 l'estímul era únicament visual i la tanca era més alta.

Setmanes 7-8: Participen dos companys a la vegada. Es disposaven un davant de l'altre. Cadascun tenia davant dos tanques (una petita i una més alta, en aquest ordre) que havia de saltar a peus junts una vegada que un dels dos

iniciava l'exercici. El que iniciava començava parat, mentre el que reacciona esperava fent un skipping baix. Aquell que reaccionava havia de seguir el mateix recorregut que el seu company decidia. Per tant, quan iniciava un d'ells (prèviament acordat), el company també ho feia i havia de intentar enganxar-lo seguint un mètode "d'efecte mirall". Com es feien dos sèries d'una repetició, cada vegada iniciava un participant de la parella.

La diferència entre la setmana 7 i la 8 va ser la distància recorreguda, ja que en la 8 la distància va augmentar en aproximadament 1 metre per costat.



SETMANA	Series	Repeticions
Primera	2	1
Segona	2	1
Tercera	2	1
Quarta*	2	1

* Augment de la distància a recórrer respecte la setmana anterior

2. DESPLAÇAMENT LATERAL EN TRIANGLE:

Setmanes 5-6: El participant comença a un dels cons de la base del triangle en dinàmica d'skipping baix i l'avaluador dona l'estímul de sortida assenyalant cap a on ha d'iniciar l'exercici el participant. Una vegada ha iniciat, s'ha de desplaçar lateralment i en acabar de fer la primera volta, l'avaluador indicava si havia de seguir el mateix sentit i fer una volta més o tornar sobre els seus passos. Per tant, el participant havia de fer un total de dos voltes. Com que es feien dos sèries d'una repetició, es començava cada repetició a un con d'inici diferent.

La diferència entre la setmana 5 i la 6 era que la 5 l'estímul era únicament auditiu, mentre en la setmana 6 l'estímul era únicament visual.

Setmanes 7-8: Executen l'exercici dos participants simultàniament. Un d'ells espera en posició d'skipping baix mentre espera l'inici del seu company situat a l'altre con de la base del triangle, que es troba totalment parat. Quan aquest

decidia, anava en direcció cap endavant o cap al costat, mentre el companyy reaccionava anant en direcció contrària. En arribar el que iniciava a posició de partida havent fet la primera volta, podia decidir continuar en el mateix sentit o canviar, el que obligava també a canviar de sentit al companyy, tornant d'aquesta manera sobre els passos. Com eren dos sèries d'una repetició, es canviaven els rols de proactiu i reactiu.



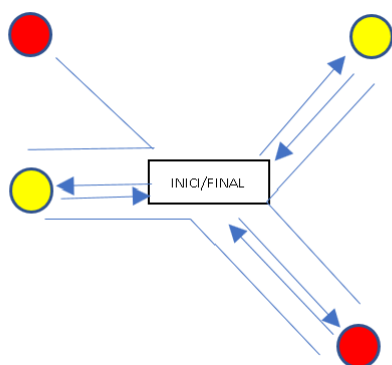
SETMANA	Series	Repeticions
Primera	2	1
Segona	2	1
Tercera	2	1
Quarta	2	1

3.CANVIS DE DIRECCIÓ MULTIDIRECCIONALS:

Setmanes 5-6: El participant inicia en el centre del rectangle quan l'entrenador donava la senyal i havia de passar per 4 marques (dos són de color groc i dos vermelles). L'avaluador estava dins del rectangle i era qui marcava amb estímul visual o auditiu cap a on havia de dirigir-se el participant ensenyant un color o l'altre. Això es produïa cada vegada que el participant tornava al punt inicial després de fer el canvi de direcció. Les normes eren que no es podia repetir la mateixa marca de manera consecutiva.

La diferència entre la setmana 5 i 6 radicava en el tipus d'estímul. La setmana 5 l'estímul va ser auditiu, mentre la setmana 6 l'estímul era visual ensenyant una marca groga o vermella que tenia a cada mà.

Setmanes 7-8: Es disposaven dos participants a realitzar l'exercici. Un d'ells porta la iniciativa, mentre l'altre espera en skipping baix i reacciona al que fa el seu company. Una vegada s'iniciava, els dos havien d'anar a 3 marques. El que reacciona havia d'anar al mateix color, però diferent marca. Les normes eren que no es podia repetir la mateixa marca de manera consecutiva.



SETMANA	Series	Repeticions
Primera	3	1
Segona	3	1
Tercera	4	1
Quarta*	4	1

* Augment de la distància a recórrer respecte la setmana anterior

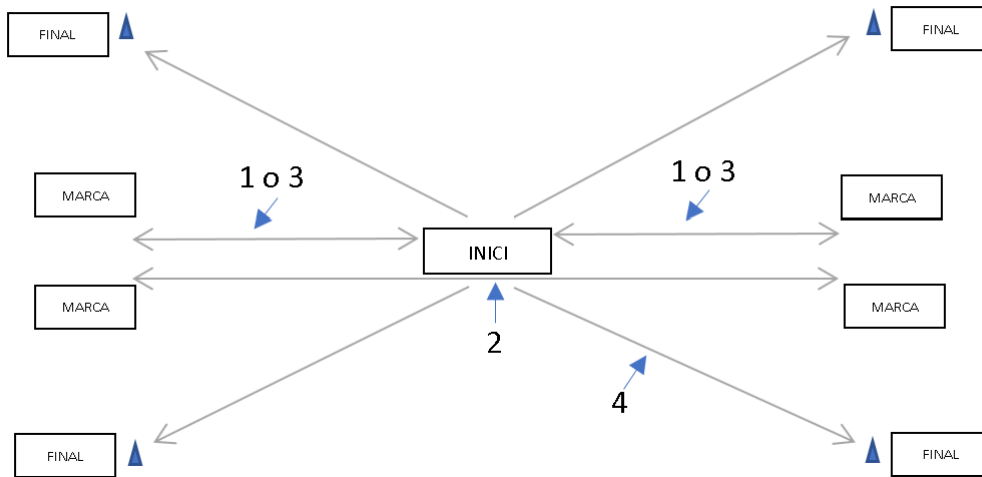
4.SPRINT LINEAL MÉS CANVI DE DIRECCIÓ:

Setmanes 5-6: El participant comença en el centre del recorregut lineal de 10 metres en dinàmica d'skipping baix i mirant a l'avaluador que es trobava situat davant d'ell. En qualsevol moment l'avaluador indicava el costat cap on havia d'anar. El participant reaccionava i es dirigia a la primera marca, feia un canvi de direcció i feia el recorregut de 10 metres fins arribar a la següent marca, per tornar a canviar de direcció i dirigir-se al punt de partida on espera l'avaluador i, abans d'arribar el participant, l'anterior indica de nou dreta o esquerra per a que el participant faci el canvi de direcció i acabi amb un esprint lineal de 10 metres.

La diferència entre la setmana 5 i la 6 era que en la 5 els estímuls eren auditius i en la setmana 6 els estímuls eren visuals

Setmanes 7-8: Es disposen dos participants un davant de l'altre. Un d'ells, prèviament acordat, inicia l'exercici mentre l'altre reacciona esperant en posició d'skipping baix. El que reacciona ha de seguir el mateix recorregut que feia el que duia la iniciativa, i un cop arribats al punt de partida per finalitzar, hi espera l'avaluador per indicar amb estímulo auditiu o visual cap a on ha d'anar cadascú.

En aquest cas, el que iniciava l'exercici havia d'anar allà on indicava l'avaluador, mentre que el que reaccionava, havia d'anar en direcció contrària. Donat que aquest exercici es repetia quatre vegades, cada participant iniciava i reaccionava dos vegades.



SETMANA	Series	Repeticions
Primera	2	1
Segona	3	1
Tercera	4	1
Quarta	4	1

ANNEX 2

DECLARACIÓ DE CONSENTIMENT INFORMAT UTILITZADA.



DECLARACIÓ DE CONSENTIMENT INFORMAT

RESPOSTA A UN ENTRENAMENT DE VELOCITAT I AGILITAT EN JOVES JUGADORS D'HANDBOL SEGONS L'EDAT MADURATIU

El present estudi es desenvoluparà a l'equip aleví i infantil masculí del Club Handbol Bordils, durant la temporada 2022/2023, sota la supervisió del tècnic Daniel Ramirez de Arellano Prous.

El Sr./Sra. _____ amb DNI: _____ com a pare, mare o tutor legal del menor manifesta que:

- 1) Participa voluntàriament en aquest estudi.

El tècnic i el club declaren que:

- 1) Mantindran l'anonimat de les persones que hagin participat en aquest estudi, i la confidencialitat de les dades que es derivin d'ella, en compliment de la Llei Orgànica 15/1999 de Protecció de Dades de Caràcter Personal.
- 2) Informaran al participant al finalitzar la sessió dels objectius de l'estudi.
- 3) Informaran al participant (si ho sol·licita) dels resultats generals de l'estudi quan aquest finalitzi.

Després de llegir aquest document, ~~consenteixo~~ consenteixo que en participi a l'estudi.

Daniel Ramirez de Arellano Prous

Signatura

Signatura

Bordils, a _____ de _____ de _____.

C/Francesc Macià, 65 - 17190 Salt (Girona) - Tel. 972 405 130 - Fax 972 400 781
info@euses.cat - www.euses.cat