



*Centre universitari adscrit a la*

---



**Universitat  
Pompeu Fabra**  
*Barcelona*

# **TREBALL FINAL DE MÀSTER EN ENTRENAMENT PERSONAL I READAPTACIÓ FÍSICA-ESPORTIVA**

Roger Tortosa Compte

Bruno Fernández-Valdés

Víctor Illera-Domínguez

## Títol

# **Volea de Drive al Pàdel: Diferències en Força, Acceleració i Variabilitat de Moviment en Relació als Nivells d'Aproximació i la Categoria dels Participants**

## Resum

El pàdel ha crescut significativament durant la última dècada. Aquest estudi es centra en valorar el rendiment de la volea de dirve (VD), utilitzant tècniques de valoració lineals com no lineals, incloent la entropia per mesurar la variabilitat de moviment (VM). Es tracta d'un estudi descriptiu i comparatiu transversal. En l'estudi participen dotze jugadors de pàdel, dividits en dos grups de sis per la categoria de rendiment dels jugadors; sis jugadors professionals i sis jugadors amateurs. Realitzen 4 exercicis relacionats amb la VD amb diferents nivells d'aproximació (nivell 1, nivell 14, nivell 2 i nivell 24) i es valora l'acceleració mitjana, acceleració màxima, força mitjana, força màxima i entropia de la senyal d'acceleració. Com a resultat, s'observa que l'efecte del nivell ha generat diferències significatives en totes les variables. En el cas de l'entropia, cal destacar que els participants han tingut una major VM en els exercicis realitzats amb entrenament inercial. En canvi, l'efecte de la categoria només ha tingut diferències significatives sobre la variable d'acceleració mitjana. Això suggereix que, el disseny dels nivells d'aproximació influeix significativament amb les variables de rendiment de la VD en el pàdel. L'acceleració mitjana és la variable que ha diferenciat el rendiment entre els jugadors professionals i amateurs.

### **Paraules clau**

Valoració lineal, Valoració no lineal, Rendiment, Individualització, Moviment esportiu.

## Title

# **Drive Volley in Padel: Differences in Resistance, Acceleration, and Movement Variability in Relation to Approach Levels and Participant**

## **Category**

## **Abstract**

Padel has grown significantly over the past decade. This study focuses on evaluating the performance of the drive volley (DV) using both linear and non-linear assessment techniques, including entropy to measure movement variability (MV). It is a descriptive and comparative cross-sectional study. Twelve padel players participated in the study, divided into two groups of six based on the players' performance category: six professional players and six amateur players. They performed 4 exercises related to the DV with different approach levels (level 1, level 14, level 2, and level 24) and assessed average acceleration, maximum acceleration, average force, maximum force, and entropy of the acceleration signal. As a result, it was observed that the effect of the level generated significant differences in all variables. In the case of entropy, it is noteworthy that participants had higher values in exercises performed with inertial training. On the other hand, the effect of the category only had significant differences on the average acceleration variable. This suggests that the design of approach levels significantly influences the performance variables of the DV in padel. Average acceleration is the variable that differentiated performance between professional and amateur players.

**Key words**

Linear assessment, Non-linear assessment, Performance, Individualization,  
Sport movement.

## Introducció

El pàdel és un esport de raqueta per parelles (2 contra 2) que va néixer a Mèxic, l'any 1969 <sup>1</sup>. En els últims anys, ha experimentat un creixement enorme i, actualment, és un dels vuit esports més practicats a nivell estatal <sup>2</sup>.

Com qualsevol altre esport, quan creix a nivell amateur, també creix a nivell professional. És per això, que la cerca del rendiment és una de les prioritats. Per poder millorar el rendiment, s'ha de mesurar, necessitem dades que ens indiquin en quina direcció s'ha d'anar i, actualment, les valoracions es realitzen des de una perspectiva lineal, quelcom que ens proporciona com a resultat una informació parcial del moviment <sup>3</sup>. Així doncs, s'ha de complementar amb tècniques de valoració de caràcter no lineal. Una d'elles és la entropia, i es defineix com, tècniques que proporcionen informació quantitativa i qualitativa sobre una determinada tendència del sistema motor <sup>4</sup>.

En el pàdel, el gest esportiu específic que es dona en més ocasions durant un partit professional, és la volea <sup>5</sup>. Per poder valorar-lo i dissenyar nivells d'aproximació, s'ha escollit la volea de drive (VD). Els nivells s'han pensat de manera que es va accentuant la importància de les diferents estructures de l'esportista de manera progressiva <sup>6</sup>.

La variable utilitzada per analitzar la seva estructura mitjançant la entropia és la variabilitat de moviment (VM). Aquesta és definida com les variacions que presenta l'execució motriu <sup>4</sup>, és a dir, valora la reproductibilitat del moviment <sup>7</sup>. La literatura científica respecte al anàlisi no lineal en els esports no és molt extensa, i menys si busquem estudis focalitzats en el anàlisi de la VM de un moviment específic de l'esport <sup>8</sup>.

Per tant, l'objectiu principal d'aquest estudi és determinar si hi ha diferències significatives, mitjançant tècniques de valoració lineals (magnitud) i no lineals (estructura), en els diferents nivells d'aproximació de la VD i si aquestes es veuen més marcades segons la categoria del participant.

## **Hipòtesi i objectius de l'estudi**

### *Objectiu general*

Analitzar si hi ha diferències significatives en les variables de força, acceleració i VM en relació als nivells d'aproximació de la VD i si aquestes es modifiquen segons la categoria del jugador.

### *Objectius específics*

Determinar quin efecte té el factor nivell i el factor categoria respecte les variables.

Analitzar les diferències entre les variables que expressen magnitud (força i acceleració) i les variables que expressen estructura (entropia de la senyal d'acceleració) en relació als nivells d'aproximació i la categoria del jugador.

Determinar si s'ha dissenyat correctament els nivells d'aproximació i les seves agrupacions a partir dels valors de les variables.

### *Hipòtesis*

H<sub>1</sub>: Pel que fa a l'efecte dels nivells d'aproximació les diferències seran significatives en totes les variables. En relació a l'efecte de la categoria, només hi haurà diferències significatives en la variable de l'entropia de la senyal d'acceleració, de manera que els jugadors professionals, mostraran uns nivells més alts de entropia.

H<sub>2</sub>: En els nivells 1 i 14, les variables de força seran majors que en els nivells 2 i 24. En canvi, en els nivells 2 i 24 els valors de les variables d'acceleració seran més alts que en els nivells 1 i 14. Per altra banda, en els nivells 1 i 2 la variable d'entropia serà menor que en els nivells 14 i 24.



H3: En els nivells d'aproximació amb presa de decisió l'entropia augmentarà i, les variables de força i acceleració es veuran lleugerament reduïdes.

## Material i mètodes

### *Disseny de l'estudi*

Estem davant d'un estudi descriptiu i comparatiu transversal. En primer lloc, és descriptiu perquè s'enfoca a recopilar informació detallada sobre les variables d'interès sense realitzar cap programa d'intervenció. Per altra banda, és comparatiu perquè implica la comparació entre categoria (amateur i professional) y el nivell d'aproximació (nivell 1, nivell 14, nivell 2 i nivell 24). Per últim, parlem de que és un disseny transversal perquè la recopilació de dades es realitza en un sol punt en el temps.

### *Població i mostra*

- Definició de la població

La població diana d'aquest estudi son esportistes que juguen a pàdel de manera recurrent. És molt important el concepte de recurrent ja que, per participar en l'estudi, s'ha de tenir un nivell bàsic.

- Criteris d'inclusió i exclusió

Taula 1. Criteris d'inclusió i exclusió

Criteris d'inclusió	Criteris d'exclusió
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jugar com a mínim un partit de pàdel a la setmana.</li> <li>▪ La mà dominant o la mà amb la que practiquen l'esport ha de ser la dreta.</li> <li>▪ Els participants seran només homes.</li> <li>▪ Baixa experiència en l'entrenament inercial (polítja cònica).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presentar dolor agut que no li permeti realitzar el test amb la màxima intenció.</li> <li>▪ Participants menors de 16 anys.</li> <li>▪ Presentar problemes psiquiàtrics o físics.</li> </ul>

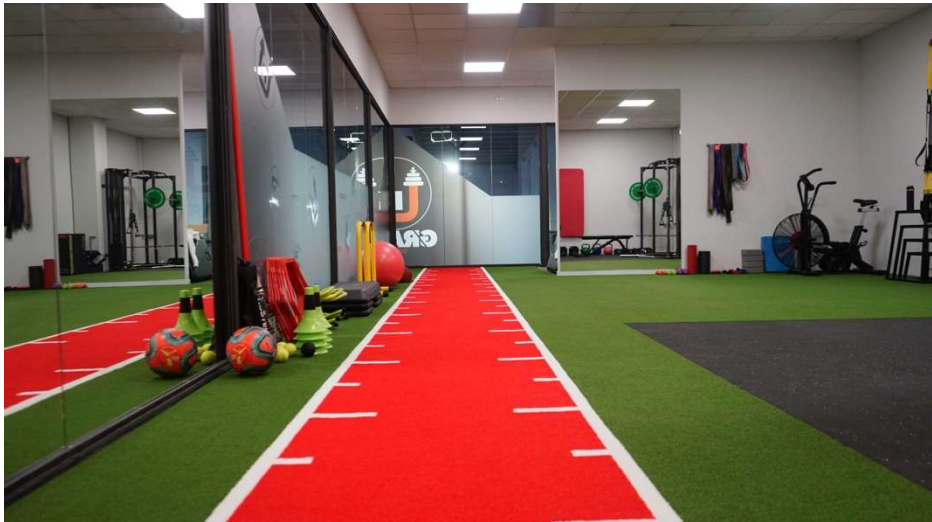
- Mètodes i lloc de selecció de la mostra

Tots els subjectes tenen en comú que en alguna ocasió, han jugat dins de l'establiment Aerial Pàdel Vic (II·lustració 1).



II·lustració 1. Aerial Pàdel Vic

El centre d'entrenament anomenat Upgrade Sport (Il·lustració 2), és on s'ha portat a terme aquest estudi, està dins de l'Aurial Pàdel Vic, on hi ha 8 pistes de pàdel indoor i és un dels centres de referència de pàdel de la comarca d'Osona.



Il·lustració 2. Upgrade Sport

Així doncs, el mètode de selecció de la mostra ha sigut el contacte personal entre el participant i nosaltres. A partir de veure, de manera subjectiva, el seu nivell d'experiència en el pàdel i, corroborar-ho de manera objectiva, amb el número de partits i entrenaments realitzats a la setmana, s'ha anat confeccionant la mostra.

- Dimensió de la mostra

Un total de 12 voluntaris d'edat  $24 \pm 8$  han participat en aquest estudi. La mostra s'ha dividit en 2 grups de 6 jugadors cada grup. En el primer grup, els jugadors tenen una mitja de  $7 \pm 2$  partits o entrenaments de pàdel, així doncs, aquest és el grup que s'ha considerat com a jugadors de pàdel professionals. El segon grup tenen una mitjana de  $2 \pm 1$  partits o entrenaments de pàdel, i se l'ha considerat com el grup de jugadors amateurs.

*Procediment*

El treball consta de les següents parts; activació, nivell 2, nivell 24, familiarització cònica, nivell 1 i nivell 14.

- Activació

En el moment que el jugador entrava a la sala d'estudi, realitzava una breu activació, veure taula 1, que constava del següent treball:

Taula 2. Activació prèvia

<b>Exercici</b>	<b>Càrrega de treball</b>	<b>Imatge</b>
90 vs 90	1 x 20 repeticions	
Flexió dorsal de turmell	1 x 10 repeticions	
Monster walk	1 x 12 repeticions amb miniband "Flexvit" blava	
Lunge isomètric	1 x 4 repeticions aguantant 12" l'isomètric	

- Nivell 2

Com es pot observar en il·lustració 3 el participant va amb un cinturó on està enganxat amb un elàstic Flexvit Resist "Heavy" (il·lustració 4) i porta la pala a la seva mà dominant. Seguidament, realitza una carrera d'aproximació en diagonal i executa una volea de drive. En cap moment colpejarà cap pilota, el participant realitza una simulació del moviment. Un cop realitza la volea de drive, torna a la posició inicial i es repetiria el mateix patró. Es realitzen 8 repeticions a màxima intensitat.



Il·lustració 3. Posició inicial i final del nivell 2



Il·lustració 4. Flexvit Resist "Heavy"

- Nivell 24

L'exercici és exactament el mateix que el nivell 2, però amb dues variants. La primera d'elles és que en aquest cas impacta una pilota en el moment que realitza la VD. En segon lloc, és que en el moment que se li tira la pilota, ens mourem cap a la dreta o l'esquerra. Ell sempre haurà de dirigir la VD cap a l'espai lliure. Així doncs, a part de que impacti una pilota, també haurà de prendre una decisió. El treball consta de 8 repeticions a màxima intensitat (il·lustració 5).



Il·lustració 5. Posició inicial i final del nivell 24

- Familiarització cònica

Tenint en compte que cap dels participants tenia molta experiència amb el treball en cònica, s'ha realitzat una familiarització.

El primer exercici es tractava de un rem amb la politja cònica. Se'ls hi explicava que la intenció és que sempre hi hagi tensió a la corda, per tal de que el moviment sigui fluid.

A continuació, executaven un rem amb l'afegit de que realitzaven un lunge amb la cama contrària del rem. Se'ls hi ensenyava a frenar amb el tren inferior i accelerar amb el tren superior. En aquest cas, l'exercici consta d'un component coordinatiu més elevat i que s'apropa més a l'exercici que hauran de realitzar.



- Nivell 1

L'exercici a testejar es el lunge frontal amb cònica. Es tracta de una tasca que, pel que fa al tren inferior té correspondència dinàmica amb la VD i treballem amb alta càrrega de resistència externa pel fet de realitzar l'exercici amb la politja cònica (il·lustració 6).



Il·lustració 6. Posició inicial i final del nivell 1

- Nivell 14

En aquest nivell es manté el treball amb politja cònica i el lunge frontal. Afegim les variants de que el participant portarà la pala a la seva mà dominant i ha d'impactar una pilota en el moment de realitzar el lunge frontal. L'objectiu és que tingui la màxima correspondència dinàmica amb la VD, és per això que ens interessa que la pilota s'impacti en el transcurs del lunge frontal. Per altra banda, podem observar en la il·lustració 7 que hi ha cons a davant del participant. Aquests estaran numerats del 1 al 3 i en el moment de passar-li la pilota se li dirà un número. El participant haurà de intentar tombar el con en qüestió.





Il·lustració 7. Posició inicial i final del nivell 14

### *Variables i test d'avaluació emprats*

- Variables independents o factors d'estudi.

En primer lloc trobem la variable categoria. Aquesta es divideix en 2 grups. El grup 1, que seran tots aquells participants que juguen i/o entrenen menys de 2 vegades a la setmana i el grup 2, que seran aquells participants que realitzen més de 4 partits i/o entrenaments de pàdel. Així doncs, aquesta variable ens diferencia el rendiment esportiu dels participants.

Per altra banda, trobem la variable nivell. Aquesta és la que diferencia els nivells d'aproximació de la volea de drive (gest tècnic a analitzar). Així doncs, trobem 4 grups dins d'aquesta variable; nivell 1, nivell 14, nivell 2 i nivell 24. En aquesta variable diferenciem els exercicis que s'han realitzat i en el cas del nivell 1 i nivell 2, son exercicis sense presa de decisió i nivell 14 i nivell 24, son els mateixos exercicis que els anteriors però implicant l'estructura coordinativa i cognitiva.

- Variables dependents o variables de resposta.

Les variables de resposta ens permetran estimar la magnitud de l'efecte observat. L'estudi consta de 5 variables. (1) L'acceleració mitjana (Acc\_mitj), és una variable que indica magnitud i es refereix a l'acceleració mitjana que registra el cos del participant durant l'execució de l'exercici. (2) L'acceleració màxima (Acc\_max), també és una variable que ens indica magnitud i es refereix a l'acceleració màxima que assoleix el cos del participant durant l'execució de l'exercici. (3) Entropia de la senyal d'acceleració (Entropia\_acc), a diferència de les variables anteriors, aquesta ens indica estructura, és a dir, analitza l'estructura de la senyal (row data). En aquest cas utilitzem l'entropia aproximada (ApEn), aquesta proporciona informació quantitativa i qualitativa sobre una determinada tendència del sistema motor mitjançant el seguiment dels patrons de moviment humà<sup>9</sup>. L'acceleració es mesurarà amb la aplicació SparkVUE del telèfon mòbil (il·lustració 8) i es col·locarà amb un cinturó a la zona del centre de masses del participant. L'aplicació utilitza l'acceleròmetre que hi ha dins del telèfon mòbil i totes les mostres s'han registrat a una freqüència de 250Hz, ja que registrar-ho a una freqüència de mostreig de 100Hz no és adequat per analitzar la VM en accions explosives<sup>3</sup>.



Il·lustració 8. Aplicació de telèfon mòbil SparkVUE

Per altra banda, les variables de força son; (4)

Força mitjana (Força\_mitj) i (5) força màxima (Força\_max), s'han registrat a través de la galga extensiomètrica de Suiff Pro i el seu software (il·lustració 9) on ens reporta de manera instantània aquests dos valors. Aquest dispositiu sense



Il·lustració 9. Dispositiu Suiff Pro i el seu software

cable ha mostrat un excel·lent nivell de concordança amb una plataforma de força MuscleLab 6000 (Gold Standard) en la avaluació de força isomètrica i dinàmica <sup>10</sup>.

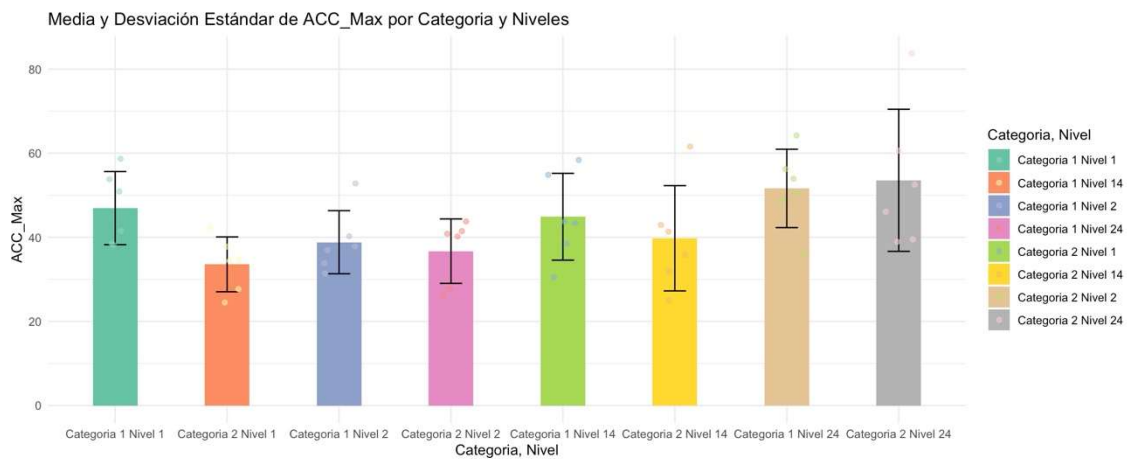
### *Anàlisi estadístic emprat*

L'estadística realitzada consta d'un anàlisi descriptiu de les variables amb les seves respectives gràfiques. A continuació s'ha realitzat el test de Shapiro-Wilk per determinar si les dades segueixen una distribució normal i saber quina prova estadística s'ha d'aplicar. Seguidament s'ha utilitzat la prova estadística ANOVA de dos factors (categoria i nivell) per determinar si hi ha diferències significatives. Per finalitzar, s'ha realitzat les gràfiques de les ANOVA de les variables amb el gràfic ggstatsplot. Aquesta tipologia de gràfic ens aporta avantatges com; (1) evita errors i augmenta la reproductibilitat dels informes estadístics, (2) destaca la importància de l'efecte i (3) és suficientment fàcil i senzill perquè la gent amb poca experiència sigui capaç d'utilitzar-lo <sup>11</sup>. Tot aquest anàlisi estadístic s'ha realitzat mitjançant Rstudio.

## Resultats

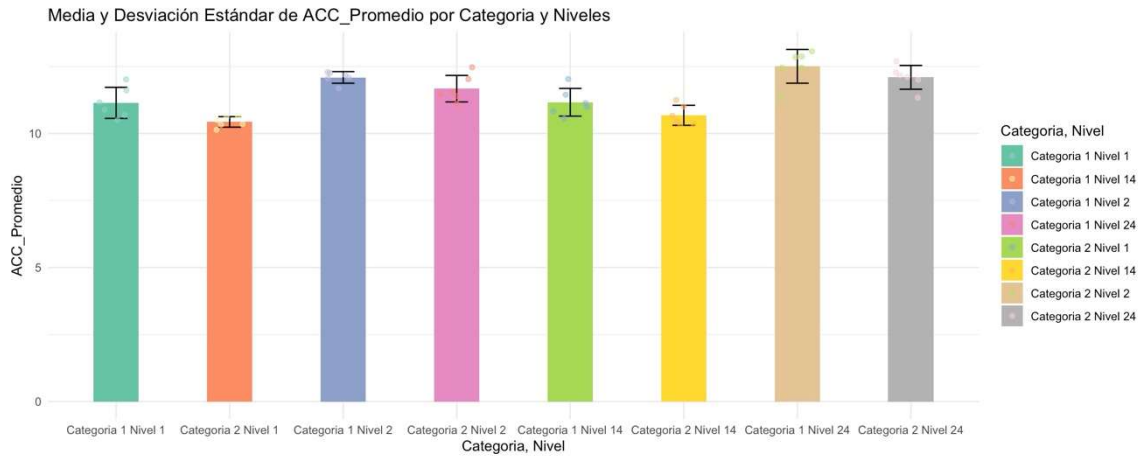
Per informar dels resultats de l'estudi, iniciarem amb l'anàlisi descriptiu de les respectives variables i, a continuació, determinarem quines han sigut les diferències significatives a través de la prova estadística ANOVA dos factors.

Si observem la mitjana i la desviació estàndard de la Acc\_mitj hi ha una clara diferència entre els diferents nivells, on en el nivell 24 és en el que hi ha una mitjana més alta. Per altra banda, també hi ha diferència entre les categories i aquesta es veu reportada en tots els nivells (gràfic 1).



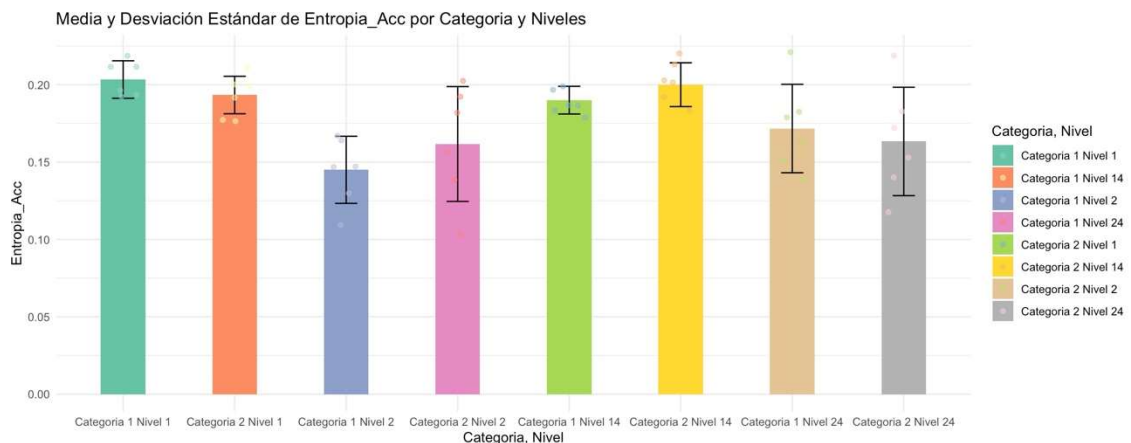
Gràfic 1. Mitjana i desviació estàndard de Acc\_mitj

En la següent variable, en la Acc\_max és on hi ha menys diferències entre els nivells i entre les categories. Ho podem observar en la gràfica 2.



Gràfic 2. Mitjana i desviació estàndard de Acc\_max

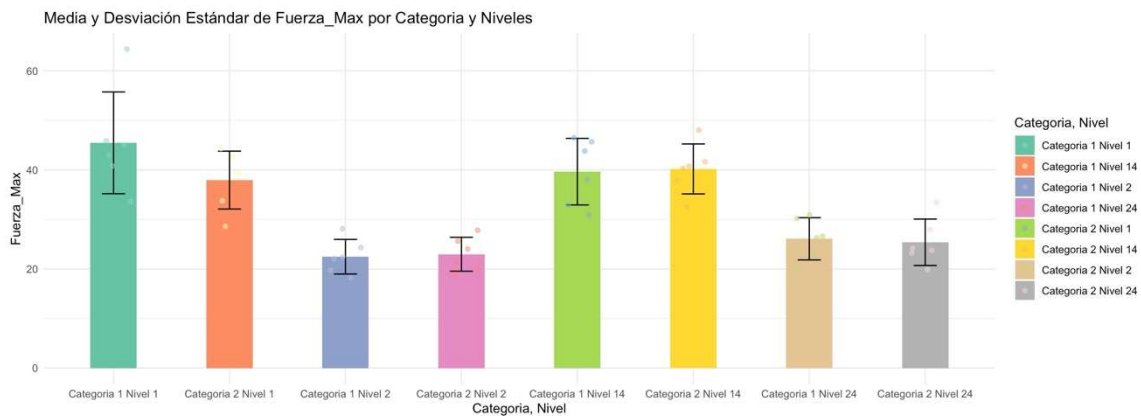
A continuació, en la variable Entropia\_acc, veiem una clara diferència entre nivells però no es veuen diferències entre categories. Els nivells amb més entropia i, per tant, amb més VM han sigut els nivells 1 i 14, els que es realitzaven amb politja cònic. En canvi, els que es realitzaven amb elàstic, el nivell 2 i 24 han mostrat menys entropia (gràfic 3).



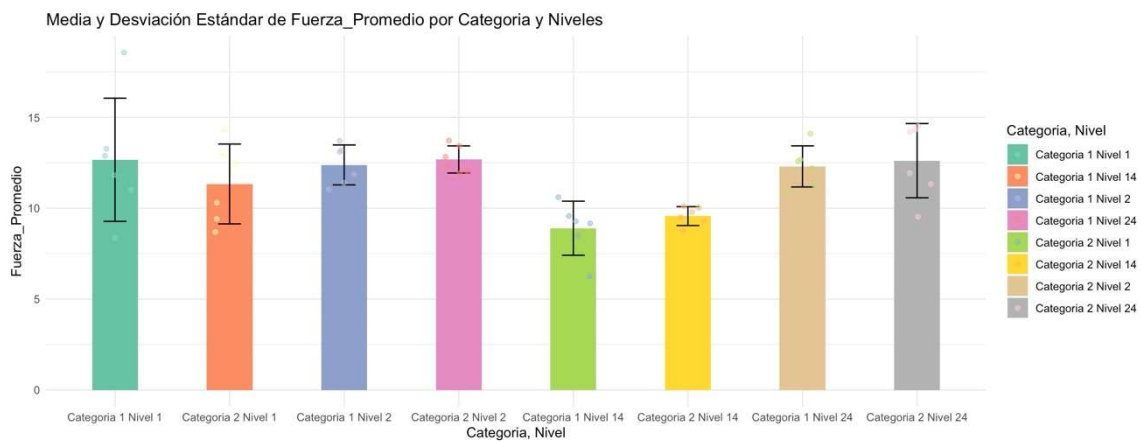
Gràfic 3. Mitjana i desviació estàndard de Entropia\_acc

Seguidament, passem a les variables de força. En aquestes dos variables, s'han donat valors a la inversa. Així doncs, en la variable de Força\_mitj els valors més alts s'han donat en els exercicis amb elàstics (gràfic 4), en canvi, en la variable

de Força\_max, els valors més alts s'han donat amb els exercicis amb cònica (gràfic 5). Pel que fa a la diferència entre categories o nivells, cal destacar que es veu una clara diferència entre nivells però no s'observa cap diferència entre categories.



Gràfic 4. Mitjana i desviació estàndard de Força\_max

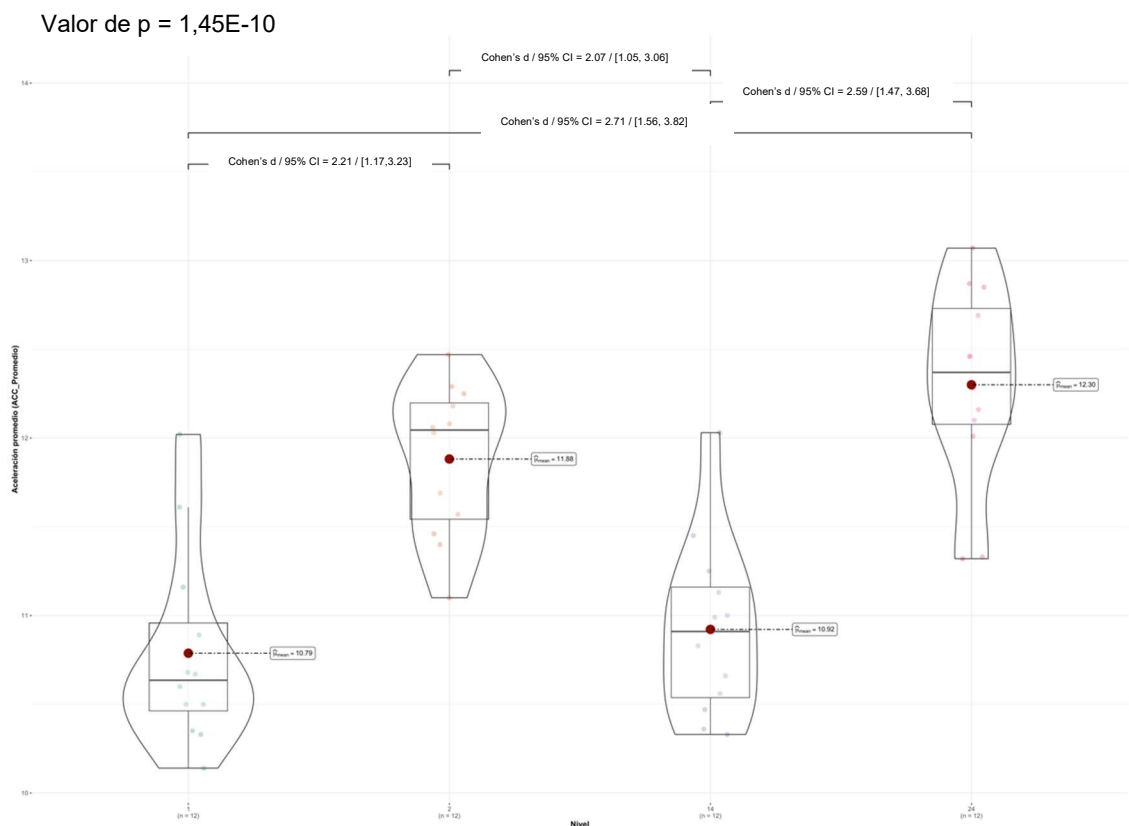


Gràfic 5. Mitjana i desviació estàndard de Força\_mitj

Una vegada realitzada l'estadística descriptiva de les variables, s'ha realitzat el test de normalitat Shapiro-Wilk, ja que la mostra és menor de 50. En tots els tests ha sortit un valor de p superior a 0.05, quelcom que indica que la mostra segueix

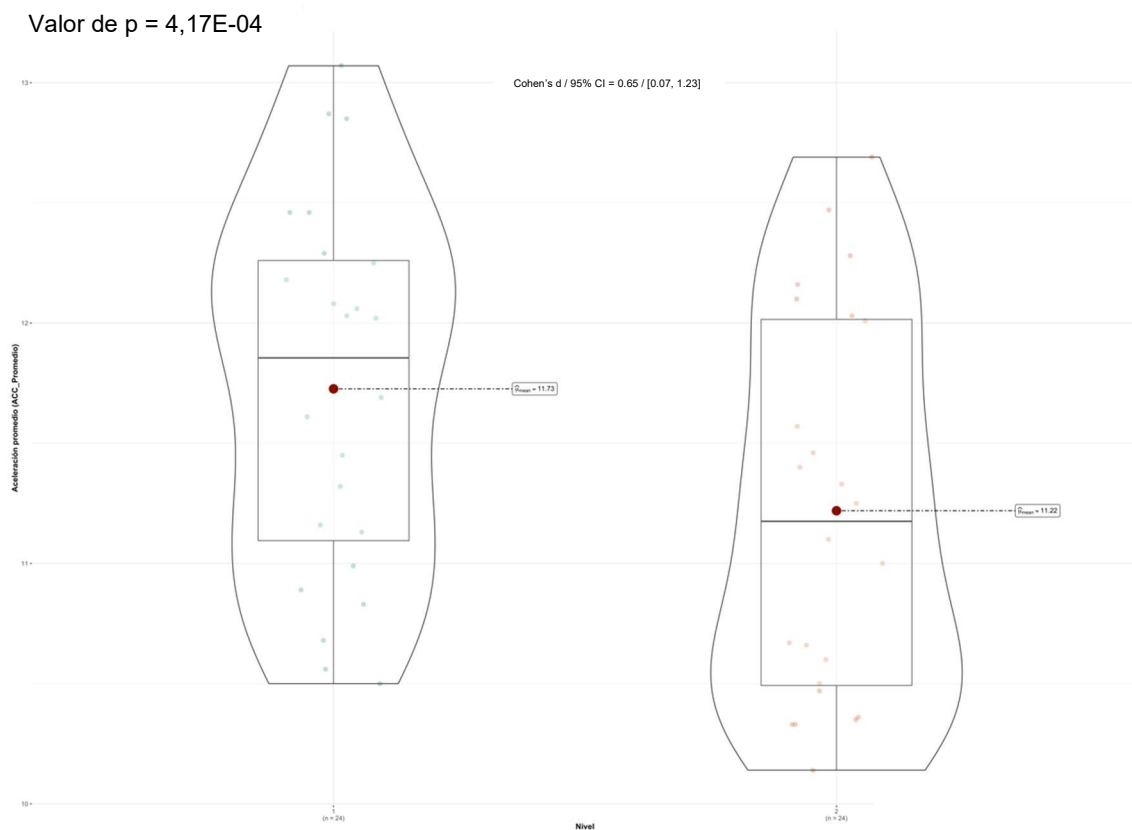
una distribució normal i que s'utilitzarà una prova estadística paramètrica; ANOVA dos factors.

En el gràfic 6 es pot observar com el nivell ha tingut efecte sobre la variable Acc\_mitj. Per començar, el valor de p és molt inferior a 0.05. Això ens indica que les diferències són molt significatives. Llavors s'ha realitzat la dimensió de l'efecte mitjançant la d de Cohen i els intervals de confiança (95%CI). En totes, són dimensions de l'efecte grans, per sobre de 0.8. Els intervals de confiança són amplis en alguns casos, el que suggereix certa variabilitat en les estimacions, però tots els intervals indiquen grans diferències.



Gràfic 6. Comparació de la Acc\_mitj pels diferents nivells

Per altra banda, en el gràfic 7, s'observa que la categoria també ha tingut efecte sobre la variable Acc\_mitj. La combinació de un valor de p tant baix i una dimensió de l'efecte moderat a gran indica que hi ha una diferència estadísticament significativa i considerable.

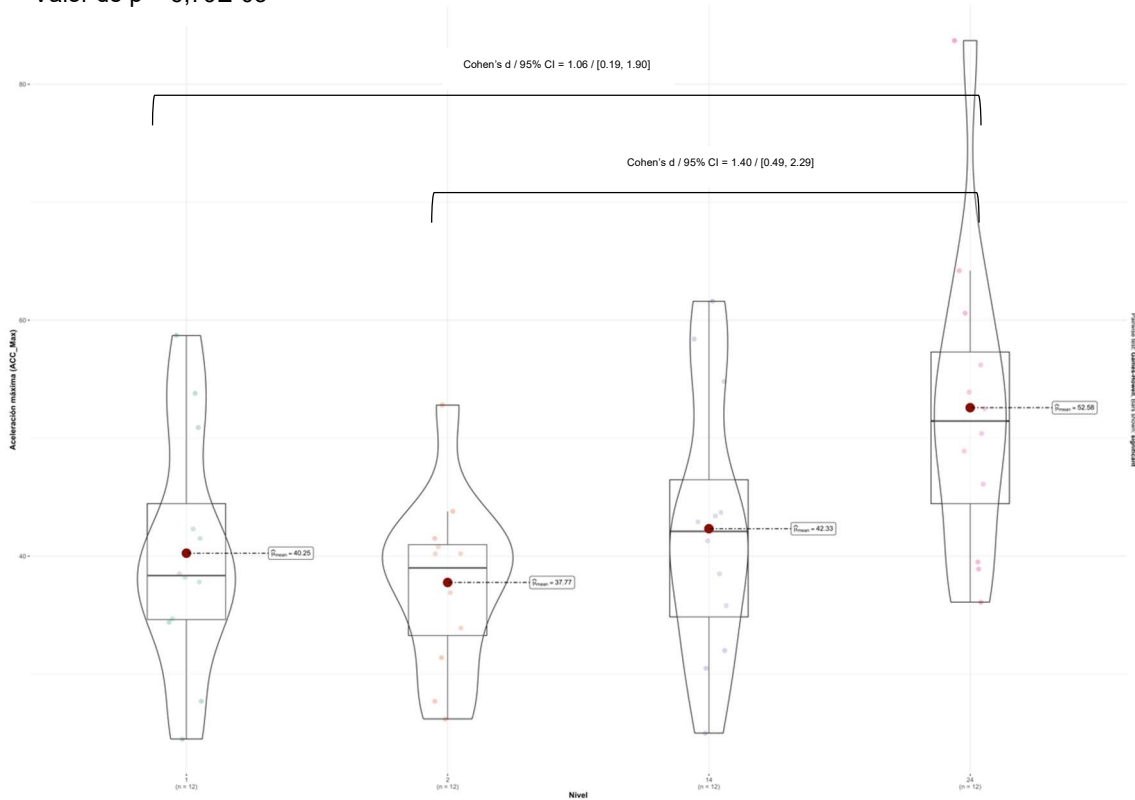


Gràfic 7. Comparació de la Acc\_mitj per les categories

En la variable d'Acc\_max, s'ha realitzat un post hoc amb el mètode de Bonferroni, per determinar en quins nivells s'han donat diferències significatives. Així doncs, entre el nivell 1 i 24 i entre el nivell 2 i 24 les diferències son significatives amb una gran dimensió de l'efecte que recolza els resultats. Pel que fa a la comparació entre el nivell 14 i 24, cal destacar que les diferències gairebé son significatives amb un valor de p de 0.132 (gràfic 8).

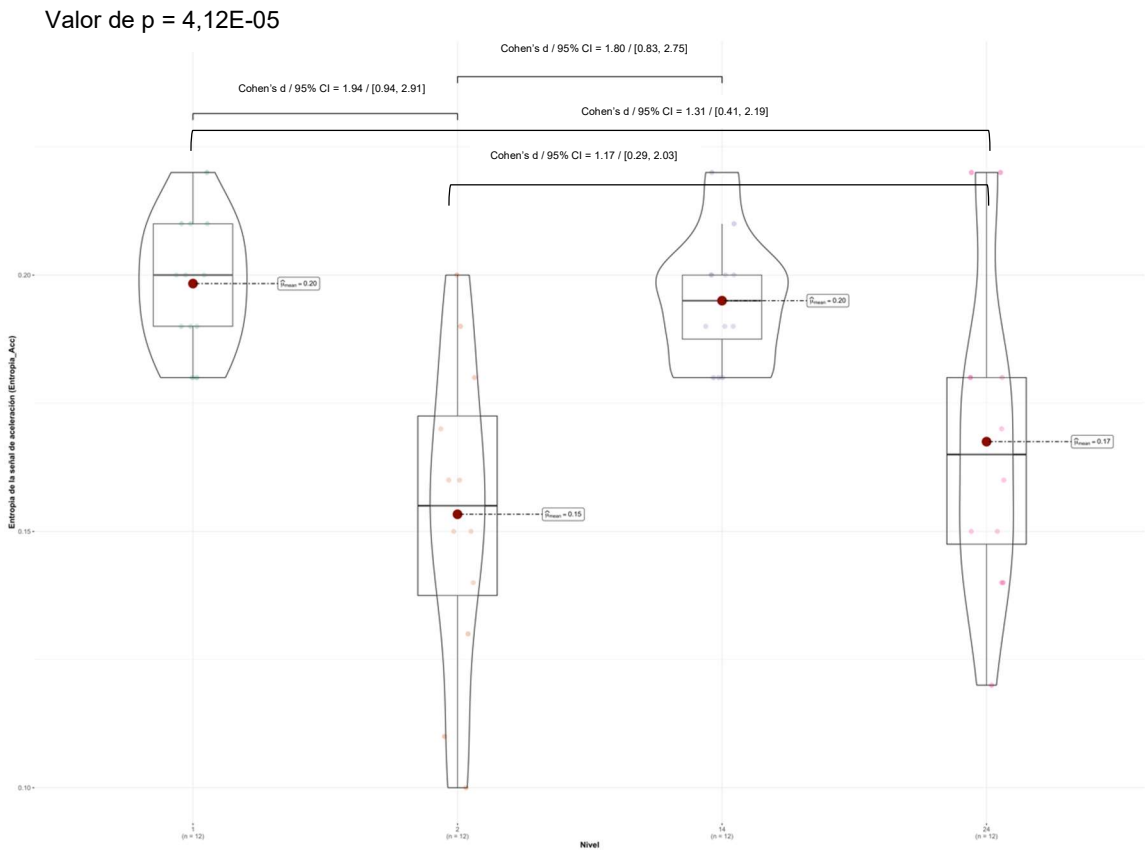


Valor de p = 6,79E-03



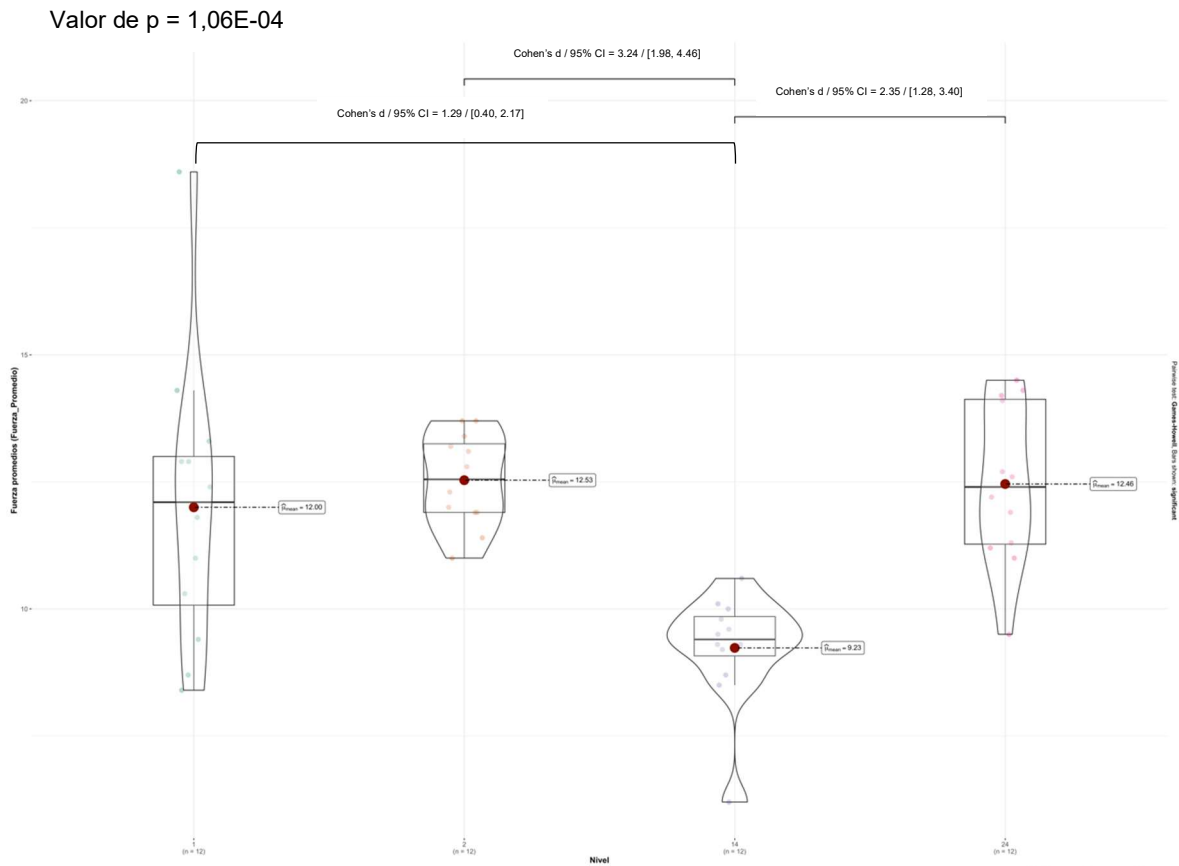
Gràfic 8. Comparació de la Acc\_max pels diferents nivells

En la variable entropia\_acc, l'ajust de post hoc ha donat diferències significatives entre els nivell 1 i 2, entre el nivell 1 i 24, entre el nivell 2 i 14 i entre el nivell 14 i 24. Podem observar com aquestes han tingut un gran efecte tenint en compte que la d de cohen, en tots els casos és major de 0.8. Es pot observar en el gràfic 9.



Gràfic 9. Comparació de la Entropia\_acc pels diferents nivells

En la gràfica 10 es mostren els resultats de la variable Força\_mitj. El factor nivell ha sigut l'únic que ha tingut efecte a la força\_mitj. S'ha realitzat l'ajust post hoc amb el mètode Bonferroni per veure en quins nivells hi ha hagut les diferències significatives i s'ha calculat la dimensió de l'efecte.



Gràfic 10. Comparació de la Força\_mitj pels diferents nivells

Per últim, en el gràfic 11, s'observa com clarament hi ha una diferència significativa entre els nivells 1 i 14 respecte els nivells 2 i 24 en la Força\_max. Després de calcular la dimensió de l'efecte i els intervals de confiança, s'observa com l'efecte que ha tingut el factor nivell respecte la variable Força\_max ha sigut molt gran.

Valor de  $p = 7,31E-11$



Gràfic 11. Comparació de la Força\_max pels diferents nivells

### Discussió

Tal com hem plantejat en la primera hipòtesis, l'efecte del nivell ha tingut diferències significatives clares en totes les variables. Aquestes diferències venen marcades pel disseny dels nivells d'aproximació. Ja que, quan es dissenya un nivell 1, s'ha de tenir en compte que es treballa amb càrregues externes altes i l'estructura que s'emfatitza és la condicional i la bioenergètica (figura 1). En canvi, quan es dissenya un nivell 2, les càrregues de resistència externa són menors i es treballa l'estructura condicional, la bioenergètica i la coordinativa <sup>3</sup>.

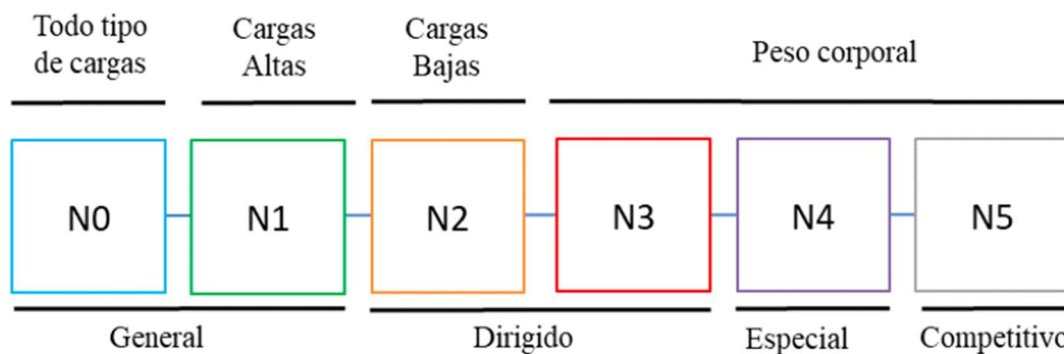


Figura 1. Nivells d'aproximació esportiva i els tipus de resistència externa

Font: Fernández-Valdés, 2020

Així doncs, no és el mateix realitzar un treball amb polítilja cònica que un treball amb elàstics. Tot i que la lògica ens indica que els treballs realitzats amb polítilja cònica haurien de donar uns valors més alts en les variables de força respecte als treballs realitzats amb elàstic, es pot observar com en la Força\_mitj, els valors són més alts, sobretot els dels nivells 2 i 24 respecte el nivell 14. Això ens indica que l'execució amb la polítilja cònica no era del tot bona i encara menys quan s'hi implicava l'estructura cognitiva. En la variable Entropia\_acc, s'observa que en els nivells 1 i 14 la VM és més alta, és a dir, el valor d'entropia és més alt que en

els nivells 2 i 24. En els nivells 1 i 14 es tracte de una situació motriu complexa, ja que no tenen experiència amb entrenament inercial. Quan una situació és nova i complexa, el gest es torna menys reproduïble, quelcom que fa augmentar la VM <sup>12</sup>. Pel que fa a les variables d'acceleració, observem com en els nivells 1, 14 i 2 en Acc\_max els valors són molt similars, en canvi, en el nivell 24 ha donat uns valors més alts i significativament diferents respecte els altres nivells. El fet de introduir una pilota i haver d'adaptar el moviment en relació al mòbil, ha incrementat la variable Acc\_max. És possible que si s'hagués realitzat una millor activació i inclús, una sessió prèvia de familiarització, el nivell 2 hagués mostrat uns valors similars al nivell 24. En les variables de Acc\_mitj es veu molt diferenciat i clar com en els nivells 2 i 24, aquells on involucrem la estructura coordinativa, els valors son significativament més alts que els valors en els nivells 1 i 14. També, el fet de moure menys resistència externa fa que puguin accelerar més ràpid.

Pel que fa a l'efecte de la categoria, només s'ha trobat diferències significatives en la Acc\_promig. Aquesta és una variable clara de millora del rendiment en el pàdel ja que, quanta més acceleració corporal més ràpid surt la pilota i hi ha més opcions de guanyar el punt. Tot i que, per altra banda no es veu recolzada per cap altra més variable. S'ha trobat altres variables que marquen la diferència entre un jugador professional i amateur, com la capacitat de precisió (GPA) i la recuperació de la freqüència cardíaca post exercici (HRR), en canvi, pel que fa a treball de força explosiva en el gimnàs no es van trobar diferències significatives <sup>13</sup>. Per altra banda, tot i haver-hi estudis clars en que la VM és una variable que es veu afectada pel nivell d'execució <sup>3,8,14</sup>, la variable Entropia\_acc no s'ha vist afectada pel factor categoria. En els moviments esportius que

requereixen d'adaptabilitat, com és la VD, la relació del nivell d'habilitat amb la VM és en forma de U <sup>15</sup>. Els esportistes novells presenten una alta VM i un baix nivell d'habilitat, a mesura que augmenta la seva habilitat, la VM es veu reduïda i quan parlem d'un nivell expert la VM torna a augmentar per la seva capacitat d'adaptar-se en qualsevol situació esportiva <sup>16</sup>. Així doncs, és possible que no haguem observat diferències significatives pel que fa a la entropia per dos aspectes; en primer lloc per falta d'especificitat alhora de dissenyar els nivells. Ens hem basat en el nivell 1 i 2, és possible que si s'hagués valorat la VD des dels nivell 3 i 4 o inclús 5, les diferències haguessin sigut majors. En segon lloc, podria ser per la falta de diferència de nivell entre els participants. No tenim cap participant que tingui un nivell molt alt d'expertesa, per tant és normal que ambdós grups tinguin uns nivells d'entropia similar.

La limitació més gran que ha tingut aquest estudi ha sigut el temps. Si s'hagués realitzat una sessió prèvia de familiarització, o inclús realitzat varies setmanes les mateixes sessions, s'haguessin pogut extreure resultats més clars. Per altra banda, realitzar el mateix estudi registrant l'acceleració amb un dispositiu WIMU, els resultats haguessin sigut més vàlids, ja que la freqüència de mostreig és de 1000Hz i en aquest estudi s'ha registrat amb una freqüència de 250Hz.

La línia de futur és clara, s'ha de seguir valorant els gestos esportius combinant la perspectiva lineal i la no lineal, ja que d'aquesta manera, es podrà decidir de millor manera quina és la progressió a realitzar per cada esportista. La VM és una variable molt important que ens indica de quina forma s'està executant el treball, per tant, l'hem de considerar una eina per estimular l'aprenentatge <sup>17</sup>.

## Conclusions

L'estudi proporciona varies conclusions importants. En primer lloc, s'ha de destacar que els nivells d'aproximació dissenyats per l'estudi influeixen en les variables de rendiment valorades. Pel que fa a l'acceleració mitjana, s'han trobat diferències significatives entre els diferents nivells, mostrant una acceleració mitjana major en els nivell 2 i 24. Per altra banda, els exercicis realitzats amb un elàstic han resultat tenir una major força mitjana, en canvi, els realitzats amb politja cònica han mostrat més força màxima. Això ens indica que diferents mètodes de resistència afecten de manera diferent a la capacitat de produir força de l'esportista. També, els nivells amb politja cònica han resultat tenir majors valors de entropia, el que suggereix que aquests exercicis introdueixen una major variabilitat i complexitat en el moviment.

En segon lloc, la única variable que ha mostrat diferències significatives entre jugadors amateurs i professionals ha sigut en l'acceleració mitjana. Això suggereix que els jugadors professionals, possiblement degut al major rendiment i experiència, pot generar i mantenir una major acceleració en la VD.

Per últim, la falta de entropia entre categories ens pot indicar que tant amateurs com professionals mostren un nivell similar de VM en els seus moviments, possiblement degut a la novetat de l'equip utilitzat (entrenament inercial) i la falta d'experiència en els nivells dissenyats per l'estudi.

En resum, aquest estudi destaca la importància d'adaptar els mètodes d'entrenament a les característiques específiques dels jugadors i suggereix que tant la força, com l'acceleració, com la variabilitat de moviment s'han de



considerar en el desenvolupament de programes d'entrenament per millorar el rendiment al pàdel.

## Referències bibliogràfiques

1. Sánchez-Alcaraz Martínez B. Historia del pádel. *Materiales para la Historia del Deporte*. 2013;11:57-60.
2. Courel Ibáñez J, Sánchez-Alcaraz Martínez BJ, García Benítez S, Echegaray M. Evolución del pádel en España en función del género y edad de los practicantes. *Cultura, Ciencia y Deporte*. 2017;12(34):39-46. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163049997005>
3. Fernández-Valdés B. *Movement Variability in Resistance Training Team Sports*. Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya; 2020.
4. Couceiro M, Clemente F, Dias G, Mendes P, Martins F, Mendes R. *On an Entropy-Based Performance Analysis in Sports.*; 2014. doi:10.3390/ecea-1-a008
5. Priego Quesada JI, Olaso Melis J, Llana Belloch S, Pérez Soriano P, González García JC, Sanchís Almenara M. Padel: a quantitative study of the shots and movements in the high-performance. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2013;8(4):925-931. doi:10.4100/jhse.2013.84.04
6. Moras G. La preparación integral en el voleibol : 1000 ejercicios y juegos / G. Moras Feliu ; pról. de Domingo García Castañeda. Published online 1994.
7. Davids K, Glazier P, Araujo D, Bartlett R. Movement systems as dynamical systems: the functional role of variability and its implications for sports medicine. *Sports Med*. 2003;33:245-260.

8. Catalá J. *Movement Variability in Volleyball Spike in Female Players of Different Categories*. Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña; 2021.
9. Dias G, Martins F, Couceiro M, Clemente F, Mendes R. A non-linear understanding of golf putting. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*. 2014;36.
10. Illera-Domínguez V, Albesa-Albiol L, Castizo-Olier J, et al. Reliability and validity of a low-cost, wireless sensor and smartphone app for measuring force during isometric and dynamic resistance exercises. *PLoS One*. 2024;19(3):e0298859. doi:10.1371/journal.pone.0298859
11. Patil I. Visualizations with statistical details: The “ggstatsplot” approach. *J Open Source Softw*. 2021;6(61):3167. doi:10.21105/joss.03167
12. Schöllhorn W. Application of system dynamic principles to technique and strength training. *Acta Academiae Olympiquae Estoniae*. 2000;8:67-85.
13. Courel-Ibáñez J, Herrera-Gálvez JJ. Fitness testing in padel: Performance differences according to players’ competitive level. *Sci Sports*. 2020;35(1):e11-e19. doi:10.1016/j.scispo.2019.05.009
14. Pérez-Chirinos Buxadé C, Moras G, Viñas S, et al. Influence of the Slope and Gate Offset on Movement Variability and Performance in Slalom Skiing. *Applied Sciences*. 2024;14:1427. doi:10.3390/app14041427
15. Hiley MJ, Zuevsky V V., Yeadon MR. Is skilled technique characterized by high or low variability? An analysis of high bar giant circles. *Hum Mov Sci*. 2013;32(1):171-180. doi:10.1016/j.humov.2012.11.007

16. Wilson C, Simpson SE, Van Emmerik REA, Hamill J. Coordination variability and skill development in expert triple jumpers. *Sports Biomech.* 2008;7(1):2-9. doi:10.1080/14763140701682983
  
17. Caballero C, Moreno F, Reina R, Roldán A, Coves García Á, Barbado D. THE ROLE OF MOTOR VARIABILITY IN MOTOR CONTROL AND LEARNING DEPENDS ON THE NATURE OF THE TASK AND THE INDIVIDUAL'S CAPABILITIES. *European Journal of Human Movement.* 2017;2017:12-26.