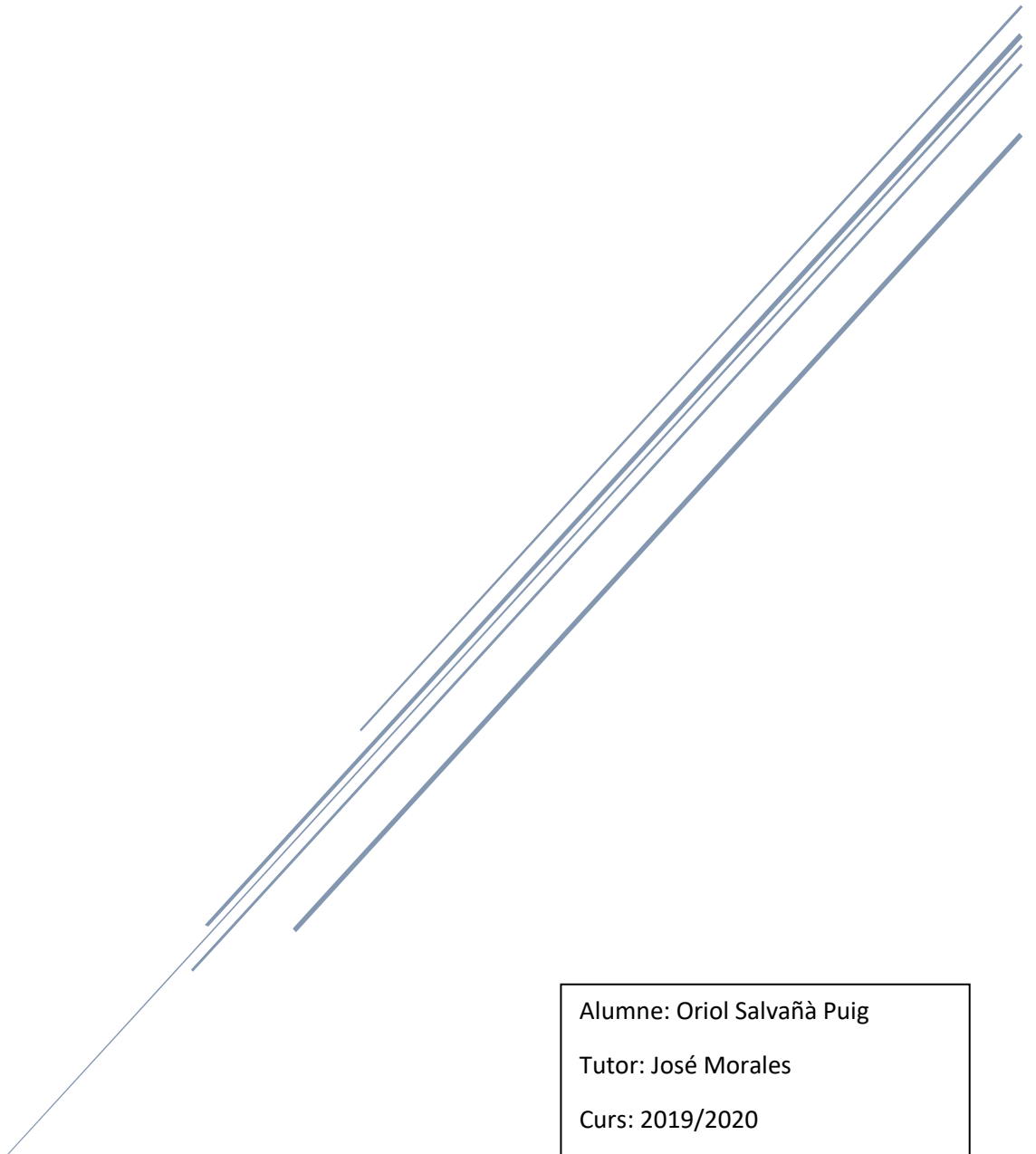


# CONTROL MOTOR I POTÈNCIA EN EL SERVEI DE TENNIS

TREBALL DE FINAL DE MÀSTER



Alumne: Oriol Salvaña Puig

Tutor: José Morales

Curs: 2019/2020

Màster d'entrenament esportiu,  
activitat física i salut

## Índex

Introducció.....	2
Model d'anàlisi .....	4
Objectius .....	4
Hipòtesi .....	4
Metodologia .....	4
Subjectes .....	4
Aspectes ètics.....	5
Instruments .....	5
Procediments .....	6
Anàlisi estadística.....	7
Resultats .....	7
Discussió .....	9
Conclusions .....	10
Limitacions.....	10
Agraïments.....	10
Referències bibliogràfiques .....	11

## Introducció

Aquest estudi es centrarà en un dels esports més populars del món com és el tennis, dins d'aquest esport ens trobem infinites variabilitats per fer els cops de fons, però hi ha un cop que depèn del tennista completament, aquest cop és el servei i s'analitzarà des de la perspectiva de velocitat i precisió.

El tennis ha evolucionat, abans el servei no era un cop tan determinant, com s'ha convertit avui en dia, és potser el cop més important del joc, perquè es amb el que inicies el punt, és l'únic el qual no té el factor condicional del rival, pots guanyar el punt directament o començar dominant la jugada, i fins i tot, determina un partit (Antúnez et al., 2012; Baiget et al., 2016; M. S. Kovacs & Ellenbecker, 2011; Maquirriain et al., 2016). El servei no és un moviment senzill, ja que necessita una acurada tècnica, potència, flexibilitat, resistència, precisió i balanç muscular, aquest últim aspecte pot reduir el risc de lesió (Baiget & Terraza-Rebollo, 2019; Maquirriain et al., 2016), el mateix temps implica múltiples segments del cos per produir energia, mitjançant rotacions simultànies i consecutives del cos, activacions musculars coordinades i complexes (Antúnez et al., 2012; Elliott, 2006; M. Kovacs & Ellenbecker, 2011).

L'augment de força muscular dels tennistes, així com varies variables de rotació articular, són unes de les raons que s'hagi arribat en el ple rendiment d'aquest cop (Antúnez et al., 2012). També una de les raons més importants són pels avenços en tecnologia amb materials més lleugers i rígids, la construcció de raquetes de tennis han donat lloc a una reducció de la variabilitat cinemàtica en colpejar la pilota, ja que aquests materials moderns han reduït la vibració a l'impacte, han augmentat la velocitat de servei a més de 200 km/h (Antúnez et al., 2012), i també milloren la precisió (Allen et al., 2016).

Com es descriu a la física, la potència és la força per la velocitat, això vol dir que per tenir un servei potent has d'aplicar la màxima força possible en el mínim temps (Bompa & Buzzichelli, 2019).

Principalment l'entrenament de força s'ha convertit en un dels puntals bàsics d'aquest esport, el mateix temps que la velocitat, i conseqüentment la potència desplegadas en el joc que continuen augmentant (Baiget et al., 2016).

El servei és una de força acció explosiva en la fase d'acceleració, i com totes les accions d'aquest tipus tenen la capacitat d'augmentar la força aplicada ràpidament durant una contracció voluntària ràpida des d'un nivell baix o en repòs (Maffiuletti et al., 2016). Cada cop s'avalua més la força explosiva en els primers instants, per això és important calcular el percentatge de

desenvolupament de la força, en la literatura esportiva Rate force development (RFD) (Maffiuletti et al., 2016), indica la rapidesa que es desenvolupa la força (Bompa & Buzzichelli, 2019), és la capacitat de produir la màxima activació voluntària en la primera fase (50-70ms) de la contracció explosiva (Maffiuletti et al., 2016). El RFD s'associa amb el rendiment esportiu (Andersen & Aagaard, 2006), aquests instants seran clau per la l'aplicació de força a la pilota i que surti a alta velocitat, perquè el RFD està relacionat amb l'habilitat de generar acceleració, el qual afecta a la velocitat del moviment (Stone et al., 2007), ja que la capacitat de produir ràpidament alts nivells de força és important per l'acció esportiva (Comfort et al., 2019), si no s'hi aplica força de manera reactiva serà impossible colpejar la pilota, de manera que agafi una gran velocitat. Quan es vol mesurar el RFD, es pot fer a través de condicions isomètriques (Andersen & Aagaard, 2006) són molt importants les instruccions que li dones a l'esportista, que ha d'aplicar la força màxima en el menor temps possible (Maffiuletti et al., 2016; Sahaly et al., 2001).

Per tenir un bon servei, a part que sigui potent s'ha de tenir una bona precisió, aquesta variable va a la inversa de la de velocitat, com més velocitat hi hagi en una acció hi haurà menys precisió (Antúnez et al., 2012). Per la variable precisió també compte el com s'ha après la habilitat, com més variable és l'aprenentatge de l'habilitat motriu, més precisió tindrà (Hernández-Davo et al., 2014; Oomen & van Dieën, 2017)(Hernández-Davo et al., 2014)(Hernández-Davo et al., 2014)(Hernández-Davo et al., 2014). La fatiga deguda al cansament també és un factor, perquè la precisió sigui menor (Baiget & Terraza-Rebollo, 2019), i que la velocitat i el control motor baixin (Gibson et al., 2003) Per tenir una bona precisió en el servei s'ha d'intentar aplicar la força en el moment exacte del moviment, això es pot aconseguir per les senyals enviades del sistema nerviós al múscul, per tant s'han d'adaptar les fluctuacions de la força per completar amb èxit el moviment (Enoka et al., 2003), se li anomena control neuromuscular.

La unitat motora és l'element funcional del sistema neuromuscular, quan s'exerceix una força a un múscul s'activen les unitats motores i el resultat és la força amb unes fluctuacions que depenen de les característiques contràctils d'aquestes unitats motores reclutades (Enoka et al., 2003).

El control neuromuscular és un factor limitant pel rendiment (Oomen & van Dieën, 2017), ja que una persona quan fa una contracció amb qualsevol part del cos, la força no es manté constant sinó que hi ha fluctuacions (Enoka et al., 2003), s'ha de minimitzar aquestes per optimitzar el rendiment (Oomen & van Dieën, 2017), ja que influeix que l'individu aconseguixi la força amb la trajectòria desitjada (Enoka et al., 2003) Com menys fluctuacions de control neuromotor hi

hagi, voldrà dir que es té més control neuromuscular (Marmon et al., 2011), es podria dir que la precisió en el servei ve determinat pel control motor. Com hi ha associacions entre la força dinàmica d'una acció i la producció de força isomètrica màxima (Comfort et al., 2019), per mesurar el control neuromuscular es pot fer amb contraccions isomètriques submàximes (Enoka et al., 2003; Oomen & van Dieën, 2017). Enoka et al., (2003), ho van mesurar a partir del 50% de la màxima contracció voluntària (MCV) en gent gran i adolescents. La força fluctuarà al voltant d'un valor mitja, l'esportista que tingui més control en una contracció isomètrica segons sembla tindrà més rendiment en el moviment esportiu.

En aquest estudi s'intentarà veure si els tennistes amb un RFD més alt són els que tindran més velocitat del seu servei, i el control neuromuscular amb la precisió d'aquesta acció.

## Model d'anàlisi

### Objectius

1. Relacionar el control neuromuscular de l'articulació glenohumeral en una flexió amb la precisió dels tennistes en el servei.
2. Relacionar RFD de l'articulació glenohumeral en una flexió amb la velocitat del seu servei del tennis.

### Hipòtesi

1. Els jugadors que tenen el pic de RFD més alt anirà associat als que tenen un velocitat de servei més alta.
2. Els que tenen més control neuromuscular més alt, anirà associat als que tenen millor precisió.

## Metodologia

### Subjectes

Els subjectes seleccionats són 8 tennistes dretans, d'entre 12±1 anys els quals competeixen en circuits a nivell regional com la copa Catalunya i Campionats de Catalunya i a nivell nacional com el circuit Rafa Nadal tour i campionats d'Espanya, també participen en tornejos per equips com la lliga catalana i Campionat de Catalunya i d'Espanya . Tots els subjectes abans de fer les proves van firmar el full de consentiment informat iguals que els seus tutors legals.

## Aspectes ètics

Per tal que aquest treball segueixi una bona política de privacitat, els subjectes que duran a terme les proves, se'ls introduirà en el treball amb un codi, així es mantindrà la seva identitat anònima, i cap persona, externa de l'estudi podrà saber qui es qui, tampoc s'introduirà la seva data de naixement.

Durant tot el treball tots mantindran el seu codi, per tal forma que si es volen comparar els resultats es podrà fer d'una manera ràpida i àgil. En les imatges que prenguin durant les proves per seguir mantenint l'anonimat dels participants, no es mostrarà la seva cara en cap foto que hi hagi en el treball.

Tots els participants firmaran un document de consentiment informat, on accepten fer els test, que la seva imatge, el seu nom no seran difosos i que poden abandonar el test en el moment que vulguin. Aquest document es troba a l'annex del projecte.

En el test no hi ha cap prova ni d'extreure fluïts, ni sang del cos, per garantir la integritat física dels esportistes, tampoc se'ls farà fer un esforç més gran del que estan habituats, per no posar la vida en risc.

Acabat l'estudi es farà una exposició sobre els resultats obtinguts, als esportistes que han realitzat els tests, i també als altres entrenadors del club per fer divulgació dels resultats a tothom interessat.

## Instruments

- Ordinador portàtil: per fer l'enregistrament de RFD, MCV i control neuromuscular
- Software Chronojump (versió: 1.9.0)
- Sensor de força de Chronojump (Chronojump-Boscosystem, Barcelona, Espanya)
- Mòbil Huawei Honor càmera de 60 fps
- Pilota Head Tour
- Programari Kinovea

## Procediment

Els subjectes que van executar els tests, van fer una bona fase de familiarització amb els instruments utilitzats, durant 3 dies previs al dia del test principal, per tal de tenir clar de les indicacions que se'ls hi anava a donar en el procediment de la prova. Se'ls hi valorava el mateix en els pretests que en el test final, que era el RFD, la MCV, gràcies en el software i el sensor de força (Chronojump-Boscosystem, Barcelona, Espanya). La posició que el jugador estava el jugador era lliure, només se li donava la instrucció de que col·loqui la mà on ell creia que impacta la pilota, amb la cama contralateral davant.

Per mesurar el RFD se van donar les següents instruccions:

- Us col·loqueu punt inicial.
- En posició de servei.
- Heu de fer la força el més ràpid possible.

Per mesurar la MCV se li donaran les següents instruccions:

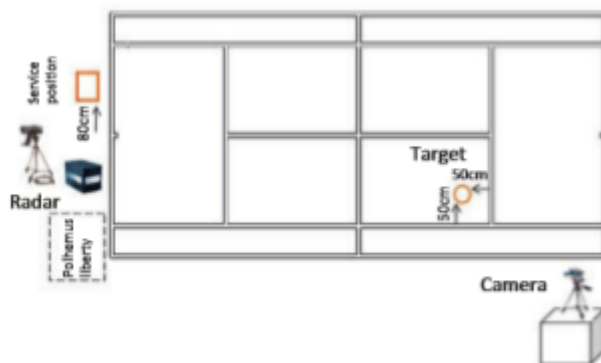
- Us col·loqueu punt inicial.
- En posició de servei.
- Heu d'anar incrementant progressivament la força durant que apliqueu sobre el sensor durant 3 segons, durant 3 segons més intentar aguantar aquesta força, i 3 segons per baixar progressivament la força aplicada.
- Prohibit fer estrebades per donar un pic de força més gran.

Després de mesurar la MCV se'ls hi va valorar el control motor amb un biofeedback, gràcies el programari Chronojump, on se'ls hi va introduir els 30% de la MCV amb un interval de  $\pm 5N$ , els subjectes veien una franja de color groc a l'ordinador on havien de mantenir la força aplicada al sensor, estaven en la mateixa posició que havien fet les proves anterior, se'ls hi va deixar 5'' perquè controlessin la força isomètrica i havien d'intentar dins d'aquest interval duran 30''.

Quan van acabar aquestes proves que es duen a terme en un gimnàs van anar els jugadors a una pista de tennis, on van fer 20 serveis seguint el protocol de (Hernandez- Davo,2014), on es dividien en dos blocs de 10 serveis tenien un descans de 30'' entre blocs i de 5'' entre serveis. A la figura 1 està l'esquema de la prova de camp.

Els serveis eren plans, anaven dirigits a un target, on amb una càmera es gravava tots els serveis on anaven dirigits per tenir la distància que botava la pilota del target i a partir d'aquí s'extreia

la precisió relacionant el concepte amb el control motor. La velocitat del servei es va aconseguir gràcies a l'enregistrament de vídeo, amb un posterior anàlisi en Kinovea, i per saber la distància de on botava la pilota respecte el target es mesurava amb un metre.



*Figura.1: Variable training: effects on velocity and accuracy in the tennis serve, de Hernández, H., Urbána, T., Sarabia, JM., Juan, C., Moreno, F. 2014. Journal of Sports Sciences.*

## Anàlisi estadística

Es farà un anàlisi estadístic descriptiu amb la mitjana dels paràmetres i la desviació estandar, després es mostrarà la correlació de Pearson. Per finalitzar es trobarà la línia de tendència amb la  $R^2$ . A tenir en compte que els paràmetres de control motor i la precisió són una escala descendent, vol dir com més petit sigui el resultat millor, al contrari que trobem amb els paràmetres de RFD i velocitat de servei que és una escala ascendent.

## Resultats

En el següent punt s'exposaran els resultats de la recerca feta, en primer lloc s'exposarà un quadre, la *taula 1*, on hi figuraran les mitjanes dels resultats obtinguts a les proves i la desviació estandar, a la primera columna s'exposa el RFD (N), en la segona es mostra la variabilitat del control motor (N) dels tennistes, i a les dos columnes següents són les mitjanes de les velocitats (km/h) obtingudes en els 20 serveis realitzats, i les mitjanes de les distàncies (m) que es van quedar la pilota de la marca on havien de fer diana.



Taula 1

	TEST		SERVEI	
	RFD	Variabilitat control motor	Mitjana velocitat	Mitjana precisió
Mitjana dels resultats	346,11 N	0,52 N	107,32 km/h	2,34 m
Desviació estandar	175,81 N	0,30 N	4,66 32 km/h	0,33 m

En les següents taules es mostraran la correlació de Pearson entre els paràmetres, que anteriorment s'ha dit que es compararien, en la taula 2 , el RFD amb la mitjana de velocitat. En la taula 3, el control motor amb la mitjana de precisió.

Taula 2

Correlació de Pearson
-0,101

Taula 3

Correlació de Pearson
0,648

Com es pot observar en les taules anteriors la correlació de la taula 2, la correlació és ínfima, i en la taula 3 la correlació ja es podria considerar com a considerable, en la discussió s'exposaran les possibles raons.

Figura 1

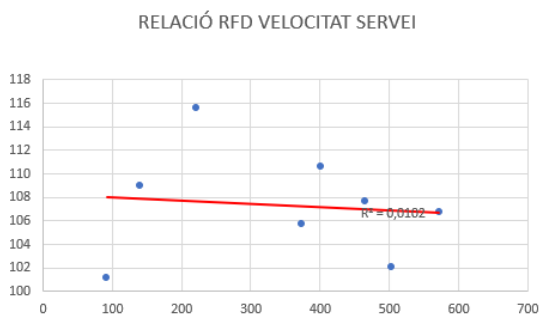
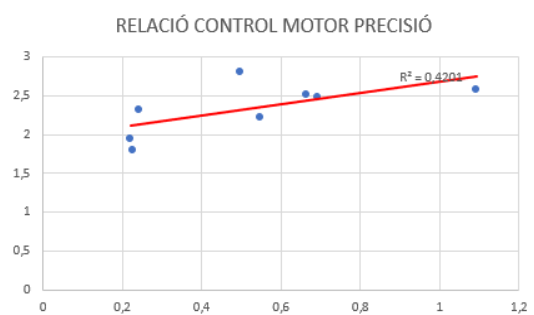


Figura 2



En les figures anteriors s'observa la línia de tendència amb la  $R^2$ , tal com passa amb la correlació de Pearson, que quan es relacionen el RFD i el servei té una baixa relació,  $R^2$ : 0,0102. Pel contrari la relació entre el control motor i la precisió torna a haver una relació molt més alta.

## Discussió

En aquest apartat es farà la valoració de tots els resultats obtinguts en l'estudi i mostrats en el punt anterior, en tennistes joves entrenats. Cal remarcar, hi ha molts estudis que fan referència a la potència i la precisió però no s'ha trobat cap on es recerqui les valoracions des del mateix punt de vista que aquest estudi.

En primer lloc es tractarà la relació entre el RFD i la velocitat del servei. Segons la literatura el RFD té relació amb el moviment esportiu (Andersen & Aagaard, 2006), però amb les dades obtingudes no és pot arribar a la mateixa conclusió en el moviment del servei del tennis, tal que els resultats que s'han obtingut en de les dues variables és ínfim, a partir d'aquí es podria dir que no té relació les dues variables o potser que la mostra de l'estudi es baixa, i es la raó que no doni una relació més alta. Per poder veure quina de les dues possibles raons és la correcta s'hauria d'ampliar la recerca a més jugadors de tennis de diferents edats, ja que pel servei és molt important la força explosiva, i al ser tennistes en formació potser encara no saben aplicar la força màxima des del repòs en el mínim temps possible (Maffioletti et al., 2016).

Les dues altres variables que és volien comparar, el control motor i la precisió. La correlació obtinguda és més important. Les conclusions que es podrien treure és que tenen molta relació, però per les mateixes raons citades anteriorment, la mostra és molt petita i s'hauria d'ampliar per veure si la tendència es manté, baixa o pel contrari puja, a més s'afegeix que són jugadors en formació, on aquest paràmetre es pot veure afectat depenen del grau de desenvolupament del tennista. Al ser tennistes en formació la variabilitat en el moviment pot ser molt gran i això pot fer que la precisió baixi (Antúnez et al., 2012), perquè la capacitat de les persones per controlar els moviments que duu a terme va millorant conforma es va desenvolupant el sistema neuromuscular, es pot dir que el control motor va millorant durant els anys des de l'etapa d'infant fins l'adult (Casamento-Moran et al., 2018). S'hauria de veure quina és la tendència en jugadors ja desenvolupats.

Altres aspectes a tenir en compte són que les totes les mitjanes dels resultats en els serveis són estables tant en la velocitat i en la precisió, tal que no baixant considerablement al llarg dels 20

serveis que hagués estat un aspecte possiblement esperat al fer tants serveis seguits, hagués pogut sortir una possible fatiga cognitiva per l'esforç de concentració de la prova.

## Conclusions

Per finalitzar l'estudi, segons les hipòtesis marcades al principi del treball es pot arribar a dir amb les dades obtingudes, sembla que la precisió i el control té una relació alta, al contrari que RFD i la velocitat, no.

Per línies futures d'aquest estudi s'hauria d'ampliar la mostra en jugadors de la mateixa edat per veure les tendències, al mateix temps seria interessant fer aquest estudi amb jugadors formats per si les seves dades són més consistents.

## Limitacions

La limitació més que s'ha tingut a l'estudi es que no s'han pogut agafar més mostra per duu a terme l'estudi degut a les restriccions per la COVID-19, que es tenien el club on s'ha fet l'estudi no es podien ajuntar grups i que els entrenadors d'un grup no podien tenir contacta amb els jugadors d'altres grups.

## Agraïments

Principalment he de donar les gràcies al meu tutor, José Morales que m'ha ajudat en tot el que he necessitat, contactant amb altres professionals del sector per demanar articles que m'ajudessin o per demanar material pel meu treball.

També agrair els dos directors de l'escola de tennis on s'ha fet l'estudi per donar-me les màximes facilitats per duu a terme les proves, donat el cas tant excepcional que estem vivint en aquests darrers mesos. Gràcies Àlex i Alberto.

## Referencies bibliogràfiques

- Allen, T., Choppin, S., & Knudson, D. (2016). A review of tennis racket performance parameters. *Sports Engineering, 19*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s12283-014-0167-x>
- Andersen, L. L., & Aagaard, P. (2006). Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *European Journal of Applied Physiology, 96*(1), 46–52. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0070-z>
- Antúnez, R., Hernández, F., García, J., Vaíllo, R., & Arroyo, J. (2012). Relationship between motor variability, accuracy, and ball speed in the tennis serve. *Journal of Human Kinetics, 33*(1), 45–53. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0043-3>
- Baiget, E., Corbi, F., Fuentes, J. P., & Fernández-Fernández, J. (2016). The Relationship between Maximum Isometric Strength and Ball Velocity in the Tennis Serve. *Journal of Human Kinetics, 53*(1), 63–71. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0028>
- Baiget, E., & Terraza-Rebollo, M. (2019). Effects of post-activation potentiation on tennis serve velocity and accuracy. *International Journal of Sports Physical and Performance*.
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodización teoría y metodología del entrenamiento*. Tutor.
- Casamento-Moran, A., Fleeman, R., Chen, Y. T., Kwon, M. H., Fox, E. J., Yacoubi, B., & Christou, E. A. (2018). Neuromuscular variability and spatial accuracy in children and older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 41*(March), 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2018.04.011>
- Comfort, P., Dos'Santos, T., Beckham, G. K., Stone, M. H., Guppy, S. N., & Haff, G. G. (2019). Standardization and Methodological Considerations for the Isometric Midthigh Pull. In *Strength and Conditioning Journal* (Vol. 41, Issue 2). <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000433>
- Elliott, B. (2006). Biomechanics and tennis. *British Journal of Sports Medicine, 40*(5), 392–396. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023150>
- Enoka, R. M., Christou, E. A., Hunter, S. K., Kornatz, K. W., Semmler, J. G., Taylor, A. M., & Tracy, B. L. (2003). Mechanisms that contribute to differences in motor performance between young and old adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 13*(1), 1–12. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(02\)00084-6](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(02)00084-6)

- Gibson, A. S. C., Baden, D. A., Lambert, M. I., Lambert, E. V., Harley, X. R., Hampson, D., Russell, V. A., & Noakes, T. D. (2003). The Conscious Perception of the. *Sports Medicine*, *33*(3), 1–10. <http://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200333030-00001>
- Hernández-Davo, H., Urbán, T., Sarabia, J. M., Juan-Recio, C., & Javier Moreno, F. (2014). Variable training: effects on velocity and accuracy in the tennis serve. *Journal of Sports Sciences*, *32*(14), 1383–1388. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.891290>
- Kovacs, M., & Ellenbecker, T. (2011). An 8-stage model for evaluating the tennis serve: Implications for performance enhancement and injury prevention. *Sports Health*, *3*(6), 504–513. <https://doi.org/10.1177/1941738111414175>
- Kovacs, M. S., & Ellenbecker, T. S. (2011). A performance evaluation of the tennis serve: Implications for strength, speed, power, and flexibility training. *Strength and Conditioning Journal*, *33*(4), 22–30. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318225d59a>
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, *116*(6), 1091–1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Maquirriain, J., Baglione, R., & Cardey, M. (2016). Male professional tennis players maintain constant serve speed and accuracy over long matches on grass courts. *European Journal of Sport Science*, *16*(7), 845–849. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1156163>
- Marmon, A. R., Pascoe, M. A., Schwartz, R. S., & Enoka, R. M. (2011). Associations among strength, steadiness, and hand function across the adult life span. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(4), 560–567. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f3f3ab>
- Oomen, N. M. C. W., & van Dieën, J. H. (2017). Effects of age on force steadiness: A literature review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, *35*, 312–321. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2016.11.004>
- Sahaly, R., Vandewalle, H., Driss, T., & Monod, H. (2001). Maximal voluntary force and rate of force development in humans - Importance of instruction. *European Journal of Applied Physiology*, *85*(3–4), 345–350. <https://doi.org/10.1007/s004210100451>
- Stone, M. H., Stone, M., & Sands, W. (2007). *Principales and Practice of resistance training*. Human Kinetics.

