

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

**Facultad de Educación y Deporte  
Hezkuntza eta Kirol Fakultatea**

Departamento de Educación Física y Deportiva  
Heziketa Fisikoa eta Kirola Saila

**MAHAI-TENISEKO JOKALARIEN  
EZAUGARRI FISIKO ETA  
FISIOLOGIKOEN DESKRIBAPENA ETA  
PARTIDUEN NEKEAREN  
KUANTIFIKAZIOA**

DOKTOREGO TESIA

**JON MIKEL PICABEA ARBURU**

Vitoria – Gasteiz 2022







*Gurasoei (Patxi eta Mertxe),  
erakutsitako guztiagatik eta dena emateagatik.*

*Ibani,  
adiskidetasunagatik, laguntzagatik eta beti nirekin egoteagatik.*

*Maialeni,  
maitatzeagatik, zaintzeagatik eta konfiantzagatik.*



## **DOKTOREGO PROGRAMA**

Jarduera Fisikoa eta Kirola

### **DOKTOREGO TESIA**

MAHAI-TENISEKO JOKALARIEN EZAUGARRI FISIKO  
ETA FISILOGIKOEN DESKRIBAPENA ETA PARTIDUEN  
NEKEAREN KUANTIFIKAZIOA

### **EGILEA**

Jon Mikel Picabea Arburu

### **DOKTOREGO TESIAREN ZUZENDARIAK**

Javier Yanci Irigoyen

Jesús Cámara Tobalina

### **SAILA**

Heziketa Fisikoa eta Kirola





*“If you can’t explain it simply, you don’t understand it well enough”  
(Albert Einstein)*

*“Let's go invent tomorrow rather than worrying about what happened  
yesterday” (Steve Jobs)*



## **ESKER ONAK**

Tesi honen autoretza nahiz eta pertsona baten izena eduki, askok parte hartu dute prozesu honetan eta beharrezkoa da lerro hauetan pertsona horiei eskerrak ematea.

Lehenik eta behin, Javier Yanci eta Jesús Cámarari eskerrak eman nahi dizkiet urte hauetan egindako lan guztiagatik. Tutore moduan, lan ezin hobea egin duzue hainbeste e-mail, bilera, buruhauste eta proposamen ondoren. Baina, batez ere, mila esker edukitako pazientziagatik eta hurbiltasunagatik. Nire beharretara egokitu zarete behar izan dudanean eta zalantzak eduki ditudanean, nire burua ondo bideratzen lagundu nauzue. Horregatik eta zenbatezinak diren hainbeste gauzagatik, eskerrik asko.

Zuzenak, Gasteiz, Gailak eta Leka Enea mahai-tenis taldeei datu bilketan egindako lanagatik eta emandako erraztasunengatik.

Lagunei, beti erakutsi duzuen kezkatagatik, animoengatik eta beti hor egoteagatik.

Jokini eta Joxeri, nire gorabeheretan laguntzeagatik, hainbeste barregatik eta urteetan zehar lortu dugun konfiantzagatik.

Expression familiari, lizentziaturan sortutako lagunak eta bizitza osorako izango den familia, eskerrik asko hainbeste une onengatik.

Kuadrillari, nahiz eta bakoitzak bide bat hartu, beti elkartzeko denbora ateratzen dugulako. Jabier, Joseba, Mikel eta Asier, ez aldatu inoiz.

Familiari, beti nitaz kezkatzeagatik eta animatzeagatik. Aitona eta amonari, José Ramón eta Segunda, beti maitatzeagatik eta zaintzeagatik. Gurasoei, Patxi eta Mertxe, emandako aukeragatik honaino iristeko, baina batez ere beti aurkeztutako konfiantzagatik eta maitasunagatik. Aita, beti hor zaude, zure laguntza eskaintzen didazu behar dudanean eta erreferente bat zara niretzat. Ama, pertsonarik maitekorrena zara eta beti nitaz kezkatu zara denbora pasako ez balitz bezala. Ibani, anai eta lagunik hoberena, gure barre guztiengatik, adiskidetasunagatik, baina batez ere unerik garrantzitsuetan nirekin egoteagatik eta beti ni zaintzeagatik, eskerrik asko. Aneri, beti animoak emateagatik eta kezkatzeagatik. Amaiurri, distantzia ez delako inoiz oztoporik izan nitaz kezkatzeko eta laguntzeko. Nire aita-amaginarrebei, familian onartzeagatik egin duzuen moduan. Elenari, zure semea izango banintz zaintzeagatik. Xabierri, hainbeste erakusteagatik, kontatzen zenizkigun anekdotengatik, laguntzeagatik eta hainbeste lan artean gurekin egoteko denbora ateratzeagatik. Nahiz eta gure artetik urrutira joan, beti izango zaitugu gure bihotzean. Maiaieni, beti animatzeagatik, nire bizitza korapilatsura egokitzeagatik,



nirekin egoteagatik eta gelditzen zaigun guztiagatik. Zugatik, chispum. Mila esker denoi, zuek gabe ez nintzateke bizitzaren puntu honetan egongo. Esango nuke ezin izango ditudala inoiz konpentsatu nihatik egin dituzuen gauza guztiak. Zuek zarete nire harrotasunik handiena.

## **DEKLARAZIOA**

Nik, Jon Mikel Picabea Arburuk, doktorego-tesi honen egilea naizela ziurtatzen dut eta ikerlan prozesu guztian parte hartu dudala, lanaren hasieratik dokumentu honen bukaerara arte. Horretarako, beharrezkoa izan da lana diseinatzea, bibliografia aztertzea, datuak jasotzea eta hauen analisia egitea, emaitzen interpretazioa eta eztabaida egitea. Honekin batera, artikulua publikatzeko egin beharreko lanaren arduraduna izan naiz. Hala ere, lan hau ezinezkoa litzateke Javier Yanciren eta Jesús Cámararen laguntzarik gabe, beraiek baitira tesi honen tutoreak eta zuzendariak.

Bestalde, Hezkuntza eta Kirol Fakultateko Heziketa Fisiko eta Kiroleko Sailak eskainitako zerbitzuak eta materialak erabili dira datu bilketan. Ikerketa hauek burutzeko orduan ez da inongo interesen gatazkarik izan. Proiektuak eskakizun etikoak bete ditu eta Euskal Herriko Unibertsitateko (EHU/UPV) Gizakiekin lotutako Ikerketetarako Etika Batzordeak (GIEB) proiektu honen onarpena eman du doktorego-tesi hau hasi baino lehen.



## LABURDURAK

BM = bihotz-maiztasuna

BMA = bihotz-maiztasunaren  
aldakortasuna

BAL = saskibaloiko taldea

CMJ = kontramugimendudun jauziaren  
testa

CMJML = aldebiko  
kontramugimendudun jauziaren testa

bertikala beso libreekin

CODA = norabide-aldaketaren  
gaitasuna

EHU / UPV = Euskal Herriko  
Unibertsitatea

FEM = nesken taldea

FUT = futboleko taldea

FVTM = Euskal Mahai-Tenis  
Federazioa

HANDG = besaurreko indar  
isometrikoa edo *handgrip*

HCMJAS = aldebiko  
kontramugimendudun jauziaren testa  
horizontala beso libreekin

HCMJASD = alde nagusiko  
kontramugimendudun jauziaren testa  
horizontala beso libreekin

HCMJASND = alde ez-nagusiko  
kontramugimendudun jauziaren testa  
horizontala beso libreekin

HF = maiztasun altuko banda

HLA = aldebiko defizit horizontala

HR = bihotz-maiztasuna

ITTF = Mahai-Teniseko Federazio

Internazionala

LF = maiztasun baxuko banda

LF/HF = LF eta HF arteko ratioa

LnRMSSD = R-R tarte guztien  
karratuarekiko diferentzien baturaren  
batez besteko balioaren erro karratuaren  
logaritmo naturala

MASC = mutilen taldea

MAT = arintasun-testa aldatua

Max HR = bihotz-maiztasun maximoa

Mean HR = batezbesteko bihotz-  
maiztasuna

Mean RR = batezbesteko R-R tarteak

Min HR = bihotz-maiztasun minimoa

OLDER = 30 urte gorakoak

pNN50 = 50 milisegundo baino gehiago  
bat ez datozen ondoz ondoko R-R  
tarten ehunekoa

POST = partiduen ondoren

PRE = partida baino lehen

RFETM = Espainiako Mahai-Teniseko  
Federazioa

RMSSD = R-R tarte guztien  
karratuarekiko diferentzien baturaren  
batezbesteko balioaren erro karratua

RPE = hautemandako nekea

S10M = 10 metroko sprinta

S5M = 5 metroko sprinta

SAR = *sit and reach* testa

SD1 = Poincaré diagramaren zeharkako ardatza

SD2 = Poincaré diagramaren luzetarako ardatza

SD2/SD1 = SD2 eta SD1 arteko ratioa

SDNN = N-N tarteen desbideratze estandarra

SENIOR = 20 eta 30 urtekoak

SH = jauzi horizontala

SLJT = aldebiko kontramugimendudun jauziaren testa horizontala beso libreekin

STD HR = bihotz-maiztasunaren desbideratze estandarra

TME = mahai-teniseko taldea

U12 = 12 urte baino gutxiago

U14 = 14 urte baino gutxiago

U16 = 16 urte baino gutxiago

U20 = 20 urte baino gutxiago

VCMJAS = aldebiko kontramugimendudun jauziaren testa bertikala beso libreekin

VCMJASD = alde nagusiko kontramugimendudun jauziaren testa bertikala beso libreekin

VCMJASND = alde ez-nagusiko kontramugimendudun jauziaren testa bertikala beso libreekin

VO<sub>2max</sub> = oxigeno-kontsumo maximoa

**AURKIBIDEA**





# AURKIBIDEA

<b>1. HASIERAKO ATALA .....</b>	<b>31</b>
1.1. SARRERA.....	31
1.2. ESPARRU TEORIKOA.....	35
<i>1.2.1. Mahai tenisaren testuingurua .....</i>	<i>35</i>
1.2.1.1. Jatorria.....	35
1.2.1.2. Kirolaren eboluzioa.....	35
1.2.1.3. Mahai-tenisaren araudia .....	37
1.2.1.3.1. Mahaia eta sarea.....	37
1.2.1.3.2. Erraketa .....	38
1.2.1.3.3. Pilota .....	38
1.2.1.3.4. Partidak .....	38
1.2.1.3.5. Jokoaren ordena .....	38
1.2.1.3.6. Azelerazio araua.....	39
1.2.1.4. Txapelketak.....	39
1.2.1.5. Lizentzia/partehartzaile kopurua Espainian .....	40
<i>1.2.2. Mahai-teniseko jokalarien ezaugarri fisiko eta fisiologikoak.....</i>	<i>41</i>
1.2.2.1. Mahai-teniseko jokalarien ezaugarri fisikoak .....	42
1.2.2.1.1. Mahai-teniseko ezaugarri fisikoen analisia .....	42
1.2.2.1.2. Mahai-teniseko ezaugarri fisikoen arteko erlazioa.....	44
1.2.2.2. Mahai-teniseko jokalarien ezaugarri fisiologikoak .....	45
1.2.2.3. Sexuaren eta adinaren eragina mahai-teniseko jokalarietan .....	45
<i>1.2.3. Mahai-teniseko lehiaketaren deskribapena eskaera fisiko eta fisiologikoen ikuspuntutik .....</i>	<i>47</i>
1.2.3.1. Lehiaketaren eskaera fisikoak .....	47
1.2.3.2. Lehiaketaren eskaera fisiologikoak.....	48
1.2.3.3. Nekea mahai-tenisean .....	49
1.2.3.3.1. Nekea: definizioa eta motak.....	49
1.2.3.3.2. Nekearen analisia mahai-tenisean .....	50
1.2.3.3.3. Bihotz-maiztasunaren aldakortasuna (BMA).....	51
1.2.3.3.3.1. Definizioa eta aldagaiak .....	51



1.2.3.3.2. Bihotz-maiztasunaren aldakortasunaren erabilera kirol arloan	52
1.2.3.3.3. Bihotz-maiztasunaren aldakortasunaren erlazioa kirol emaitzekin .....	53
1.3. HELBURUAK ETA HIPOTESIAK .....	54
1.4. EMAITZAK ETA EZTABAIDA .....	56
1.4.1. Lehenengo ikerketa: Diferencias entre jugadores de fútbol, baloncesto y tenis de mesa en la capacidad de salto vertical y horizontal.....	56
1.4.2. Bigarren ikerketa: Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo.....	57
1.4.3. Hirugarren ikerketa: Physical Fitness Profiling of National Category Table Tennis Players: Implication for Health and Performance.....	59
1.4.4. Laugarren ikerketa: Comparison of Heart Rate Variability Before and After a Table Tennis Match.....	60
1.4.5. Bostgarren ikerketa: Análisis de la evolución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca antes y después de un partido de tenis de mesa en función del resultado.....	61
1.5. ERREFERENTZIAK .....	64
<b>2. ONDORIOAK .....</b>	<b>79</b>
2.1. ONDORIO NAGUSIAK.....	79
2.2. APLIKAZIO PRAKTIKOAK.....	80
2.3. MUGAK .....	81
2.4. ETORKIZUNEKO ILDOAK.....	82
2.5. TESIAREN EZAGUTZA ZIENTIFIKOAREN TRANSFERENTZIA .....	83
<b>3. ERANSKINAK.....</b>	<b>87</b>
3.1. LEHENENGO ARTIKULUA.....	87
3.2. BIGARREN ARTIKULUA .....	105
3.3. HIRUGARREN ARTIKULUA.....	119
3.4. LAUGARREN ARTIKULUA .....	131
3.5. BOSTGARREN ARTIKULUA .....	141
3.6. GIZAKIEKIN LOTUTAKO IKERKETETARAKO ETIKA BATZORDEA ...	167
3.7. TESIEN ZEHAR EGINDAKO FORMAKUNTZAK .....	168

## 1. HASIERAKO ATALA





# 1. HASIERAKO ATALA

## 1.1. SARRERA

Mahai-tenisa, nahiz eta kirol minoritarioa izan, 300 milioi praktikatzaile inguru ditu mundu osoan zehar (Bańkosz et al., 2020). Nahiz eta mahai-tenisak, daukan praktikatzaile kopuruagatik, garrantzia handia eduki, kirol honen inguruan aurkitzen diren ikerketa zientifikoak urriak dira beste kirol modalitate batzuekin konparatuz. Hau kontuan edukita, eta kirol-modalitate honi buruzko ezagutza zientifiko gehiago lortzeko helburuarekin, mahai-tenisari buruzko doktorego-tesi bat proposatzen da. Mahai-teniseko ikerketa hainbat jakintza-arlotatik eta zientzia-diziplinatatik egin daitekeen arren, tesi honetan Jarduera Fisikoaren eta Kirolaren Zientzien arlotik aztertzen da, eta, zehazki, kirolarien eta kirolaren ezaugarri fisikoak eta fisiologikoak aztertzen dira.

Euskal Herriko Unibertsitateko doktorego ikasketen gestiorako arautegia jarraituz, konkretuki XI. kapitulua, tesi hau artikuluen bildumaren bidez egin da. Beraz, tesi honen irakurketa hasi baino lehen, tesi hau gai beraren inguruko lan zientifikoez osatuta dagoela jakitea beharrezkoa da, lan hauek tesiaren bukaeran erantsita aurkituz.

Lanak, orotara, hiru atal nagusi ditu. Lan honen lehenengo atala bost azpiataletan banatuko da. Lehenengo azpiatala sarrera dela kontuan edukita, atal honen bigarren azpiatalean, hau da, marko teorikoan, berrikusketa bibliografiko sakon baten ondoren aukeratuko informazioaren bitartez, gaiari buruzko literatura zientifikoaren laburpen bat aurkeztuko da. Azpiatal honetan, alde batetik, mahai-teniseko egoera azalduko da, eta bestetik, mahai-teniseko jokalarien eskakizun fisiko, fisiologiko eta nekearen kuantifikazioa azalduko dira, hauen neurketak egiteko erabiltzen diren baliabide metodologikoak azalduz.

Hirugarren azpiatalean, tesiaren helburuak eta hipotesiak azalduko dira, zein artikuluetan garatzen diren adieraziz. Doktorego-tesi honen helburu orokorrak mahai-teniseko jokalarien gaitasun fisikoak aztertzea eta mahai-teniseko partiduek sortzen duten nekea kuantifikatzea dira. Helburu hauei erantzuna emateko, bost ikerketa argitaratu dira, denak antzeko ildo jarraituz. Lehenik eta behin, mahai-teniseko jokalarien egoera fisikoa aztertu zen, beste kirol batzuetako kirolariek konparatuz. Honen ondoren, mahai-teniseko jokalarien egoera fisikoa aztertu nahi izan zen, sexua eta adina kontuan edukita.

Azkenik, partidu simulatuen bitartez, mahai-teniseko partiduek sortzen duten nekea aztertu nahi izan zen.

Konkretuki, lehenengo artikuluan, “Diferencias entre jugadores de fútbol, baloncesto y tenis de mesa en la capacidad de salto vertical y horizontal” titulupean, “Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte” (RICCAFD) aldizkarian argitaratuta (1.go taula), alde batetik, mahai-teniseko jokalarien egoera fisikoa beste kiroleko jokalariekin konparatu zen, beheko gorputz-adarren gaitasun muskularraren azterketaren bitartez, eta bestetik, jauzi bertikalaren eta horizontalaren arteko erlazioa aztertu zen.

Bigarren artikuluan, “Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo” titulupean, “Revista Internacional de Ciencias del Deporte” (RICYDE) aldizkarian argitaratuta (1.go taula), mahai-teniseko jokalarien gaitasun fisikoen konparaketa egin zen sexuaren arabera, sexuak gaitasun fisikoan daukan eragina kuantifikatzeko asmoarekin, eta gaitasun fisikoek errendimenduarekin daukaten lotura aztertu zen, helburu honi ezaugarri fisiko desberdinen erlazioen azterketa gehituz.

Hirugarren artikuluan, “*Physical fitness profiling of national category table tennis players: implication for health and performance*” titulupean, “*International Journal of Environmental Research and Public Health*” (IJERPH) aldizkarian argitaratuta (1.go taula), mahai-teniseko jokalarien ezaugarri fisikoen konparaketa egin zen jokalarien adina kontuan edukita. Gainera, aurreko ildo jarraituz, gaitasun fisiko desberdinen arteko erlazioak aztertu ziren.

Laugarren artikuluan, “*Comparison of Heart Rate Variability Before and After a Table Tennis Match*” titulupean, “*Journal of Human Kinetics*” (JHK) aldizkarian argitaratuta (1.go taula), mahai-teniseko partidua sortzen duen nekea kuantifikatu zen bihotz-maiztasunaren aldakortasuna erabiliz, partidu simulatuen bitartez.

Bostgarren artikuluan, “Análisis de la evolución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca antes y después de un partido de tenis de mesa en función del resultado” titulupean, “Archivos de Medicina del Deporte” (AMD) aldizkarian argitaratzeko onartua, mahai-teniseko partidua sortzen duen nekea kuantifikatu zen bihotz-maiztasunaren aldakortasuna erabiliz eta partiduaren emaitza (irabazi edo galdu) kontuan hartuta, partidu simulatuen bitartez. Gainera, partiduaren iraupenaren eta BMAREN aldagaien arteko erlazioa aztertu zen.

**1.go taula.** Artikuluetakoko kalitate adierazleak Dialnet metrikak, Latindex, *Scopus* eta Journal Citation Report (JCR)-en arabera.

Aldizkariaren titulua	Laburdura	ISSN	Herrialdea	Kategoria	IF metrika argitaratutako urtean	IF argitaratutako urtean	Koartila argitaratutako urtean	IF metrika 2020an	IF 2020an	Koartila 2020an
Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte	RICCAFD	2255-0461	Espainia	Kirol Zientziak	Dialnet metrikak (2016) / Latindex (2015)	0,389 / 33-36	2 / -	JCR* / Latindex	0,16 / 32/38	4 / -
Revista Internacional de Ciencias del Deporte	RICYDE	1885-3137	Espainia	Kirol Zientziak	Scopus (2017)	0,241	4	Scopus	0,276	4
International Journal of Environmental Research and Public Health	IJERPH	1660-4601	Suitza	Osasun publikoa, ingurumenekoa eta okupazionala	JCR (2020)	3,789	1	JCR	3,789	1
Journal of Human Kinetics	JHK	1640-5544	Polonia	Kirol Zientziak	JCR (2020)	2,448	3	JCR	2,448	3
Archivos de Medicina del Deporte	AMD	0212-8799	Espainia	Kirol Zientziak	Scopus (2020)	0,12	4	Scopus	0,12	4

ISSN = International Standard Serial Number; IF = Inpaktu faktorea; \* = Suspertzen ari diren aldizkarien zerrenda

Ikusten den moduan, lan guztiak mahai-tenisari buruzkoak dira. Lehenengo hiru lanetan, gaitasun fisikoen kuantifikazioa egin da ikuspuntu desberdinak kontuan hartuta, kirolak, sexuak eta adinak nola eragiten duten zehazteko asmoz. Honetaz gain, gaitasun fisikoen erlazioak aztertu dira hiru artikuluetan. Bestalde, aipatutako beste bi lanetan, kirol arloan nekearen kuantifikazioak daukan garrantziagatik, honen analisia egin da beste kiroleetan erabili den metodoa erabiliz, literatura zientifikoan dagoen lehenengo lanak izanik bihotz-maiztasunaren analisia egiten duena mahai-tenisean.

Laugarren azpiatalean, artikuluen emaitzen eta eztabaiden inguruan hitz egingo da. Horretarako, alde batetik, artikuluko bakoitzaren emaitzarik garrantzitsuenak azalduko dira. Bestetik, artikuluko bakoitzaren emaitzen ondoren, eztabaidak aurkeztuko dira, non lortutako emaitzak literatura zientifikoan aurkitzen den informazioarekin konparatu egingo da. Bostgarren azpiatalean, erabilitako erreferentziak aurkituko dira.

Honi jarraituz, bigarren atal nagusian, tesi honen ondorioak aurkeztu dira, bost azpiataletan banatuz. Lehenengo azpiatalean, tesi honen ondorio orokorrak aurkeztuko dira. Hauen ondoren, bigarren, hirugarren, laugarren eta bostgarren azpiataletan, doktorego-tesi honen aplikazio praktikoak, mugak, etorkizuneko ildoak eta tesiaren ezagutza zientifikoaren transferentzia aurkeztuko dira, hurrenez hurren.

Hirugarren atal nagusian tesi honen eranskinak aurkeztuko dira.

Amaitzeko, hizkuntzari dagokionez, tesia euskaraz egin da, baina tesian biltzen diren artikulukoak gaztelaniaz eta ingelesez idatziak daude, hauek eranskinetan egonik doktorego-tesi honen bukaeran. Irakurketa errazteko asmoarekin, laburduren esanahiak beti eskura izango dira orrialde markatzailean.

## 1.2. ESPARRU TEORIKOA

### 1.2.1. Mahai tenisaren testuingurua

#### 1.2.1.1. Jatorria

Mahai-tenisaren jatorria Ingalaterran kokatzen da XIX. mendean, tenisaren deribazio gisa. Baliteke, klimatologiarengatik, teniseko jokalariek miniaturazko tenis antzeko kirol bat asmatzea billar-mahai edo sukaldeko mahai bat erabiliz, bi eremutan banatuta liburuekin edo soka batekin (Serrano de la Fuente et al., 2012). 1880 urtearen inguru, hainbat iturrik kirol hau “*indoor tennis*” bezala ezagutzen zela diote eta britainiar armadaren ofizialek jolasten zutela Indian eta Hego Afrikan. Esaten denez, ofizialek zigarro kaxak erabiltzen zituzten erraketa moduan, biribildutako ardo botilen kortxoak pilota moduan eta liburuak sare moduan erabiliz. Hortik aurrera, jokoa modan jarri zen Ingalaterrako klase altuen artean (Letts, 2018).

1890eko uztailan, David Forsterrek aretorako mahai-joko bat patentatu zuen Ingalaterran, mahai borobil bat hesi batekin inguratuta, pilota muga batzuen barruan mantentzeko. Hala ere, ez dago merkaturatzearen ebidentziarik (Serrano de la Fuente et al., 2012). 1891ean Jhon Jaques-ek “*Gossima*” izeneko joko bat patentatu zuen, baina ez zuen arrakasta handirik izan. Honen ondoren, James Gibb-ek bi zutoineko sare finko bat eta lurretik altxatutako egurrezko gainazal bat zuen materiala inprobisatu zuen, gomazko pilotak erabiltzen zituen 21 puntuko joko bat asmatuz. Gibb-ek Amerikan zeluloideko pilotak aurkitu zituen, arrakasta handia edukiz jokoan sartu zirenean, gomazko pilotak ordezkaturik. Wiames Gibb-ek Ping-Pong izena proposatu zuen zeluloideko pilotak egiten zuen soinuagatik, erraketaren aurka jotzen zuenean “Ping” eta mahaiaren aurka jotzen zuenean “Pong” definituz (Letts, 2018; Serrano de la Fuente et al., 2012). Erabiltzen ziren erraketak pergaminozkoak ziren eta kirtenek 45 zentimetroko luzera zeukaten (Serrano de la Fuente et al., 2012).

#### 1.2.1.2. Kirolaren eboluzioa

1901ean Ping Pong-eko lehen txapelketak ospatu ziren Ingalaterran, 300 jokalariekin, Major Ritchie-ren eskutik (1. go irudia). Gizonen aldetik R.D. Ayling izan zen irabazlea eta, nesken aldetik, Vyvyan Eames (Jared, 2019). Garai honetan, sakea zuzenean 17



zentimetroko sarearen gainetik egiten zen, tenisean bezala. Urte berean, Ingalaterran “*The Table Tennis Association*” sortu zen, lau egun beranduago “*The Ping Pong Association*” sortuz Ingalaterran, 500 jokalariekin (Letts 2018; Serrano de la Fuente, 2012).



**1.go irudia:** Lehen Ping-Pong txapelketaren irudia (Hoey, 2019)

1901ean mahai-tenisa Txinara eraman zen mendebaldeko kokalekuen bidez. 1902an E.C. Goode ingelesari bere zurezko erraketan harri-koskorreko goma jarri izana esleitzen zaio, pilotari efektu handiagoa emanez. Hau da gomazko erraketa arruntaren aitzindaria, 1952 urtera arte mahai-tenisean nagusi izango dena (Letts, 2018). 1903ko maiatzaren 1ean, “*The Table Tennis Association*” eta “*The Ping Pong Association*” elkartu egin ziren, “*The United Table Tennis and Ping Pong Association*” sortuz. Elkarte hau, beranduago, “*The Table Tennis Association*” deitzera pasa zen, 1904ean desagertu baino lehen, kirol honen praktika asko murriztuz (Letts, 2018; Serrano de la Fuente et al., 2012).

Horren ondoren, 1920 urtearen inguruan, kirol honen berpizkundera eman zen Ingalaterran eta Europan (Letts, 2018). 1922an “*The Table Tennis Association*” berregin zen (Letts, 2018) eta Ingalaterratik kanpo praktikatzen hasi zen, Japonian, Txinan eta Korean batez ere, non arautu eta estandarizatu egin zen (Serrano de la Fuente et al., 2012). 1926an lehenengo mundu txapelketa ospatu zen Londresen, Ingalaterrako Mahai-Teniseko Elkarte eta Mahai-Teniseko Federazio Internazionale (*International Table Tennis Federation, ITTF*) sortuz aldi berean, kirolaren izena mahai-tenisa ezarriz (Fuchs et al., 2018). Lehen munduko txapelketaren araudiaren arabera, jokalariek ezin zuten arropa txuririk erabili, inolako mugaketarik gabe arropa arruntaren erabilerari buruz. Horregatik, partehartzaileek kaleko arropak erabili zituzten, gorbatak, soinekoak eta alkandorak bezala (Serrano de la Fuente et al., 2012). Lehenengo munduko txapelketako jokoak 21 puntura jokatu ziren, bikoteko partiduetan 3 jokoko hoberenera eta

indibidualetan 5 jokoko hobenera izanik (Serrano de la Fuente et al., 2012). Txapelketa honen irabazleak Ronald Jacobi, gizonen aldetik, eta Maria Mednyansky, emakumeen aldetik, hungariarrak biak, izan ziren (Crayden, 1995; Letts, 2018). Ondorengo munduko txapelketak ospatu ziren 1940 urtera arte, non 2. Munduko Gerratik ez zen txapelketarik egon 1940 eta 1946 urteen tartean (Crayden, 1995; Letts, 2018).

1942an, Bartzelonan Espainiako Mahai-Teniseko Federazioa (Real Federación Española de Tennis de Mesa, RFETM) sortu zen kirol honen praktikaren handiagotzeagatik 1941ean (Serrano de la Fuente, 2012). Federazio honen helburua estatu mailan lehiaketak antolatzea izan zen, mahai-tenisa Espainia osoan zabaltzeko asmoz. 1988an mahai-tenisa kirol olinpikoa bihurtu zen, Seulen, eta geroztik, kirol honen aldaketarik handienak eman dira (Fuchs et al., 2018), aipagarrienak 2000 urtean izanik Sidneyen egindako Olinpiar Jokoen ondoren. Kirol hau interesgarriagoa egiteko helburuarekin egindako aldaketarik garrantzitsuenak hurrengoak izan ziren: pilotaren tamainaren aldaketa (38mm-tik 40mm-ra) hauen abiadura moteltzeko, abiadura-itsasgarriaren debekua, puntuazio-sistemaren aldaketa (21 puntutik 11 puntura) eta sakearen arau berriak, non jokalariek ezin dute sakea ezkutatu (De Mello Leite et al., 2017).

### *1.2.1.3. Mahai-tenisaren araudia*

Gaur egungo araudia kontuan hartuta, mahai-tenisa banaka edo bikoteka jokatzen den erraketa kirola da, mahai errektangular batean sare batekin erdian, zelaia bi zati berdinetan banatuz. Jokalariek pilota zelai batetik bestera txandaka jo behar dute pilotaren boterearen ondoren, aurkariari tantoa egiteko helburuarekin.

#### *1.2.1.3.1. Mahaia eta sarea*

Mahaiaren neurriak 2,74 metroko luzera eta 1,525 metroko zabalera dira, lurretik 0,76 metrora. Zelaia bi zati berdinetan banatzen duen sareak mahaiaren zabalera neurria du, hau bertikalean ipinita, alboetan 15,25 zentimetroko altuera daukaten bi euskarriri lotuta egonik. Joko eremuari dagokionez, errektangularra izan behar da, gutxienez 5 metroko altuera, 14 metroko luzera eta 7 metroko zabalera edukiz (RFETM, 2019).

#### 1.2.1.3.2. Erraketa

Erraketa edozein tamaina, forma edo pisu eduki dezake, baina honen burua laua eta zurruna izan behar da. Erraketaren bi aldeak gomaz estalita egon behar dira, eta hauek gorria eta beltza izan behar dira, hurrenez hurren. Partiduaren hasieran, jokalariek erraketa aurkariari eta arbitroari erakutsi behar diete (RFETM, 2019).

#### 1.2.1.3.3. Pilota

Pilotak 40 milimetroko diametroa dauka, 2,7 gramo pisatzen ditu. Pilota zeluloidezkoa edo antzeko plastikozko materialezkoa izan behar da, laranja edo txuria, eta matea (RFETM, 2019).

#### 1.2.1.3.4. Partidak

Partidak 11 tantotara jokatzen dira, horrela joko edo set bat lortuz, bi puntuko diferentziarekin. Partidak edozein joko kopuru bakoitira jokatu daitezke eta garaipena lortzeko joko gehienak irabazi behar dira, normalean 3, 5 edo 7 joko kopuru totala izanda, hau txapelketaren arabera aldatuz (RFETM, 2019). Partiduari hasiera emateko, sakearen eta mahaiaren aldearen zozketa egin behar da. Zozketaren irabazleak aukeratu dezake mahaiaren alderdi batean hastea edo sakatzaile edo errestatzaile moduan hastea. Behin aukera eginda, beste jokalariai gelditu den aukera hartuko du (RFETM, 2019). Bi puntu ondoren, errestatzailea sakalari izatera pasako da, arau hau mantenduz partiduen amaiera arte. Bi jokalariek edo bikoteek 10 puntu lortzen badituzte, sakalarien ordena mantentzen da, baina puntu bakoitzean sakalariz aldatuko da (RFETM, 2019). Joko bat amaitzen den bakoitzean, jokalariai alderdiz aldatuko dira eta aurreko jokoan saka itzultzen hasi dena, sakalari bihurtuko da (RFETM, 2019).

#### 1.2.1.3.5. Jokoaren ordena

Partidu indibidualetan, sakalariai saka egingo du eta honen ondoren, errestatzaileak pilota itzuliko du. Honen ondoren, kolpeak txandaka egingo dira (RFETM, 2019). Bikoteko partiduetan, sakalariai saka egingo du, errestatzaileak pilota itzuliko du,

sakalariaren kideak itzuliko du, errestatzailearen kideak itzuliko du, eta hortik aurrera, txanda horiek mantenduz, puntua jokatu da (RFETM, 2019).

#### 1.2.1.3.6. Azelerazio araua

Jokoa 10 minututan ez bada bukatzen edo ez badira guztira 18 puntu egin, azelerazio araua martxan jartzen da. Hortik aurrera, jokalaria bakoitzak behin sakatuko du jokoa amaitu arte eta errestatzaileak 13 itzulpen on egiten baditu, puntua egingo du. Arau hau aplikatzen den momentutik aurrera, partiduaren amaierara arte mantentzen da (RFETM, 2019).

#### 1.2.1.4. Txapelketak

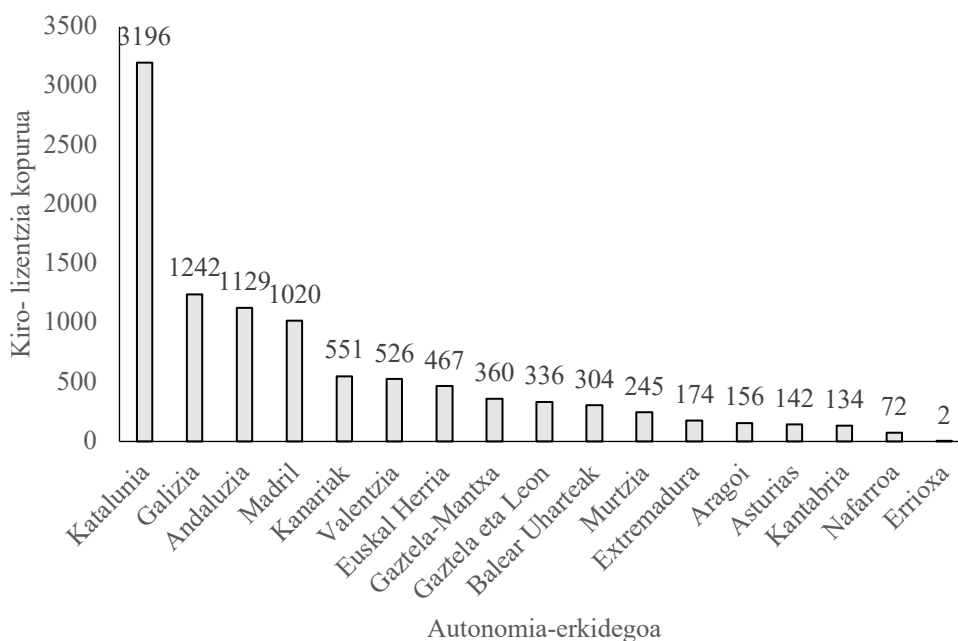
Munduan zehar egiten diren lehiaketarik garrantzitsuenak Olinpiar Jokoak eta Munduko Txapelketa dira, hauek indibidualak eta taldeka izanik (ITTF, 2019). Munduko Txapelketei dagokienez, 7 kategoria desberdin daude. Hauek, gizonezkoen indibiduala, emakumezkoen indibiduala, gizonezkoen bikotekoa, emakumezkoen bikotekoa, bikoteko mixtoa, gizonezkoen taldea eta emakumezkoen taldea dira. Txapelketa hauen inguruan, Txina da gehienak irabazi dituen, 135 Munduko Txapeldun eta 60 Munduko Txapelketa edukiz (Zhang et al., 2018). Olinpiar Jokoei dagokienez, gizonezkoen eta emakumezkoen indibidualak ospatu dira edizio guztietan (1988-2021). Bestalde, gizonezkoen eta emakumezkoen bikoteko kategoriak bakarrik 1988tik 2004ra ospatu ziren, hauek gizonezkoen eta emakumezkoen taldeko kategoriengatik aldatuz 2008an (Fuchs et al., 2018). Seul ez geroztik, 1988an, Tokyoko joko olinpikoak arte, 2021ean, Txina da domina gehien irabazi dituen, 60 domina irabaziz (urrezko 32, zilarrezko 20 eta brontzezko 8) (Fuchs et al., 2018; Zhang et al., 2018, International Olympic Committee, 2020).

Espainiaren kasuan, aipatutakoez lehiaketaz gain, txapelketarik garrantzitsuenak, ITTF-ak ospatzen dituen nazioarteko txapelketak, Europar kopa eta Txapeldunen Liga dira, estatu mailan Espainiako txapelketa izanik garrantzitsuena, hau RFETM-k antolatuz. Liga erregularrari dagokionez, 4 maila desberdintzen dira, hauek bigarren maila, lehenengo maila, ohorezko maila eta super-maila izanik, gizonak eta emakumeak liga bereizietan jokatu (RFETM, 2019).

Autonomia-erkidegoei dagokienez, maila baxuagoko kategoriak gehitzen zaizkie aurretik aipatutako mailei, autonomia-erkidegoko federazioaren antolamendupean (RFETM, 2019). Euskal Herrian zehazki, bigarren euskal maila, lehenengo euskal maila eta ohorezko euskal maila bereizten dira, neskak eta mutilak elkarrekin jokatuz (FVTM, 2020).

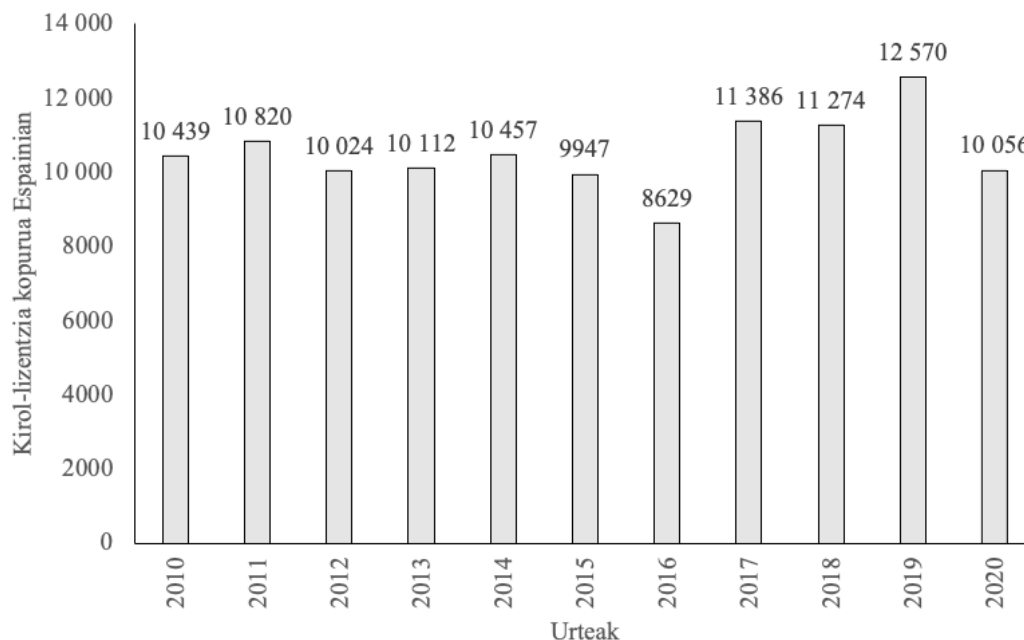
### 1.2.1.5. Lizentzia/partehartzaile kopurua Espainian

Gaur egun, mahai-tenisak 300 milioi praktikatzaile ditu mundu osoan zehar, 100 milioi txinatarrak, lehenengo kopurutik 40 milioi jokalaria federatuak izanik (Fuchs et al., 2018; Pradas et al., 2021). Espainiaren kasuan, praktikatzaile federatu kopuruari dagokionez, 10 056 praktikatzaile izan ziren 2020an, zifrarik altuena gaur arte 2019an izanik 12 500 praktikatzaileekin (2. irudia) (División de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Cultura y Deporte, 2021). 2020ko Espainiako kirol lizentzia kopurua kontuan edukita, mahai-tenisak 42. postua eduki zuen 2020an, lehenengoa futbola izanik 1 074 567 lizentziekin (División de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Cultura y Deporte, 2021). 2020 urteari dagokionez, Katalunia izan da kirol federatu kopuru gehiena izan duen autonomia-erkidegoa 3 196 lizentziekin (3. irudia) (División de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Cultura y Deporte, 2021).



**2. irudia:** Espainiako mahai-teniseko federatuen jatorria 2020an (Norberak egina)

(División de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Cultura y Deporte, 2021-etik egokitua).



**3. irudia:** Espainiako mahai-teniseko federatuen kopurua azken 10 urteetan  
(Norberak egina)

(División de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Cultura y Deporte, 2021-etik egokitua).

1.2.2. Mahai-teniseko jokalarien ezaugarri fisiko eta fisiologikoak

Kirol arloan, ezaugarri fisikoak gaitasun fisikoekin erlazionaturik dauden bitartean (adib.: indarra, abiadura, erresistentzia, malgutasuna), ezaugarri fisiologikoak jardura fisikoa burutzen den bitartean gorputzean sortzen diren aldaketekin erlazionaturik daude (adib.: nerbio-sistema zentrala, fibra mota desberdinen aktibazioa, energia sistemen erabilera eta egokitzapena) (Oartzabal & Zinkunegi, 1995).

Mahai-tenisa praktikatzan duten jokalariek, beste erraketa kiroletan bezala, akzio teknikoak modu koordinatuan eta ahalik eta azkarren egin behar dituzte, besoak modu egokian mugituz, desplazamendu txikiak beheko gorputz-adarrekin egiten dituzten bitartean (Pradas de la Fuente et al., 2013a). Akzio hauek modu koordinatuan eta exekuzio-abiadura maximoan egiteak, esfortzu muskular handia eskatzen du goiko eta beheko gorputz-adarretan, akzioek daukaten intentsitateagatik, jokalariei esfortzu

handiak suposatuz (Melero et al., 2005; Pradas de la Fuente et al., 2013b). Hau kontuan edukita, mahai-teniseko jokalarien ezaugarriak aztertzeko helburuarekin, ohikoa izan da hainbat ezaugarri fisikoen eta fisiologikoen analisia egitea (Djokic, 2007; Kondrič et al., 2013; Pradas de la Fuente et al., 2010).

### *1.2.2.1. Mahai-teniseko jokalarien ezaugarri fisikoak*

#### *1.2.2.1.1. Mahai-teniseko ezaugarri fisikoen analisia*

Kirolarien gorputz-konposizioaren analisia burutzeko laborategian egindako tolesen neurrien bitartez (Pradas de la Fuente et al., 2013b; Pradas et al., 2021) eta Tanita MC-780 tresnaren bitartez (Pluta et al., 2021) egin da. Aurreko ikerkuntzetan ikusi denez, gizonezkoek somatotipo mesomorfoa (Pluta et al., 2021; Pradas et al., 2021a) eta emakumeek somatotipo endomorfoa (Pradas de la Fuente et al., 2021a) edo ektomorfoa (Pluta et al., 2021) dauzkate, ektomorfo profilak errendimenduarekin lotura handiagoa edukita (Pradas de la Fuente et al., 2021b), nahiz eta beste ikerkuntzetan erlaziorik ez aurkitu errendimenduaren eta gorputz-konposizioaren artean (Nikolic et al., 2014). Abiadura neurtzeko, 30 metroko sprinta neurtu da, zelula fotoelektrikoak 0, 5, 10, 20 eta 30 metrotan ipiniz (Pullinger et al., 2019). Ikerkuntza honetan ikusi zenez, 14 urteko mahai-teniseko mutilek emaitza hobeak lortu zituzten denboraldiaren amaieran aurreko neurketekin konparatuz (denboraldiaren erdian eta hasieran), 5, 10, 20 eta 30 metroko testetan  $1,12 \pm 0,07$  s,  $2,0 \pm 0,13$  s,  $3,58 \pm 0,20$  s eta  $5,14$  s-ko emaitzak lortuz, hurrenez hurren. Goiko eta beheko gorputz-adarren gaitasunen analisia egiteko, besaurreko indar isometrikoa (Carrasco et al., 2010; Taş, 2017; Pluta et al., 2020; Pradas de la Fuente et al., 2005) eta kontramugimendudun jauziaren testa (Pradas de la Fuente et al., 2013a; Pradas de la Fuente et al., 2010) erabili dira, hurrenez hurren. Besaurreko indar isometrikoari dagokionez, 10-13 urteko jokalarietan ikusi da mutilek neskek baino indar handiagoa daukatela esku nagusiarekin ( $27,1 \pm 5,1$  vs  $20,2 \pm 3,5$  kg) eta ez nagusiarekin ( $22,4 \pm 4,1$  vs  $18,2 \pm 1,4$ ) kg) (Carrasco et al., 2010). Hala ere, beste ikerkuntza batean 11-17 urteko mahai-teniseko jokalariekin, ez zen diferentziarik aurkitu sexuaren arabera (Pluta et al., 2020). Beheko gorputz-adarren gaitasunari dagokionez, diferentziak aurkitu dira 7 eta 17 urteko jokalarien artean adinaren eta sexuaren arabera kontramugimendudun jauziaren testan (Pradas de la Fuente et al., 2013a). Ikerkuntza honetan, 13 urtez beherako ( $24,7 \pm 5,3$  vs  $24 \pm 4,9$  cm) eta kadete ( $29,5 \pm 4,6$  vs  $25,6 \pm 7,4$  cm) adineko neskek emaitza

hobeak lortu zituzten adin bereko mutilekin konparatuz. Bestalde, junior kategorian, mutilek emaitza hobeak lortu zituzten neskekin konparatuz ( $34\pm 3,8$  vs  $27,8\pm 6,4$  cm). Arintasunari dagokionez, mahai-teniseko test espezifikoak erabili dira (Nikolic et al., 2014; Pullinger et al., 2019), eragin positiboa aurkituz mahai-teniseko test espezifikoan artean hainbat gaitasun motoreekin. Erreakzio abiadura neurtzeko “*Take-Off Reaction Test*” izeneko testa erabili da (Castellar et al., 2019), emaitza hobeak aurkituz mutilen artean neskekin konparatuz 13-tik 18-rako adin tartean, nahiz eta 11 urtetik behera neskek emaitza hobeak lortu. Malgutasuna neurtzeko “*sit and reach*” testa erabili da (Taş, 2017; Pluta et al., 2020; Pradas de la Fuente et al., 2021a), mahai-teniseko 10-11 urteko neskek emaitza hobeak lortuz adin bereko mutilekin konparatuz ( $20,7\pm 7,0$  cm vs  $16,2\pm 4,8$  cm). Ezaugarri fisikoei dagokionez, hainbat ikerkuntza aurkitu dira mahai-tenisean hauen kuantifikazioa egiten dutenak. Hala ere, ikerkuntza gutxi aurkitu dira mahai-teniseko jokalarien ezaugarriak beste kiroleko jokalariekin konparatzen dituztenak (Pion et al., 2014; Singh et al., 2017), nahiz eta ikerkuntza arloan beste kirolen inguruan askotan eman. Singh et al. (2017) aurkitu zuten, 16-19 urte tarteko badmintoneko, mahai-teniseko eta squasheko jokalaria konparatuz, mahai-teniseko jokalarien erresistentzia gaitasuna squasheko jokalaria baina baxuagoa zen, nahiz eta badmintoneko jokalaria baina hobeagoa izan. Arintasunari dagokionez, mahai-teniseko jokalarien gaitasuna hobeagoa zen beste bi kirolekin konparatuz. Pion et al. (2014) aurkitu zuten 9 kirolean ziharduten 16 urteko jokalarietan, ez zegoen neurri antropometrikorik edo fisikorik non mahai-teniseko jokalaria hobeak ziren beste kirolekoekin konparatuz.

Ikerkuntza hauek ondorioztatzen dutenez, kirolen artean aurkitutako diferentziak kirol bakoitzak behar dituen eskakizun egokitzaren ondorioz gerta daitezke, kirol bakoitzaren ezaugarri garrantzitsuenak identifikatuz. Bestalde, test orokorrez osatutako bateriek talentuen identifikazioa ahalbidetu eta kirolen arteko konparaketa errazten dute (Pion et al., 2014). Adibide gisa, 1. taulan mahai-teniseko eta teniseko jokalarien konparaketa aurkezten da test orokorrak erabili dituzten ikerkuntzen bitartez, ahalik eta antzekoenak diren laginak konparatuz. Hau kontuan edukita, mahai-tenisaren inguruan ildo honetan gehiago sakontzea interesgarria izan daiteke, mahai-teniseko ezaugarri fisiko bereizgarrienak zehazteko, prestakuntza fisikoa egokitzeko jokalarien beharretara eta talentuen identifikazioa errazteko.



**2. taula:** Mahai-teniseko eta teniseko gaitasun fisikoen konparaketa (Norberak egina)

Testa	Mahai-tenisa	Tenisa
Abiadura (s)	5m: 1,12±0,07	5m: 1,14±0,1
	10m: 2,0±0,13	10m: 1,98±0,1
	20m: 3,58±0,2	20m: 3,54±0,3
	14,2±1,3 urte (Pullinger et al., 2019)	14,3±1,6 urte (Hernández-Davo et al., 2021)
Besaurreko indar isometrikoa ( <i>Handgrip</i> ) (kg)	27,44±5,2	32,64±7,48
	12,0±1,1 urte (Carrasco et al., 2010)	15,11±1,45 urte (Akinoglu et al., 2020)
Kontramugimendudun jauziaren testa (CMJ) (cm)	33,74±8,16	25,46±5,0
	14,2±1,3 urte (Pullinger et al., 2019)	14,3±1,6 urte (Hernández-Davo et al., 2021)
Malgutasuna ( <i>Sit and Reach</i> ) (cm)	31,0±7,5	-4,87±9,82
	16,1±0,8 urte (Pion et al., 2014)	15,75±1,42 urte (Muyor et al., 2013)

1.2.2.1.2. Mahai-teniseko ezaugarri fisikoen arteko erlazioa

Ezaugarri fisikoen kuantifikazioaz gain, ohikoa izan da ikerkuntza arloan ezaugarri fisikoen erlazioak aztertzea (Marques et al., 2011; Maulder & Cronin, 2005). Mahai-tenisaren kasuan, bi ikerkuntza baino ez dira aurkitu holako erlazioak aztertzen dituztenak (Faber et al., 2015; Nikolic et al., 2014). Zehazki, Faber et al.-ek (2015) korrelazio esanguratsuak aurkitu zituzten sprint, arintasuna eta jauzi bertikalaren artean. Nikolic et al.-ek (2014), mahai-teniseko test espezifikoaren arteko erlazioak aztertu zituzten, hainbat gaitasun (indarra, koordinazioa eta arintasuna, besteak beste) mahai-teniseko probekin erlazionatuta daudela ondorioztatuz. Aurretik ikusita dago adina, kirol modalitateak eta errendimendu mailak test fisikoen arteko erlazioan eragin dezaketela (McFarland et al., 2016; Nikolic et al., 2014; Salaj & Markovic, 2011). Hau kontuan edukita, ikerkuntza gehiago behar dira mahai-teniseko jokalarien gaitasun fisikoen inguruan, hauen artean erlazioak dagoen aztertzeke sexuaren eta adinaren arabera.

### 1.2.2.2. Mahai-teniseko jokalarien ezaugarri fisiologikoak

Mahai-tenisak, partiduan egin beharreko esfortzu desberdinengatik, estres fisiologikoa eta mentala sortzen ditu (Zagatto et al., 2017). Hau kontuan edukita, ohikoa izan da parametro fisiologikoen azterketa egitea kirol honetan (Zagatto et al., 2017), batez ere partidu egoeran (1.2.3.2. atalean azalduko da) (Kondrič et al., 2013; Pradas de la Fuente et al., 2015; Zagatto et al., 2010; Zagatto et al., 2016; Zagatto et al., 2017).

Mahai-teniseko kirolarien erresistentzia maximoa neurtzeko ziklo-ergometroa, korrika egiteko zinta eta mahai-teniseko test espezifikoak erabili dira (Zagatto et al., 2017). Ikusienez, erabilitako metodoaren arabera emaitza desberdinak lortzen dira  $VO_2$  maximoan ( $43,9 \pm 1,5$  ml/kg/min korrika egiteko zintan,  $41,3 \pm 1,4$  ml/kg/min ziklo-ergometroan,  $49,8 \pm 1,1$  ml/kg/min mahai-teniseko test espezifiko batean, non 30 pilota/minutuko frekuentziarekin hasita, 2 minuturo 4 pilota/minutu gehitzen ziren kirolariek neke maximoa lortu arte, pilota jaurtizaile robota erabiliz mahaiaren zentrotik 2 puntu desberdinetara, errebesa zentrotik 30 zentimetrotara eta eskuinera zentrotik 40 zentimetrotara, saretik 50-60 zentimetrotara). Beste erraketa kirolekin konparatuz, mahai-teniseko jokalariek gaitasun aerobiko baxuagoa dute, tenisean 58 ml/kg/min, squashean 65 ml/kg/min eta badmintonean 60 ml/kg/min ingurukoak izanda (Zagatto et al., 2017).

### 1.2.2.3. Sexuaren eta adinaren eragina mahai-teniseko jokalarietan

Beste erraketa kirolekin ikusi den moduan (Borms & Cools, 2018; Campos et al., 2009; Valenzuela et al., 2020), desberdintasunak ikusi dira mahai-teniseko jokalarien ezaugarrietan sexuaren eta adinaren arabera. Mahai-tenisaren kasuan, goiko gorputz-adarren analisia egin da kirolariaren sexua kontuan hartuta 10-13 urteko jokalariekin, mutilek indar handiago adieraziz neskekin konparatuz ( $27,44 \pm 5,2$  vs  $20,0 \pm 2,2$  kg) (Carrasco et al., 2010). Hala ere, beste ikerkuntza batean, ez zen diferentziarik aurkitu 10-11 urteko jokalarietan gaitasun honen inguruan ( $18,7 \pm 3,5$  vs  $17,1 \pm 2,8$  kg) (Pradas de la Fuente et al., 2021a).

Behoko gorputz-adarren kasuan, diferentziak aurkitu dira mahai-tenisean nesken eta mutilen artean, hauek adinaren arabera aldatuz (Pradas de la Fuente et al., 2013a). Ikerkuntza honetan, 11 eta 15 urte bitartean, neskek mutilek baino emaitza hobekak lortu zituzten ( $24,7 \pm 5,3$  cm vs  $24,0 \pm 4,9$  cm eta  $29,5 \pm 4,6$  cm vs  $28,8 \pm 5,3$  cm, hurrenez hurren). Bestalde, 11 urtez beherako eta 16-18 urteko mutilek neskek baino emaitza hobekak lortu

zituzten ( $22,3 \pm 3,4$  cm vs  $20,4 \pm 3,4$  cm eta  $34,0 \pm 3,8$  cm vs  $27,8 \pm 6,4$  cm, hurrenez hurren). Abiadurari dagokionez, diferentziak aurkitu dira 50 metroko sprintean 13-17 urteko mahai-teniseko jokalarien artean, neskek mutilek baino emaitza hobeak lortuz ( $58,7 \pm 6,44$  puntu vs  $55,2 \pm 8,3$  puntu) (Pluta et al., 2020). Arintasunari dagokionez, diferentziak aurkitu dira “*shuttle run*” izeneko testean 13-17 urteko mahai-teniseko jokalarien artean, neskek mutilek baino emaitza hobeak lortuz ( $60,8 \pm 8,21$  puntu vs  $55,8 \pm 7,57$  puntu) (Pluta et al., 2020). Malgutasunari dagokionez, diferentziak aurkitu dira nesken alde 10-11 urteko bitarteko mahai-teniseko jokalarietan “*sit and reach*” izeneko testean ( $20,7 \pm 7,0$  cm vs  $16,2 \pm 4,8$  cm) (Pradas de la Fuente et al., 2021a). Hala ere, beste ikerkuntza batean, ez zen diferentziarik aurkitu “*sit and reach*” izeneko testean mutilen ( $50,9 \pm 6,01$  puntu) eta nesken ( $49,2 \pm 5,62$  puntu) artean 13-17 urte bitarteko jokalarietan (Pluta et al., 2020). Honez gain, teknikari dagokionez, 20-24 urteko mahai-teniseko jokalarietan, diferentziak aurkitu dira sexuaren arabera “*topspin*” zinematika aldagaietan (Bańkosz et al., 2020). Ikusi zenez, mutilek pronazio balore handiagoak zituzten sorbaldan ( $30^\circ$ ) eta ukondoan, flexio angelu handiagoarekin ( $15^\circ$  inguru). Gainera, neskek balore altuagoak lortu zituzten eskumuturraren supinazioari dagokionez,  $18^\circ$  inguruko diferentzia aurkituz. Aldakari dagokionez, mutilek flexio balore altuagoak lortu zituzten ( $20^\circ$  inguru ezkerreko aldakan eta  $15^\circ$  inguru eskuineko aldakan), neskek supinazio balore altuagoak lortu zituzten bitartean ( $18^\circ$  inguru). Belaunari dagokionez, mutilek flexio balore altuagoak lortu zituzten neskekin konparatuz ( $18^\circ$  inguru ezkerreko belaunean eta  $30^\circ$  inguru eskuineko belaunean). Eraso momentuari dagokionez, atzetik aurrera mugitzeko momentuan, ukondoaren estentsio handiagoa ikusi zen neskegan ( $7^\circ$  inguru), mutilek sorbaldaren flexio-maila handiagoa lortu zuten bitartean. Eskuko azelerazio maximoari dagokionez, mutilek balore hobeak lortu zituzten neskekin konparatuz ( $20$  m/s<sup>2</sup> inguru). Hau kontuan edukita, neskek “*topspin*” egokia egin dezakete pilota moztu baten aurka gorputzaren bi aldeak erabiliz (eskuina eta errebesa), mutilek aukerak bilatzen dituzten bitartean eskuineko “*topspin*” indartsuagoa egiteko (Bańkosz et al., 2020).

Adinari dagokionez, hainbat ikerkuntza aurkitu dira gaitasun fisikoen analisisia egiten dutenak kirolarien adina kontuan hartuta mahai-tenisean (Faber et al., 2016; Pradas de la Fuente et al., 2013). Ikusi denez, 10 urteko jokalaria 7 urteko jokalaria baino balio altuagoak lortzen dituzte abiadura ( $33,1 \pm 4,4$  s vs  $38,3 \pm 6,5$  s), arintasun ( $26,1 \pm 5,5$  s vs  $30,0 \pm 6,8$  s) eta baloi jaurtiketa gaitasunetan ( $10,9 \pm 1,4$  m vs  $8,9 \pm 1,4$  m) (Faber et al., 2016). Pradas de la Fuente et al. (2013a) diferentziak aurkitu zituzten

kontramugimendudun jauziaren testean adinaren arabera. Ikusi zutenez, 17 urteko jokalariek emaitza altuagoak lortu zituzten 15, 13 eta 11 urteko jokalariekin konparatuz ( $34,38 \pm 3,8$  cm vs  $28,8 \pm 5,3$  cm vs  $24,0 \pm 4,9$  cm vs  $22,3 \pm 3,4$  cm, hurrenez hurren), korrelazioa aurkituz adinaren eta jauzi bertikalaren artean.

Aipatutako emaitzak ikusita, interesgarria izango litzateke gehiago sakontzea arlo honetan sexua eta adin-tarte handiagoak kontuan edukita. Honek, entrenamendu prozesuak hobetzea ahalbidetuko luke, entrenamendu desberdinak prestatuz adin eta sexu bakoitzaren beharretara, lesio-arriskuak gutxiagotuz (Bańkosz & Winiarski, 2020).

### 1.2.3. Mahai-teniseko lehiaketaren deskribapena eskaera fisiko eta fisiologikoen ikuspuntutik

Mahai-tenisa banaka edo bikoteka jokatzen den txandakako kirola da, non intentsitate altuko esfortzuak eta amaitu gabeko erreperazioak tartekatzen diren (Pradas de la Fuente et al., 2015). Iraupen finkorik ez dagoela kontuan hartuta, eta partiduen helburua puntuazio zehatz bat lortzea dela ikusita, partiduen iraupena 10 eta 45 minutu artekoa izaten da (Zagatto et al., 2010; Zagatto et al., 2017). Esfortzu-atseden ratioari dagokionez, mahai-teniseko puntuak 3,5 segundo inguru irauten dute, 8 segundotik 20 segundora bitarteko atsedendiarekin, txapelketaren egituraren eta joko-kopuruaren arabera. Beraz, esfortzu-atseden ratioa 0,12tik 0,5era bitartekoa da (Zagatto et al., 2017).

#### *1.2.3.1. Lehiaketaren eskaera fisikoak*

Hainbat ikerketetan adierazitakoaren arabera, mahai-teniseko jokalariek erabiltzen dituzten teknikak modu egokian egiteko beharrekokoak diren ezaugarri fisikoak indarrarekin, abiadurarekin, arintasunarekin, erresistentziarekin, koordinazioarekin eta malgutasunarekin erlazionatuta daude (Nikolic et al., 2014; Pradas de la Fuente et al., 2021b; Zagatto et al., 2010). Mahai-teniseko errendimenduaren determinatzaile erabakigarrienak trebetasun teknikoak eta taktikoak direla kontuan edukita (Malagoli Lanzoni et al., 2014), beharrezkoa da baita ere ezaugarri fisiko optimoak edukitzea tekniken zehaztasuna mantentzeko (Kondrič et al., 2013). Zentzu honetan, hainbat ikerketa daude faktore fisikoen analisisia egin dutenak partidu egoeran (Fuchs et al., 2018; Malagoli Lanzoni et al., 2014; Pradas de la Fuente et al., 2015; Zagatto et al., 2017). Goiko-adarrek egin dezaketen indarrari dagokionez, kontuan edukita jokalariek partidu osoan egindako tekniketatik %53a eraso teknikak direla, goiko atalek egin dezaketen

indarrak garrantzia handia dauka, besoaren abiadurak eta azelerazioak daukaten garrantziagatik (Zagatto et al., 2017). Gainera, aurreko ikerkuntzetan ikusi den bezala, egindako teknika gehienak eskuinez dira, errebesarekin konparatuz (Malagoli Lanzoni et al., 2014). Aldi berean, goiko ataleko teknikak ondo egiteko beheko gorputz atalen mugimenduek garrantzi handia daukate, mugimendu motz eta azkarrak eginez partiduan zehar, potentzia mekaniko handia sortuz beheko gorputz atalekin (Pradas de la Fuente et al., 2013a). Hala ere, arlo honetan ikerkuntza gutxi aurkitzen dira analisi mota honek daukan zailtasunagatik. Pradas de la Fuente et al. (2015) ikusi zuten lehiketa egoeran, guztira,  $458,8 \pm 201,4$  desplazamendu egin ziren,  $173,7 \pm 96,7$  motzak ( $<0,75$  metro),  $314,8 \pm 142,8$  tartekoak ( $0,75-1,5$  metro) eta  $24 \pm 17,3$  luzeak ( $>1,5$  metro) izanik, guztira  $514,5 \pm 213,1$  metro eginez. Bestalde, beste ikerkuntza batean ikusi zenez, egindako tekniken desplazamenduak pauso bat (%33,0), “*chassé*” izeneko desplazamendua (%23,5), pausorik gabe (%18,6), bira/pibote (%13,0), gurutzatze (%8,8) eta irristatze (%3,2) desplazamenduak izan ziren (Malagoli Lanzoni et al., 2014). Gainera, norabide-aldaketa azkarrak ohikoak direnez mahai-tenisean, desplazamendu hauek abiadura eta arintasun handienarekin egitea funtsezkoa da (Pradas de la Fuente et al., 2013a; Pullinger et al., 2019). Hala ere, dirudienez, oin-jokoa ez dago lotuta emaitza jakin batekin, baina emaitza oin-jokoaren eta kolpearen arteko erlazioagatik lortzen da (Fuchs et al., 2018). Erresistentziari dagokionez, ezaugarri hau funtsezkoa da nekea saihesteko eta tekniken zehaztasuna mantentzeko (Le Mansec et al., 2018).

#### *1.2.3.2. Lehiaketaren eskaera fisiologikoak*

Eskakizun fisiologikoei dagokienez, mahai-tenisa kirol mixtoa kontsideratzen da, non sistema aerobiko eta anaerobikoa parte hartzen dute partiduan zehar (Melero et al., 2005). Alde batetik, sistema aerobikoa partiduetan energia gehiena ematen duen sistema da, puntuen arteko errekupeazioa ahalbidetuz (Zagatto et al., 2010; Zagatto et al., 2008). Bestalde, denbora gutxiko intentsitate altuko esfortzuak ematen direnez, sistema anaerobikoak garrantzia ere dauka (Zagatto et al., 2010; Zagatto et al., 2008). Analisi hau laktato kontzentrazio, oxigeno-kontsumo maximo ( $VO_{2max}$ ) edo bihotz-maiztasunaren (BM) bitartez egin izan da partidu egoeran (Kondrič et al., 2013; Sperlich et al., 2011; Zagatto et al., 2010; Zagatto et al., 2017). Espainiar eliteko jokalarietan ikusi zenez, partidu simulatuen bitartez, jokalarien batezbesteko bihotz-maiztasuna  $135 \pm 7,9$  taupada/min, bihotz-maiztasun maximoa  $167 \pm 7,7$  taupada/min eta laktato kontzentrazio

maximoak 1,11 eta 2,85 mmol/l tartekoak izan ziren (Pradas de la Fuente et al., 2015). Beste ikerkuntza batean, 22 urteko nazioarteko jokalariekin partidu simulatuen bitartez, batezbesteko bihotz-maiztasuna  $131,75 \pm 12,66$  eta  $147,54 \pm 14,14$  taupada/min tartekoa,  $VO_2$ -a  $77,84 \pm 20,34$  eta  $41,10 \pm 32,78$  ml/kg/min tartekoa eta laktato kontzentrazioa  $1,41 \pm 0,5$  eta  $1,68 \pm 0,71$  mmol/l tartekoa izan ziren, guztiak jokoaren arabera aldatuz (Zagatto et al., 2016). Bestalde, partidu ofizialetan egindako ikerkuntza batean erregio-maila, nazio-maila eta nazioarte-maileko jokalariekin, batezbesteko bihotz-maiztasuna  $163,8 \pm 13,7$  taupada/min izan zen eta laktato kontzentrazioa  $1,8 \pm 0,7$  mmol/l, diferentziarik aurkitu gabe taldeen artean (Zagatto et al., 2010).

Emaitza hauek kontuan hartuta, aurretik esan den bezala, mahai-teniseko partiduetan energia gehiena bide metaboliko aerobikoaren bitartez lortzen da, bide metaboliko anaerobikoa ekarpen txikiagoa eginez (Zagatto et al., 2017). Bestalde, bihotz-maiztasunari eta laktato kontzentrazioari dagokienez, partidu ofizialetan balore altuagoak lortzen dira partidu simulatuekin konparatuz (Zagatto et al., 2017). Hala ere, kontuan eduki behar da oso zaila dela aldagai hauen analisisa egitea partidu ofizialetan.

### 1.2.3.3. Nekea mahai-tenisean

#### 1.2.3.3.1. Nekea: definizioa eta motak

Nekea, kirol arloan, kirolari batek bere errendimendu maila mantendu ez dezakeen egoera da (Terrados, 2011). Egoera hau, askotan bilatzen da superkompentsazioa lortzeko asmoarekin, baina kontrol egokia egiten ez bada, errendimenduaren jaitziera sortzen duten hainbat aldaketa gerta daitezke (Terrados, 2011). Nekearen jatorriaren arabera, hainbat neke mota desberdin daitezke. Alde batetik, neke zentrala, nerbio-sistema zentralaren funtzionamenduarekiko alterazioei lotuta dago, errekueratze muskularra gutxiagotuz. Bestalde, neke periferikoa, edo neke muskularra, muskuluan ematen den nekea da, metabolito pilaketagatik, eta honek muskuluak sortu dezakeen tentsioa gutxitzen du (Quinchanegua, 2017). Nekea, hainbat mekanismoren bitartez sortzen da, hauek energia-substratuen deplezioa, metabolitoen pilaketa, tenperaturaren igoera, ariketa ondoren sortzen den muskulu-kaltea eta aldaketa immunologikoak eta hormonalak izanik (Terrados, 2011). Hauekin batera, kirol arloan sortzen den neke mentala kontuan eduki behar da. Neke mentala iraupen luzeko jarduera kognitiboengatik ematen den egoera psikobiologikoa da, neke-sentsazioa eta energia falta ezaugarri dituena

(Smith et al., 2018). Neke mentalak kirol errendimenduan duen eragin negatiboa ongi ezarria dago, esfortzuaren pertzepzio handiagoa sortuz, erreakzio motelagoak eta zehaztugabeagoak, besteak beste (Smith et al., 2018).

#### 1.2.3.3.2. Nekearen analisia mahai-tenisean

Nekearen analisiak gaintrenamendu egoera saihestea, entrenamenduarekiko egokitzapena eta lehiaren aurreko estres-mailaren kuantifikazioa ahalbidetzen ditu (Dong, 2016; Fortes et al., 2017; Ravé & Fortrat, 2016). Lehiaketak sortzen duen nekea aztertzeko modu asko egon arren, modu horietako bat errendimendu fisikoaren edo hainbat parametro fisiologikoen partiduen aurretik eta ondoren egiten den analisia da (Edmonds et al., 2013; Esco et al., 2018; Hernández-Cruz et al., 2017). Erraketa kirolean analisi mota hau ere egin da, mahai-tenisaz gain, badmintonaren kasuan (Bisschoff et al., 2016; Garrido et al., 2009, 2011). Konkrétuki, mahai-tenisean, partiduak sortzen duen nekea parametro fisiologikoen azterketaren bitartez (Pradas de la Fuente et al., 2015; Sperlich et al., 2011; Suchomel, 2010; Zagatto et al., 2010) eta test fisikoaren bitartez ikertu da (Le Mansec et al., 2017, 2018).

Nekeak, mugimendu abiadura eta tekniken zehaztasuna gutxitzen duela ikusi da, errendimenduaren beherapena gertatuz, hauen exekuzio onak ezinbestekoak izanik mahai-tenisean (Le Mansec et al., 2018). Txapelketa kasuetan, jokalariek behin baino gehiagotan jokatu behar izaten dute egun berdinean, lehiaketaren izaera dela eta. Honen ondorioz, neke muskularra eta mentala areagotzen dira, jokalarien trebetasunak murrizten diren bitartean (Le Mansec et al., 2018). Hala ere, ildo honetan, ikerketa gutxi aurkitu dira mahai-teniseko jokalarien nekea aztertzeko dituenak partidu aurreko eta partidu ondoko egoerak konparatuz (Le Mansec et al., 2017, 2018), nekea mahai-teniseko jokalarien errendimenduaren mugatzaile dela ondorioztatuz. Neke muskularrari dagokionez, ikusi da koadrizepsak sortu dezakeen tentsioa gutxitzen dela mahai-teniseko partidu simulatu baten ondoren (Le Mansec et al., 2017). Konkrétuki, ikusi zen borondatezko uzkuradura isometrikoaren indarra gutxitu zela lehenengo jokoaren ondoren ( $-7,2 \pm 8,8$ ) eta partiduaren amaieraren ondoren ( $-12,5 \pm 9,0$ ), partidu aurreko egoerarekin konparatuz. Honekin batera, hautemandako nekearen analisiaren bitartez (RPE), 6-20 eskala erabiliz, ikusi zen hau handiagotu zela lehiaketa osoan zehar,  $7,9 \pm 2,4$  atsedean egoeratik  $10,3 \pm 2,6$ ra pasatuz lehenengo jokoaren ondoren eta  $13,9 \pm 2,2$ ra pasatuz partidua bukatzerakoan (Le Mansec et al., 2017). Honekin lotuta, ikusi da biceps eta koadrizeps

muskuluetan sortutako nekeak, tentsio eszentrikoen bitartez lortutakoak, mahai-teniseko test espezifikoko batean pilotaren abiaduran eta zehaztasunean eragin negatiboa daukatela (Le Mansec et al., 2018). Hala ere, aurreko ikerkuntzen arabera, azterketa gehiago behar dira nekeak mahai-teniseko jokalarietan nola eragiten duen jakiteko, nekeak mahai-teniseko tekniken abiaduran eta zehaztasunean daukan eraginagatik, hau atzeratzeko helburuarekin (Le Mansec et al., 2017, 2018).

### 1.2.3.3.3. Bihotz-maiztasunaren aldakortasuna (BMA)

#### 1.2.3.3.3.1. Definizioa eta aldagaiak

Jarduera fisikoa ematen den bitartean, intentsitatearen handitzeagatik, nerbio-sistema sinpatikoaren aktibazioa handiagotu egiten da eta nerbio-sistema parasinpatikoaren aktibazioa gutxiagotu egiten da, bihotz-maiztasunaren igoera eraginez (Garrido et al., 2009; Hernández-Cruz et al., 2017). Nerbio-sistema autonomoaren (NSA) aktibazioa aztertzeko helburuarekin, bihotz-maiztasunaren aldakortasuna (BMA) erabili da banakako zein taldeko kiroletan (Bricout et al., 2010; Cervantes et al., 2009; Garrido et al., 2011). Taupaden artean ematen den aldakortasuna neurtzeko elektrokardiograma teknika erabili izan da, R uhin bakoitza detektatuz, eta ondoz ondoko R uhinen edo R-R tartearen arteko denbora kalkulatzuz, hau bihotz-ziklo bakoitzaren artean igarotako denbora izanik (Bisschoff et al., 2018; Rodas et al., 2008). Kirol arloan R-R tarteen neurketa egiteko, elektrokardiograma erabili ordez, tresna eramangarriak erabiltzen dira (Rodas et al., 2008). BMA tresna ez-inbaditzaile da, bihotz taupada jarraituen artean ematen den denbora aldakortasuna erakusten duena (Rodas et al., 2008). R-R tartearak aztertuz, NSAREN analisia egiten da, nerbio-sistema sinpatikoaren eta nerbio-sistema parasinpatikoaren aktibazioa erakutsiz (Gavrilova, 2016; Laborde et al., 2017). Zentzu honetan, BMAren analisiak NSAREN erantzunen analisia ahalbidetzen du hainbat kirol egoeratan (Hernández-Cruz et al., 2017; Vanderlei et al., 2008). BMA aztertzeko erabiltzen diren aldagaiak denboraren nagusitasunean, maiztasunaren nagusitasunean eta aldagai ez-linealetan oinarrituta daude (Rodas et al., 2008). Normalean, denboraren nagusitasunean analisia egiteko erabiltzen diren parametroak R-R tarte guztien karratuarekiko diferentzien baturaren batezbesteko balioaren erro karratua (RMSSD) (Aubert et al., 2003) eta N-N tarteen desbideratze estandarra (SDNN) dira (Bourdillon et al., 2017). Aldagai hauek BMren aldaketak aztertzen dituzte, beraz, honen menpe daude



(Rodas et al., 2008). BMAREN analisia BMetik islatzeko, egoera desberdinen konparaketa ahalbidetuz BM alde batera utzita, R-R tarte guztien karratuarekiko diferentzien baturaren batez besteko balioaren erro karratuaren logaritmo naturala (LnRMSSD) erabili da (Djaoui et al., 2017). Bestalde, maiztasunaren nagusitasunaren analisiak R-R seinalearen osagaiak bereizten ditu, erakutsiz: i) maiztasun altuko banda (HF), nerbio-sistema parasinpatikoaren aktibazioa erakusten duena, ii) maiztasun baxuko banda (LF), nerbio-sistema sinpatikoak eta nerbio-sistema parasinpatikoak eraginda eta iii) LF/HF ratioa, nagusitasun sinpatikoa adieraziz honen balorea altua denean (Djaoui et al., 2017). Hala ere, arnas-patroiak maiztasunaren nagusitasunaren baloreetan eragiten duela ikusi da, hauen interpretazioa zailduz (Aubert et al., 2003; Saboul et al., 2013). Hau konpontzeko, aldagai ez-linealen analisia erabili da BMAREN modulazioa erakusten duelako arnasketaren eraginik gabe (Buchheit, 2014). Zehazki, erabilitako aldagaiak SD1, bihotzaren aktibitate parasinpatikoaren adierazlea, eta SD2, bihotzaren aktibitate parasinpatikoaren eta sinpatikoaren adierazlea, dira (Makivic et al., 2013). BMAREN bitartez, entrenamendu kargak egokitu daitezke jokalarien beharretara, nekearen pilaketa saihesteko eta errendimendua hobetzeko asmoarekin (Buchheit, 2014; Nakamura et al., 2016).

#### 1.2.3.3.3.2. Bihotz-maiztasunaren aldakortasunaren erabilera kirol arloan

Nahiz eta BMAREN analisia hainbat kiroletan eta egoeratan erabilia izan (Bisschoff et al., 2016, 2018; Bricout et al., 2010; Edmonds et al., 2015), ez dago horrelako ikerkuntzarik mahai-tenisean. Beste erraketa kiroletan, konkretuki badmintonean, denboraren nagusitasuneko aldagaien beherapena ematen dela ikusi da, Mean RR, SDNN, LnRMSSD eta pNN50 baloreen beherapena gertatuz partidu baten ondoren atsedean egoerarekin konparatuz, nerbio-sistema sinpatikoaren aktibazioa adieraziz (Bisschoff et al., 2016; Garrido et al., 2009, 2011). Bestalde, maiztasunaren nagusitasunean oinarritzen diren aldagaiei dagokienez, HF balorea gutxitu egiten dela (%11,11) eta LF/HF ratioa igotzen dela (%23,91) ikusi da atsedean egoerarekin konparatuz (Bisschoff et al., 2016). Azkenik, aldagai ez-linealei dagokienez, SD1 eta SD2 baloreen jaitsiera ikusi da atsedean egoerarekin konparatuz badmintoneko partidu baten ondoren (Bisschoff et al., 2016; Garrido et al., 2011), nerbio-sistema sinpatikoaren aktibazioa adieraziz, nerbio-sistema parasinpatikoa baztertzeko den bitartean.

Aurreko informazioa kontuan hartuta, beharrezkoa da lehiaketaren eskaera fisiko-fisiologikoak aztertzea, entrenamendu eta errekupeazio estrategia egokiak aukeratzeko asmoarekin, faktore hauek guztiz erlazionatuta daudelako kirol errendimenduarekin mahai-tenisean (Zagatto et al., 2010; Zagatto et al., 2017). Gainera, aurreko ataletan aipatutako hainbat metodo, bihotz-maiztasuna adibidez, desegokiak izan daitezke nekea aztertzeko mahai-tenisean, honetan eragin dezaketen faktore guztiengatik (Abenza et al., 2016; Sperlich et al., 2011; Zagatto et al., 2010; Zagatto et al., 2017). Hau kontuan edukita, eta beste erraketa kirolean ere erabili denez, BMA tresna egokia izan daiteke lehiaketak sortzen duen nekea aztertzeko mahai-tenisean.

#### 1.2.3.3.3. Bihotz-maiztasunaren aldakortasunaren erlazioa kirol emaitzekin

BMA nekearen analisia egiteko tresna izateaz gain, lehiaketan lortutako emaitzarekin lotura eduki dezake. Dirudienez, erraketa kirolek daukaten izaeragatik, non egun berean behin baino gehiagotan lehiatu behar dute, BMAREN balore altuagoak eta partiduen arteko errekupeazio hobeak egiten dituzten jokalariek emaitza hobeak lortzen dituzte lehiaketetan, BMAREN balore baxuagoak eta errekupeazio okerragoak egiten dituzten jokalariekin konparatuz (Bisschoff et al., 2018). Honi lotuta, berriki ikerkuntza bat burutu da badmintonean, non BMAREN analisia egin da partidu egoeran, baina partiduen emaitza kontuan hartuta (irabazi edo galdu), partiduen emaitzak BMAN daukan eragina aztertzeko asmoarekin (Bisschoff et al., 2018). Aipatutako ikerkuntzak adierazi duenez, irabazi zuten jokalariek LF/HF ratio altuagoak zeuzkaten galdu zuten jokalariekin konparatuz partidua jokatu ondoren, nerbio-sistema autonomoaren aktibazio altuagoa islatuz irabazleetan. Bestalde, ez zen diferentziarik aurkitu ez denboraren nagusitasunean ez aldagai ez-linealetan. Gainera, lehiaketak daukan izaeragatik, irabazten duten jokalariek partidu gehiago jokatu behar dituzte, neke handiagoa sortuz. Horregatik, jokalariek nekearen errekupeazio egokia egin behar dute partiduen artean, errendimendu egokia lortzeko helburuarekin (Bisschoff et al., 2018). Nahiz eta mahai-tenisean horrelako ikerkuntzarik ez egon, analisi honek kirolaren eskakizunen ezaguera sakonagoa ahalbidetuko luke, dirudienez, emaitzak BMAN eragina duelako (Bisschoff et al., 2018). Informazio hau erabilera handikoa izan daiteke entrenatzaileentzat, nekearen kuantifikazio egokia egiteko asmoarekin.

### 1.3. HELBURUAK ETA HIPOTESIAK

Testuinguru honetan, tesi-proiektu honen helburu orokorrak mahai-teniseko jokalarien egoera fisikoa aztertzea eta partiduen nekearen analisia egitea dira. Helburu orokor hori gauzatzeko, argitaratutako ikerketetan landuta, hurrengo helburu espezifikoak proposatzen dira, hauen inguruan planteatutako hipotesiekin:

1. Lehenengo artikuluan, “Diferencias entre jugadores de fútbol, baloncesto y tenis de mesa en la capacidad de salto vertical y horizontal” izenburuarekin, helburuak, futboleko, saskibaloiko eta mahai-teniseko jokalarien artean jauzi bertikala eta horizontala egiteko gaitasunean diferentziarik bazegoen ikustea, eta, bestetik, jauzi bertikal eta horizontalen gaitasunen artean erlaziorik bazegoen aztertzea izan ziren.
  - Balore hobeak lortuko zituen taldea saskibaloiko jokalaria izango zela uste zen, futbola jarraituz eta azkenik mahai-tenisa, kirolen ezaugarriak zirela eta.
  - Salto bertikalen eta horizontalen artean erlazioa aurkituko zela uste zen.
2. Bigarren artikuluan, “Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo” izenburuarekin, helburuak, mahai-teniseko jokalarien ezaugarriak aztertzea, sexuaren arabera diferentziarik dagoen aztertzea, egindako proben arteko erlazioak aztertzea eta egoera fisikoaren eta errendimenduaren artean erlaziorik dagoen aztertzea izan ziren.
  - Egindako probetan sexuaren arabera desberdintasunak aurkituko zirela uste zen. Alde batetik, mutilek indarrean balore hobeak lortuko zituztela uste zen. Bestalde, neskek malgutasunean balore hobeak lortuko zituztela uste zen.
  - Proba fisikoen artean erlazioak aurkituko zirela uste zen.
  - Profil fisikoaren eta errendimendu mailaren arteko erlazioa aurkituko zela uste zen.
3. Hirugarren artikuluan, “*Physical fitness profiling of national category table tennis players: implication for health and performance*” izenburuarekin, helburuak, mahai-teniseko jokalarien ezaugarri fisikoak aztertzea adinaren arabera eta egindako proben arteko erlazioak aztertzea izan ziren.

- Senior taldeak, beste taldeekin konparatuz, balore hobeak lortuko zituela uste zen.
  - Egindako proben arteko erlazioak aurkituko zirela uste zen.
4. Laugarren artikuluan, “*Comparison of heart rate variability before and after a table tennis match*” izenburuarekin, helburua, mahai-teniseko partidu simulatuen nekea aztertzea BMA erabiliz izan zen.
- Partiduak sortutako nekeagatik, partiduaren ondoren BMAREN baloreak gutxiagotu egingo zirela uste zen.
5. Bostgarren artikuluan, “Análisis de la evolución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca antes y después de un partido de tenis de mesa en función del resultado” izenburuarekin, helburuak, mahai-teniseko partidu simulatuen nekea aztertzea BMAa erabiliz izan zen, partiduaren emaitza kontuan hartuta eta partiduaren iraupenaren eta BMAREN aldagaien arteko erlazioa aztertzea izan ziren.
- Irabazleek NSA aktibazio handiagoa edukiko zutela galtzaileekin konparatuz uste zen.
  - Partiduaren iraupenaren eta BMAREN arteko erlazio esanguratsua aurkituko zela uste zen.

## 1.4. EMAITZAK ETA EZTABAIDA

### 1.4.1. Lehenengo ikerketa: Diferencias entre jugadores de fútbol, baloncesto y tenis de mesa en la capacidad de salto vertical y horizontal.

Picabea, J.M., & Yanci, J. (2015). Diferencias entre jugadores de fútbol, baloncesto y tenis de mesa en la capacidad de salto vertical y horizontal. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 4(2), 9-25.

Ikerkuntza honen helburuak, alde batetik, mahai-teniseko jokalarien egoera fisikoa beste kiroleko jokalariekin konparatzea, beheko gorputz atalen gaitasun muskularraren azterketaren bitartez, eta bestetik, jauzi bertikalaren eta horizontalaren arteko erlazioa aztertzea izan ziren.

Jauzi bertikalari dagokionez, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu jauzi bertikaleko gaitasunean kirolaren arabera. Konkretuki, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu ez aldebiko jauzi bertikalean ez aldebakarreko jauzietan, ez alde nagusian ezta ez-nagusian ere. Jauzi horizontalari dagokionez, ezberdintasun esanguratsuak aurkitu zen BAL eta TME jokalarien artean HCMJASND testean, saskibaloiko jokalaria izanik emaitza altuenak lortu zituztenak, baina ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu TME jokalarien eta FUT jokalarien artean. Bestalde, nahiz eta ezberdintasun esanguratsurik ez aurkitu TME jokalariekin, HCMJAS eta HCMJASD testetan, FUT jokalariekin eta BAL jokalariekin konparatuz, ezberdintasun esanguratsuak aurkitu ziren HCMJAS, HCMJASD eta HCMJASND testetan FUT eta BAL jokalarien artean, saskibaloiko jokalaria izanik jauzirik altuenak egin zituztenak test guztietan. Jauzi test desberdinen korrelazioari dagokionez, aldagai guztietan korrelazio esanguratsuak aurkitu ziren, VCMJASD HCMJASD-arekin eta VCMJASD HCMJASND-arekin izan ezik. Hala ere, erlazio hauek bakarrik altuak izan ziren VCMJAS eta HCMJAS testen artean.

Ikerketa honetan jauzi bertikalean lortutako emaitzak aurreko ikerkuntzetan aurkitutako emaitzekin bat datoz. Ikusi denez, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu futboleko eta saskibaloiko jokalarien artean (Gomes et al., 2009). Beste ikerkuntza batean, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu saskibaloiko eta boleboleko jokalarien artean (Miranda da Rocha et al., 2005). Beheko gorputz atalen potentzia ardatz bertikalean

futbolean (Saez de Villarreal, 2015; Urzua et al., 2009), saskibaloian (Bradic et al., 2009; Delgado et al., 2011) eta mahai-tenisean (Francisco Pradas de la Fuente et al., 2013a) asko lantzen den ezaugarri bat dela kontuan hartuta, honek eragin zezakeen jauzi bertikalean ezberdintasunik ez egotea modalitate desberdinen arabera. Gainera, gaitasun hau ia kirol guztietan normalean lantzen den gaitasun bat denez (Henry et al., 2016), kirol modalitate desberdinen arteko kirolarietan ezberdintasun esanguratsuak aurkitu ez izana azaldu dezake. Jauzi horizontalari dagokionez, kirol desberdinen arteko ezberdintasun esanguratsuak aurkitu ziren, saskibaloikoak izanik errendimendu hobea lortu zutenak. Ikerkuntza hau lehena izan da ezberdintasunak aztertu dituen SH gaitasunean kirol modalitatearen arabera. Indarra, ardatz horizontalari dagokiona, ezaugarri oso garrantzitsutzat definitu da kirol askotako akzio espezifikoetan (Pradas de la Fuente et al., 2013a; Yanci et al., 2014) eta garrantzi handia dauka azelerazio eta sprint gaitasunetan (Bradic et al., 2009; Chelly et al., 2009; Hellín et al., 2014; Thomas et al., 2014). Nahiz eta indar horizontalak garrantzia eduki kirol errendimenduan, aurkitutako kirolen arteko ezberdintasunen arrazoiak argi gelditzen ez direnez, honen inguruan ikerkuntza gehiago behar dira. Korrelazioari dagokionez, aurreko ikerkuntzetan ikusi den moduan (Castro-Pinero et al., 2010; Hamilton et al., 2008; Izquierdo et al., 1999; Maulder & Cronin, 2005), bi test hauetan ematen den korrelazio altu hau, biek beheko gorputz atalen gaitasun neuromuskularra neurtzen dutelako izan daiteke. Hala ere, aldebakarreko testak gauzatzeko zailagoak direnez eta ez hain naturalak, eragin dezake aldebakarreko jauzi bertikalen eta horizontalen arteko erlazioan, korrelazio baxuagoak lortuz.

#### 1.4.2. Bigarren ikerketa: Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo.

Picabea, J. M., Cámara, J., & Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

Bigarren ikerkuntza honen helburuak, alde batetik, mahai-teniseko jokalarien gaitasun fisikoa (besaurreko indar isometrikoa, azelerazio gaitasuna, CODA, jauzi bertikala, jauzi horizontala eta flexibilitatea) aztertzea izan da. Bestalde, mutilen (MASC) eta nesken

(FEM) artean, aipatutako aldagaietan ezberdintasunik bazegoen aztertzea, eta azkenik, egindako frogen artean erlaziorik bazegoen eta proben eta kirol errendimenduaren arteko erlaziorik bazegoen aztertzea izan zen.

Lortutako emaitzei dagokienez, ezberdintasun esanguratsuak aurkitu ziren MASC eta FEM artean, hauek mutilen alde izanik, CODA eta besaurreko indar isometrikoko testetan. Bestalde, ezberdintasun esanguratsuak aurkitu ziren SAR testean, FEM taldeak emaitza hobek lortuz MASC taldearekin konparatuz. Egindako test desberdinen arteko korrelazioari dagokionez, lagin osoa kontuan hartuta, korrelazio esanguratsu moderatuak eta altuak aurkitu ziren aldagai gehienen artean, SAR testarekin izan ezik, ezta S5M eta HANDG testen artean ere. Sexua kontuan hartuta, korrelazio desberdinak aurkitu ziren bi taldeetan. FEM taldean korrelazio altuagoak izan ziren MASC taldearekin konparatuz. S5M testari dagokionez, MASC taldean, S10M testarekin korrelazio esanguratsua aurkitu zen, baina ez beste testekin. Bestalde, FEM taldean korrelazio esanguratsuak aurkitu ziren S5M eta S10M, HANDG, CMJML eta SLJT artean. Bestalde, MASC taldean CMJML eta HANDG testen artean korrelazio esanguratsua aurkitu arren, FEM taldean ez zen horrelako korrelaziorik aurkitu. Ez zen korrelazio esanguratsurik aurkitu SAR testaren eta gainerako testen artean ez MASC taldean ezta FEM taldean. Azkenik, ez zen korrelazio esanguratsurik aurkitu, ez MASC taldean ezta FEM taldean, egoera fisikoko aldagaien eta irabazitako edo jokatutako partiduen artean.

Eztabaidari dagokionez, lortutako emaitzak bat datoz aurreko ikerkuntzetan aurkitutako emaitzekin (Campos et al., 2009; Carrasco et al., 2010), nahiz eta gaitasun fisikoen arteko ezberdintasunak sexuaren arabera finko ez mantendu adin guztietan (Pradas de la Fuente et al., 2013a). Lortutako emaitzen desberdintasunak adinak sexuan daukan eraginagatik izan daitezke, mutilen eta nesken artean ematen den garapen hormonal desberdinaren ondorioz (Pradas de la Fuente et al., 2021b). Bestalde, malgutasunari dagokionez, neskek mutilek baino emaitza hobek lortzearen zergatia mutilek daukaten masa muskularragatik izan daiteke. Korrelazioei dagokionez, lortutako emaitzak bat datoz aurreko ikerkuntzetan aurkitutako emaitzekin (Munivrana et al., 2015; Nikolaidis et al., 2015; Sassi et al., 2009). Malgutasunaren eta beste gaitasunen artean aurkitutako korrelazio ezak, malgutasuna gaitasun independentea dela adierazi dezake. Literaturan aurkitutako emaitzen desberdintasuna ikusita, eta bi sexuetak ezaugarri fisikoen arteko konparaketa egiten dituen literatura zientifikoa urria dela ikusita, zaila da zehaztea aurkitutako ezberdintasunak erabilitako testengatik, sexu bakoitzaren berezitasunagatik, edo bien

eraginagatik den jakitea. Azkenik, testetan lortutako emaitzen eta partidu ofizialetan lortutako errendimenduaren arteko erlazioari dagokionez, ez zen inolako korrelazio esanguratsurik aurkitu. Inolako erlazio esanguratsurik aurkitu ez izanak gaitasun fisikoaren eta kirol errendimenduaren artean gure ikerkuntzako mahai-teniseko jokalariei amateurretan, testetan lortutako errendimendua ez dutela kirol errendimendua mugatzen iradoki daiteke, eta beste faktore batzuk egon daitezkeela, teknika edo taktika adibidez, garrantzi handiagoa eduki dezaketenak kirol errendimendurako aztertutako jokalarietan. Honetaz gain, kirol errendimendua aztertzeke momentuan, irabazitako, galdutako eta jokaturako partiduak bakarrik eduki dira kontuan, beraz, emaitzak ezin dira orokortu.

#### 1.4.3. Hirugarren ikerketa: Physical Fitness Profiling of National Category Table Tennis Players: Implication for Health and Performance.

Picabea, J. M., Cámara, J., & Yanci, J. (2021). Physical Fitness Profiling of National Category Table Tennis Players: Implication for Health and Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9362. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179362>

Ikerkuntza honen helburuak mahai-teniseko jokalariei gaitasun fisikoa (besaurreko indar isometrikoa, azelerazio gaitasuna, CODA, jauzi bertikala, jauzi horizontala eta flexibilitatea) partehartzaileen adina kontuan edukita aztertzea eta egindako proben arteko erlazioa aztertzea izan ziren.

Emaitzei dagokionez, *Senior* eta *Older* taldeentzat izan ezik, zaharragoak zirenak emaitza hobekiago lortu zituzten test guztietan talde gazteagoekin konparatuz, SAR testean izan ezik. Test desberdinen arteko korrelazioari dagokionez, SAR testean ez zen inolako korrelazio esanguratsurik aurkitu beste testekin. Hala ere, HANDG eta S5M testen artean izan ezik, test guztien artean (besaurreko indar isometriko, jauzi bertikal eta horizontal, S10M eta CODA) korrelazio esanguratsuak aurkitu ziren.

Gaitasun fisikoetan lortutako emaitzen eztabaidari dagokionez, nahiz eta ikerkuntza honen emaitzek ikerkuntza batzuetan eskuratutakoekin bat egin (Pradas de la Fuente et al., 2021a; Pullinger et al., 2019; Taş, 2017), beste ikerkuntza batzuekin konparatuz ez da hau gertatzen (Abián-Vicén et al., 2012; Kim & Kim, 2013; Pradas de la Fuente et al., 2010), joera desberdinak adieraziz. Ikerkuntzen artean aurkitutako aldeak, batetik,



kategoria desberdinen konparaketatik izan daitezke. Honetaz gain, ikerkuntza bakoitzeko adin-tarte desberdinek, denboraldiko momentu desberdinek, entrenamendu karga eta mota desberdinek lortutako emaitzetan eragina izan lezakete. Korrelazioei dagokienez, lortutako emaitzak bat datoz aurreko ikerkuntzetan aurkitutako emaitzekin, non korrelazio esanguratsuak aurkitu ziren jauzi (bertikal eta horizontala) eta sprint gaitasunen artean kirol-modalitate desberdineko jokalarietan (eskubaloia, tenisa, saskibaloia edo futbola) (Chaouachi et al., 2009; Fernandez-Fernandez et al., 2014; Girard & Millet, 2009; Marques et al., 2011; Peterson et al., 2006; Salaj & Markovic, 2011; Tasmektepligil et al., 2016; Temfemo et al., 2009; Vaquera et al., 2003; Vianna et al., 2007). Bestalde, malgutasunaren eta beste gaitasunen arteko loturarik ez aurkitzeak populazio honetan malgutasuna gaitasun askea dela adierazi dezake, antzeko ikerkuntza batean adierazi zen bezala (Nikolaidis et al., 2015).

#### 1.4.4. Laugarren ikerketa: Comparison of Heart Rate Variability Before and After a Table Tennis Match.

Picabea, J. M., Cámara, J., Nakamura, F. Y., & Yanci, J. (2021). Comparison of Heart Rate Variability Before and After a Table Tennis Match. *Journal of Human Kinetics*, 77, 107-115. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0015>

Laugarren ikerkuntza honen helburua BMAREN portaera mahai-teniseko partidu baten aurretik eta ondoren 2. nazional eta ohorezko euskal kategorietako mahai-teniseko jokalarietan aztertzea izan zen.

Emaitzei dagokionez, denboraren nagusitasuneko aldagaiei konkretuki, Mean RR, SDNN, LnRMSSD eta pNN50 POST baloreak esanguratsuki baxuagoak izan ziren PRE baloreekin konparatuz. Bitartean, Mean HR, Min HR eta Max HR POST baloreak altuagoak izan ziren PRE baloreekin konparatuz. Bestalde, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu STD HR aldagaian PRE eta POST baloreen arteko konparaketan. Maiztasunaren nagusitasunean lortutako emaitzei dagokionez, LF Power (log), HF Power (log) eta HF Power (n.u.) POST baloreak esanguratsuki baxuagoak izan ziren PRE baloreekin konparatuz. Bestalde, LF/HF (ms<sup>2</sup>) POST balorea esanguratsuki altuagoa izan zen PRE egoerarekin konparatuz. Azkenik, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu LF Power (ms<sup>2</sup>), LF Power (n.u.) eta HF Power (ms<sup>2</sup>) aldagaietan PRE eta POST analisiak

konparatuz. Aldagai ez-linealetan lortutako emaitzei dagokienez, SD1 eta SD2 POST baloreak esanguratsuki baxuagoak izan ziren PRE baloreekin konparatuz. Bestalde, SD2/SD1 aldagaian ez zen ezberdintasunik aurkitu PRE eta POST konparaketan.

Eztabaidari dagokionez, denboraren nagusitasuneko aldagaietan, maiztasunaren nagusitasuneko aldagaietan eta aldagai ez-linealetan lortutako emaitzak bat datoz beste kirol modalitateetan lortutako emaitzekin (Esco et al., 2018; Hernández-Cruz et al., 2017; Luft et al., 2009) eta beste erraketa kirolean lortutako emaitzekin (Bisschoff et al., 2016; Garrido et al., 2011). Lortutako emaitzak ikusita, mahai-teniseko partiduak nerbio-sistema sinpatikoaren handiagotzea eta nerbio-sistema parasinpatikoaren bazterketa sortu ditzakeela ondorioztatu daiteke, partiduak bihotzaren funtzio autonomoan eragindako asalduragatik.

1.4.5. Bostgarren ikerketa: Análisis de la evolución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca antes y después de un partido de tenis de mesa en función del resultado.

Picabea, J. M., Cámara, J., & Yanci, J. (argitaratzeko onartua). Análisis de la evolución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca antes y después de un partido de tenis de mesa en función del resultado. *Archivos de Medicina del Deporte*

Bostgarren ikerkuntza honen helburua BMAREN portaera mahai-teniseko partidu baten aurretik eta ondoren 2. nazional eta ohorezko euskal kategorietako mahai-teniseko jokalarietan aztertzea izan zen, partiduaren emaitza kontuan edukita (irabazi edo galdu). Emaitzei dagokionez, denboraren nagusitasuneko aldagaietan konkretuki, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu ez PRE ez POST baloreetan irabazi edo galdu zutenen jokalarien artean. Hala ere, Mean RR, SDNN, LnRMSSD eta pNN50 POST baloreak esanguratsuki baxuagoak izan ziren PRE baloreekin konparatuz bi taldeetan. Bitartean, Mean HR, Min HR eta Max HR POST baloreak altuagoak izan ziren PRE baloreekin konparatuz bi taldeetan. Bestalde, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu STD HR aldagaian PRE eta POST baloreen arteko konparaketan ez talde batean ezta bestean ere. Maiztasunaren nagusitasunean lortutako emaitzei dagokienez, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu ez PRE ez POST baloreetan irabazi eta galdu zutenen jokalarien artean. LF Power (log) eta HF Power (log) POST baloreak

esanguratsuki baxuagoak izan ziren PRE baloreekin konparatuz bi taldeetan. Hala ere, LF Power ( $\text{ms}^2$ ), HF Power ( $\text{ms}^2$ ), HF Power (n.u.) eta LF Power (n.u.) baloreetan joera desberdinak aurkitu ziren partiduaren emaitzaren arabera. Irabazi zuen taldean LF Power ( $\text{ms}^2$ ) POST baloreak esanguratsuki baxuagoak izan ziren bitartean PRE baloreekin konparatuz, galdu zuen taldean LF Power ( $\text{ms}^2$ ) POST baloreak esanguratsuki altuagoak izan ziren PRE baloreekin konparatuz. HF Power ( $\text{ms}^2$ ) y HF Power (n.u.) baloreei dagokienez, irabazi zuen taldean ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu POST egoera PRE egoerarekin konparatuz. Bestalde, galdu zuen taldean balore esanguratsuki baxuagoak ikusi ziren aipatutako aldagaietan. Azkenik, LF Power (n.u.) baloreei dagokienez, irabazi zuen taldean ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu POST egoera PRE egoerarekin konparatuz, baina balore esanguratsuki altuagoak aurkitu ziren galdu zuen taldean POST egoera PRE egoerarekin konparatuz. Aldagai ez-linealetan lortutako emaitzei dagokionez, ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu ez PRE ez POST baloreetan irabazi eta galdu zutenen jokalarien artean. SD1 eta SD2 POST baloreak esanguratsuki baxuagoak izan ziren PRE baloreekin konparatuz bi taldeetan. Bestalde, SD2/SD1 aldagaian ez zen ezberdintasun esanguratsurik aurkitu PRE eta POST konparaketan ez talde batean ez bestean. Azkenik, ez zen inolako erlazio esanguratsurik aurkitu partiduaren iraupenaren eta BMAREN aldagaien artean ez PRE ez POST egoeran, ez talde batean ez bestean. Aurkitu zen korrelazio esanguratsuki bakarra partiduaren iraupenaren eta  $\Delta$ . (%) HR Min artean izan zen, hau aztertutako bi taldeetan aurkituz. Eztabaidari dagokionez, lortutako emaitzak partzialki bat datoz aurreko ikerkuntzetan ikusitako emaitzekin. Denboraren nagusitasuneko aldagaiei dagokionez, lortutako emaitzak bat datoz beste erraketa kirol batekin konparatuz, badminton kasu (Bisschoff et al., 2018). Maiztasunaren nagusitasuneko aldagaiei dagokionez, lortutako emaitzak ez datoz bat aurreko ikerkuntza batekin konparatuz (Bisschoff et al., 2018), non joera berdina ikusi ziren badmintoneko jokalarietan, partidua irabazi edo galdu arren. Ikusitako desberdintasunak, aurreko ikerkuntzetan aipatu denez (Aubert et al., 2003; Bisschoff et al., 2018; Buchheit, 2014), hainbat faktoreek maiztasunaren nagusitasuneko aldagaietan daukaten eraginagatik izan daitezke, arnas patroia, estresa edo arreta kasu. Aldagai ez-linealetan lortutako emaitzei dagokienez, lortutako emaitzak bat datoz beste erraketa kirol batekin konparatuz, badminton kasu (Bisschoff et al., 2018). Partiduaren iraupenaren eta BMAREN aldagaien erlazioari dagokionez, lortutako emaitzak bat datoz aurreko ikerkuntzetan ikusitako emaitzekin (Saboul et al., 2016; Stanley et al., 2013).

Dirudienez, kirolaren intentsitateak eragin handiagoa dauka BMAn, iraupenarekin konparatuz.

Lortutako emaitzak ikusita, mahai-teniseko partiduak nerbio-sistema sinpatikoaren handiagotzea eta nerbio-sistema parasinpatikoaren bazterketa sortu dezakeela ondorioztatu daiteke, partiduaren emaitza alde batera utzita. Hala ere, denboraren nagusitasunean oinarritzen diren aldagaiak edo aldagai ez-linealak erabiltzea egokiagoa dirudi, maiztasunaren nagusitasunean oinarritzen diren aldagaiekin konparatuz. Azkenik, ikerkuntza honetako emaitzak ikusita, badirudi ez dagoela inolako erlazorik mahai-teniseko partiduen iraupenaren eta BMAn artean.

## 1.5. ERREFERENTZIAK

- Abenza, L., Olmedilla, A., & Martínez, C. (2016). Proposal of psychological training integrated into sport training in two table tennis players table-tennis: an experience in the CAR Sant Cugat of Barcelona. *Informacio Psicológica*, *112*, 74–94. <https://doi.org/10.14635/IPSIC.2016.112.6>
- Abián-Vicén, J., Del Coso, J., González-Millán, C., Salinero, J. J., & Abián, P. (2012). Analysis of Dehydration and Strength in Elite Badminton Players. *PLoS ONE*, *7*(5), e37821. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037821>
- Akinoglu, B., Ünüvar, E., Kocahan, T., & Hasanoglu, A. (2020). The Acute Effect of Nerve-Gliding Exercises on the Handgrip Strength of Adolescent Tennis Players. *Turkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, *12*(3), 267–273. <https://doi.org/10.5336/sportsci.2020-73978>
- Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, *33*(12), 889–919. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333120-00003>
- Bañkosz, Z., & Winiarski, S. (2020). Kinematic parameters of topspin forehand in table tennis and their inter-and intra-individual variability. *Journal of Sports Science and Medicine*, *19*(1), 138–148.
- Bañkosz, Z., Winiarski, S., & Lanzoni, I. M. (2020). Gender differences in kinematic parameters of topspin forehand and backhand in table tennis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(16), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165742>
- Bisschoff, C. A., Coetzee, B., & Esco, M. R. (2016). Relationship between autonomic markers of heart rate and subjective indicators of recovery status in male, elite badminton players. *Journal of Sports Science and Medicine*, *15*(4), 658–669.
- Bisschoff, C. A., Coetzee, B., & Esco, M. R. (2018). Heart rate variability and recovery as predictors of elite, African, male badminton players' performance levels. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *18*(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1437868>
- Borms, D., & Cools, A. (2018). Upper-extremity functional performance tests: Reference values for overhead athletes. *International Journal of Sports Medicine*, *39*(6), 443–441. <https://doi.org/10.1055/a-0573-1388>
- Bourdillon, N., Schmitt, L., Yazdani, S., Vesin, J. M., & Millet, G. P. (2017). Minimal window duration for accurate HRV recording in athletes. *Frontiers in Neuroscience*,

- 11, 456. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00456>
- Bradic, A., Bradic, J., Pasalic, E., & Markovic, G. (2009). Isokinetic leg strength profile of elite male basketball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1332–1337. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a0227e>
- Bricout, V. A., DeChenaud, S., & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 154(1–2), 112–116. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2009.12.001>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5(73), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Campos, F. A. D., Daros, L. B., Mastrascusa, V., Dourado, A. C., & Stanganelli, L. C. R. (2009). Anthropometric profile and motor performance of junior Badminton players. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 3(2), 146–151.
- Carrasco, L., Pradas de la Fuente, F., Floría, P., Martínez, A., Herrero, R., & Gonzalez Jurado, J. A. (2010). Grip Strength in Young Top-level Table Tennis Players. *International Journal of Table Tennis Sciences*, 6(6), 64–67.
- Castellar, C., Pradas, F., Carrasco, L., La Torre, A. De, & González-Jurado, J. A. (2019). Analysis of reaction time and lateral displacements in national level table tennis players: are they predictive of sport performance? *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(4), 467–477. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1621673>
- Castro-Pinero, J., Ortega, F. B., Artero, E. G., Girela-Rejon, M. J., Mora, J., Sjostrom, M., & Ruiz, J. R. (2010). Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1810–1817. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d>
- Cervantes, J. C., Rodas, G., & Capdevila, L. (2009). Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, 21(4), 531–536.
- Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B. B., Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151–157. <https://doi.org/10.1080/02640410802448731>

- Chelly, M., Fathloun, M., Cherif, N., Ben Amar, M., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprinting performances in junior soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2241–2249.
- Crayden, R. (1995). *The story of table tennis—the first 100 years*. ETTA.
- Delgado, P., Osoroio, A., Mancilla, R., & Jerez, D. (2011). Análisis del desarrollo de la fuerza reactiva y saltabilidad, en basquetbolistas que realizan un programa de entrenamiento polimétrico. *Revista Motricidad y Persona*, (10), 33–44. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4027596.pdf>
- De Mello Leite, J. V., Barbieri, F. A., Miyagi, W., De Souza Malta, E., & Zagatto, A. M. (2017). Influence of game evolution and the phase of competition on temporal game structure in high-level table tennis tournaments. *Journal of Human Kinetics*, 55(1), 55–63. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0048>
- División de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Cultura y Deporte (2021). *Anuario de estadísticas deportivas 2021*. Secretaría General Técnica.
- Djaoui, L., Haddad, M., Chamari, K., & Dellal, A. (2017). Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiology and Behavior*, 181, 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.09.004>
- Djokic, Z. (2007). Testing, perfection and monitoring of motor abilities of table tennis players. *International Table Tennis Sports Science Congress*, 10, 1–8.
- Dong, J. G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 11(5), 1531–1536. <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3104>
- Edmonds, R. C., Sinclair, W. H., & Leicht, A. S. (2013). Effect of a training week on heart rate variability in elite youth rugby league players. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1087–1092. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1333720>
- Edmonds, R., Leicht, A., McKean, M., & Burkett, B. (2015). Daily heart rate variability of Paralympic gold medallist swimmers: A 17-week investigation. *Journal of Sport and Health Science*, 4(4), 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.08.002>
- Esco, M. R., Williford, H. N., Flatt, A. A., Freeborn, T. J., & Nakamura, F. Y. (2018). Ultra-shortened time-domain HRV parameters at rest and following exercise in athletes: an alternative to frequency computation of sympathovagal balance.

- European Journal of Applied Physiology*, 118(1), 175–184.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-017-3759-x>
- Faber, I. R., Nijhuis-Van Der Sanden, M. W., Elferink-Gemser, M. T., & Oosterveld, F. G. (2015). The Dutch motor skills assessment as tool for talent development in table tennis: a reproducibility and validity study. *Journal of sports sciences*, 33(11), 1149–1158. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986503>
- Faber, I. R., Elferink-Gemser, M. T., Faber, N. R., Oosterveld, F. G. J., & Nijhuis-Van Der Sanden, M. W. G. (2016). Can perceptuo-motor skills assessment outcomes in young table tennis players (7-11 years) predict future competition participation and performance? An observational prospective study. *PLoS ONE*, 11(2), 593–601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149037>
- Federación Vasca de Tenis de Mesa (2020). *Competiciones*. <https://mahaitenis.com/es/index.php/competiciones/>
- Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2014). Fitness testing of tennis players: How valuable is it? *British Journal of Sports Medicine*, 48, 1–12. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093152>
- Fortes, L. S., da Costa, B. D. V., Paes, P. P., do Nascimento Júnior, J. R. A., Fiorese, L., & Ferreira, M. E. C. (2017). Influence of competitive-anxiety on heart rate variability in swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 16(4), 498–504.
- Fuchs, M., Liu, R., Malagoli Lanzoni, I., Munivrana, G., Straub, G., Tamaki, S., Yoshida, K., Zhang, H., & Lames, M. (2018). Table tennis match analysis: a review. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2653–2662. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1450073>
- Garrido, A., De la Cruz, B., Garrido, M. A., Medina, M., & Naranjo, J. (2009). Variabilidad de la frecuencia cardiaca en un deportista juvenil durante una competición de bádminton de máximo nivel. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 2(2), 70–74. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.04.003>
- Garrido, A., De La Cruz, B., Medina, M., Garrido, M. A., & Naranjo, J. (2011). Heart rate variability after three badminton matches. Are there gender differences? *Archivos de Medicina Del Deporte*, 28(144), 257–264.
- Gavrilova, E. A. (2016). Heart rate variability and sports. *Human Physiology*, 42(5), 571–578. <https://doi.org/10.1134/S036211971605008X>
- Girard, O., & Millet, G. P. (2009). Physical determinants of tennis performance in



- competitive teenage players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1867–1872.
- Gomes, M. M., Pereira, G., de Freitas, P. B., & Barela, J. A. (2009). Características cinemáticas e cinéticas do salto vertical: Comparação entre jogadores de futebol e basquetebol. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 11(4), 392–399. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2009v11n4p392>
- Hamilton, R. T., Shultz, S. J., Schmitz, R. J., & Perrin, D. H. (2008). Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 144–151. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.2.144>
- Hellín, M. D., Luis, V., Santiago, J., Navarrete, G., Gómez-valades, J. M., Murillo, D. B., Solana, R. S., & Ciudad, C. (2014). Diferencias en tests isométricos de fuerza y tests de salto entre jugadores de baloncesto profesionales y amateurs. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 9(26), 155–162.
- Henry, G. J., Dawson, B., Lay, B. S., & Young, W. B. (2016). Relationships between reactive agility movement time and unilateral vertical, horizontal and lateral jumps. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2514–2521. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a20ebc>
- Hernández-Cruz, G., Quezada-Chacon, J. T., González-Fimbres, R. A., Flores-Miranda, F. J., Naranjo-Orellana, J., & Rangel-Colmenero, B. R. (2017). Effect of consecutive matches on heart rate variability in elite volleyball players. *Revista de Psicología Del Deporte*, 26(2), 9–14.
- Hernández-Davo, J. L., Loturco, I., Pereira, L. A., Cesari, R., Pratdesaba, J., Madruga-Parera, M., Sanz-Rivas, D., & Fernández-Fernández, J. (2021). Relationship between sprint, change of direction, jump, and hexagon test performance in young tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(2), 197–203. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.197>
- Hoey, C. (2019). First Open Ping Pong Tournament. *Table tennis history journal*, 87.
- International Olympic Committee (2020). *Olympic medal count*. <https://olympics.com/tokyo-2020/olympic-games/en/results/table-tennis/medal-standings.htm>
- International Table Tennis Federation (2019). *World Events*. <https://www.ittf.com/marketing/world-events/>
- Izquierdo, M., Aguado, X., Gonzalez, R., López, J. L., & Häkkinen, K. (1999). Maximal

- and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 79(3), 260–267. <https://doi.org/10.1007/s004210050504>
- Jared, B. (2019). *The day the first ping pong championship was won*. <https://www.sportsofyore.com/first-ping-pong-championship/>
- Kim, Y. Y., & Kim, S. H. (2013). The Analysis of Physical Fitness and Performance Level Depending on Play Style in Female Table Tennis Players. *The Korean Journal of Sports Medicine*, 31(2), 92–98. <https://doi.org/10.5763/kjasm.2013.31.2.92>
- Kondrič, M., Zagatto, A. M., & Sekulić, D. (2013). The physiological demands of table tennis: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 362–370.
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in Psychology*, 8, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Le Mansec, Y., Pageaux, B., Nordez, A., Dorel, S., & Jubeau, M. (2018). Mental fatigue alters the speed and the accuracy of the ball in table tennis. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2751–2759. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1418647>
- Le Mansec, Y., Seve, C., & Jubeau, M. (2017). Neuromuscular fatigue and time motion analysis during a table tennis competition. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(4), 353–361. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06129-6>
- Letts, G. (2018). *A Brief History of Table Tennis (Ping-Pong)*. <https://www.liveabout.com/history-of-table-tennis-ping-pong-3173595>
- Luft, C. D. B., Takase, E., & Darby, D. (2009). Heart rate variability and cognitive function: Effects of physical effort. *Biological Psychology*, 82(2), 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.07.007>
- Makivic, B., Nikic, M. D., & Willis, M. S. (2013). Heart Rate Variability (HRV) as a Tool for Diagnostic and Monitoring Performance in Sport and Physical Activities. *Journal of Exercise Physiology*, 16(3), 103–127.
- Malagoli Lanzoni, I., Di Michele, R., & Merni, F. (2014). A notational analysis of shot characteristics in top-level table tennis players. *European Journal of Sport Science*, 14(4), 309–317. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.819382>
- Marques, M. C., Gil, H., Ramos, R. J., Costa, A. M., & Marinho, D. A. (2011).

- Relationships Between Vertical Jump Strength Metrics and 5 Meters Sprint Time. *Journal of Human Kinetics*, 29(1), 115–122. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0045-6>
- Maulder, P., & Cronin, J. (2005). Horizontal and vertical jump assessment: Reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.01.001>
- McFarland, I., Dawes, J., Elder, C., & Lockie, R. (2016). Relationship of Two Vertical Jumping Tests to Sprint and Change of Direction Speed among Male and Female Collegiate Soccer Players. *Sports*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.3390/sports4010011>
- Melero, C., Pradas de la Fuente, F., & Vargas, C. (2005). Control biomédico del entrenamiento en tenis de mesa. Ejemplo de test de campo. *Apunts: Educacion Fisica y Deportes*, 81(3), 67–76.
- Miranda da Rocha, C. Ugrinowitsch, C. Barbanti, V.J. (2005). The specificity of sport training and the vertical jump skill. A study with volleyball and basketball players from different categories. *Efdeportes*, 84.
- Munivrana, G., Filipčić, A., & Filipčić, T. (2015). Relationship of Speed, Agility, Neuromuscular Power, and Selected Anthropometrical Variables and Performance Results of Male and Female Junior Tennis Players. *Collegium Antropologicum*, 39 Suppl 1, 109–116.
- Muyor, J., Vaquero, R., Alacid, F., & López-Miñarro, P. A. (2013). Criterion-related validity of sit-and-reach and toe-touch tests as a measure of hamstring extensibility in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 546–555.
- Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Rabelo, F. N., Flatt, A. A., Esco, M. R., Bertollo, M., & Loturco, I. (2016). Monitoring weekly heart rate variability in futsal players during the preseason: the importance of maintaining high vagal activity. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2262–2268. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1186282>
- Nikolaidis, P. T., Dellal, A., Torres-Luque, G., & Ingebrigtsen, J. (2015). Determinants of acceleration and maximum speed phase of repeated sprint ability in soccer players: A cross-sectional study. *Science and Sports*, 30(1), e7–e16. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2014.05.003>
- Nikolic, I., Furjan-Mandic, G., & Kondric, M. (2014). The relationship of morphology and motor abilities to specific table tennis tasks in youngsters. *Collegium Antropologicum*, 38(1), 241–245.

- Oiartzabal, I., & Zinkunegi, A. (1995). *Kirol entrenamenduaren oinarriak*. Deba bailarako Euskara eta Kirol Zerbitzuak.
- Peterson, M. D., Alvar, B. A., & Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 867–873.  
<https://doi.org/10.1519/R-18695.1>
- Picabea, J.M.; Yanci, J. (2015). Diferencias entre jugadores de fútbol , baloncesto y tenis de mesa en la capacidad de salto vertical y horizontal. *Revista Iberoamericana de Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, 4(2), 9–25.
- Picabea, J. M., Cámara, J., & Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 47(13), 39–51.  
<https://doi.org/10.5232/ricyde>
- Picabea, J. M., Cámara, J., & Yanci, J. (errebisio prozesuan). Análisis de la evolución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca antes y después de un partido de tenis de mesa en función del resultado. *Archivos de Medicina del Deporte*.
- Picabea, J. M., Cámara, J., Nakamura, F. Y., & Yanci, J. (2021). Comparison of Heart Rate Variability before and after a Table Tennis Match. *Journal of Human Kinetics*, 77, 107–115. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0015>
- Picabea, J. M., Cámara, J., & Yanci, J. (2021). Physical fitness profiling of national category table tennis players: Implication for health and performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9362.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18179362>
- Pion, J., Segers, V., Fransen, J., Debuyck, G., Deprez, D., Haerens, L., Vaeyens, R., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2014). Generic anthropometric and performance characteristics among elite adolescent boys in nine different sports. *European Journal of Sport Science*, 15(5), 357–366.  
<https://doi.org/10.1080/17461391.2014.944875>
- Pluta, B., Galas, S., Krzykała, M., & Andrzejewski, M. (2020). The motor and leisure time conditioning of young table tennis players' physical fitness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 1–14.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph17165733>
- Pluta, B., Galas, S., Krzykała, M., Andrzejewski, M., & Podciechowska, K. (2021).

- Somatic characteristics and special motor fitness of young top-level polish table tennis players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5279. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105279>
- Pradas de la Fuente, F., Castellar, C., & Ochiana, N. (2013a). Analysis of explosive and elastic-explosive strength of lower limbs in spanish young top-level table tennis players. *Gymnasium*, 14(1), 21–28.
- Pradas de la Fuente, F., González, J. A., Molina, E., & Castellar, C. (2013b). Características Antropométricas, Composición Corporal y Somatotipo de Jugadores de Tenis de Mesa de Alto Nivel. *International Journal of Morphology*, 31(4), 1355–1364. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022013000400033>
- Pradas de la Fuente, F., Salvà, P., González-Campos, G., & González-Jurado, J. A. (2015). Análisis de los indicadores de rendimiento que definen el tenis de mesa moderno. *Journal of Sports and Health Research*, 7(2), 149–162.
- Pradas de la Fuente, F., Vargas, M., Herrero, R., & Ortega, R. (2005). Evaluation of the isometric maximal force of the superior extremities in high level table tennis players. *Sport Science Research*, 26(3), 1–10.
- Pradas de la Fuente, F., Ara, I., Toro, V., & Courel-Ibáñez, J. (2021a). Benefits of regular table tennis practice in body composition and physical fitness compared to physically active children aged 10–11 years. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 2854. <https://doi.org/10.3390/ijerph18062854>
- Pradas de la Fuente, F., Carrasco, L., & Floría, P. (2010). Muscular Power of Leg Extensor Muscles in Young Top-level Table Tennis Players. *International Journal of Table Tennis Sciences*, 6(6), 178–181.
- Pradas de la Fuente, F., de la Torre, A., Carrasco, L., Muñoz, D., Courel-Ibáñez, J., & González-Jurado, J. A. (2021b). Anthropometric profiles in table tennis players: Analysis of sex, age, and ranking. *Applied Sciences*, 11(2), 1–10. <https://doi.org/10.3390/app11020876>
- Pullinger, S. A., Varamenti, E., Nikolovski, Z., Elgingo, M., & Cardinale, M. (2019). Seasonal changes in performance related characteristics and biochemical marker variability of adolescent table tennis players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.5812/asjasm.67278>
- Quinchanegua, J. E. M. (2017). La Fatiga, Tipos Causas Y Efectos. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 3(2), 87–95.

- Ravé, G., & Fortrat, J. O. (2016). Heart rate variability in the standing position reflects training adaptation in professional soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, *116*(8), 1575–1582. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3416-9>
- Real Federación Española de Tenis de Mesa (2019). *Reglamento Técnico de Juego*. [https://www.fedmadtm.com/pdf/Reglamento\\_Tecnico\\_de\\_Juego\\_2019-2020.pdf](https://www.fedmadtm.com/pdf/Reglamento_Tecnico_de_Juego_2019-2020.pdf)
- Rodas, G., Caballido, C. P., Ramos, J., & Capdevila, L. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de Medicina Del Deporte*, *XXV*(123), 41–47. <https://doi.org/10.2307/j.ctvb939cp.11>
- Saboul, D., Pialoux, V., & Hautier, C. (2013). The impact of breathing on HRV measurements: Implications for the longitudinal follow-up of athletes. *European Journal of Sport Science*, *13*(5), 534–542. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.767947>
- Saez de Villarreal, E., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *Journal of Strength And Conditioning Research*, *29*(7), 1894–1903. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000838>
- Salaj, S., & Markovic, G. (2011). Specificity of jumping, sprinting, and quick change of direction motor abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(5), 1249–1255.
- Sassi, R. H., Dardouri, W., Yahmed, M. H., Gmada, N., Mahfoudhi, M. E., & Gharbi, Z. (2009). Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(6), 1644–1651. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b425d2>
- Serrano de la Fuente, D., Suárez Oubina, M., Villate, A., & Wegmann, S. (2012). *Patrimonio histórico español del juego y del deporte: federación española de tenis de mesa*.
- Singh, S., Singh, H. S., & Singh, A. K. (2017). A comparative study of selected motor fitness components among badminton table tennis and squash. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, *4*(3), 203–206.
- Smith, M. R., Thompson, C., Marcora, S. M., Skorski, S., Meyer, T., & Coutts, A. J. (2018). Mental Fatigue and Soccer: Current Knowledge and Future Directions. *Sports Medicine*, *48*(7), 1525–1532. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0908-2>

- Sperlich, B., Koehler, K., Holmberg, H. C., Zinner, C., & Mester, J. (2011). Table tennis: Cardiorespiratory and metabolic analysis of match and exercise in elite junior national players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(2), 234–242.
- Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: Implications for training prescription. *Sports Medicine*, 43(12), 1259–1277. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0083-4>
- Suchomel, A. (2010). A Comparison of Exercise Intensity on Different Player Levels in Table Tennis. *International Journal of Table Tennis Sciences*, 6(6), 79–83.
- Taş, M. (2017). Effect of Table Tennis Trainings on Biomotor Capacities in Boys. *US-China Education Review B*, 7(1), 54–63. <https://doi.org/10.17265/2161-6248/2017.01.007>
- Tasmektepligil, M. Y., Arslan, O., & Ermis, E. (2016). The evaluation of anaerobic power values and sprint performances of football players playing in different positions. *Anthropologist*, 23(3), 497–504.
- Temfemo, A., Hugues, J., Chardon, K., Mandengue, S. H., & Ahmaidi, S. (2009). Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *European Journal of Pediatrics*, 168(4), 457–464. <https://doi.org/10.1007/s00431-008-0771-5>
- Terrados, N. (2011). Fisiología de la fatiga en el deporte. *XIII Jornadas Sobre Medicina y Deporte de Alto Nivel. COE*.
- Thomas, C., Mather, D., & Comfort, P. (2014). Changes in Sprint , Change of Direction, and Jump Performance during a Competitive Season in Male Lacrosse Players. *Journal of Athletic Enhancement*, 3(5), 1–18.
- Tricoli, V. A. A., Barbanti, V. J., & Shinzato, G. T. (1994). Muscle power in basketball and volleyball players: relationship between isokinetic dynamometry and vertical jump. *Revista Paulista de Educação Física*, 8(2), 14–27. <https://doi.org/10.11606/issn.2594-5904.rpef.1994.138428>
- Urzua, R., Von Oetinger, A., & Cancino, J. (2009). Potencia aeróbica máxima, fuerza explosiva del miembro inferior y peak de torque isocinético en futbolistas chilenos profesionales y universitarios. *Cronos*, VIII(14), 49–52.
- Valenzuela, P. L., McGuigan, M., Sánchez-Martínez, G., Torrontegi, E., Vázquez-Carrión, J., Montalvo, Z., Abad, C. C. C., Pereira, L. A., & Loturco, I. (2020).

- Reference power values for the jump squat exercise in elite athletes: A multicenter study. *Journal of Sports Sciences*, 38(19), 2273–2278.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1783150>
- Vanderlei, L. C. M., Silva, R. A., Pastre, C. M., Azevedo, F. M., & Godoy, M. F. (2008). Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 41(10), 854–859.  
<https://doi.org/S0100-879X2008005000039> [pii]
- Vaquera, A., Rodríguez, J., Hernández, J., & Seco, J. (2003). Comparativa entre la fuerza explosiva del tren inferior y la velocidad en jugadores profesionales de baloncesto. *II Congreso Ibérico de Baloncesto*.
- Vianna, L. C., Oliveira, R. B., & Araújo, C. S. (2007). Age-Related Decline in Handgrip Strength Differs According to Gender. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1310–1314. <https://doi.org/10.1519/R-23156.1>
- Yanci, J., Los Arcos, A., & Cámara, J. (2014). Características Físicas Y Diferencias Unilaterales En Salto Vertical Y Horizontal En Futbolistas De Élite Physical Characteristics and Unilateral Differences of Vertical and Horizontal Jump in Elite Soccer. *Journal of Sport and Health Research*, 6(3), 217–226.
- Zagatto, A. M., Leite, J., Papoti, M., & Beneke, R. (2016). Energetics of Table Tennis and Table Tennis specific Exercise Testing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8), 1012–1017.
- Zagatto, A. M., Morel, E. A., & Gobatto, C. A. (2010). Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 942–949.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cb7003>
- Zagatto, A. M., Kondric, M., Knechtel, B., Nikolaidis, P. T., & Sperlich, B. (2017). Energetic demand and physical conditioning of table tennis players. A study review. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 724–731.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1335957>
- Zagatto, A. M., Papoti, M., & Gobatto, C. A. (2008). Validity of critical frequency test for measuring table tennis aerobic endurance through specific protocol. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(4), 461–466.



Zhang, H., Zhou, Z., & Yang, Q. (2018). Match analyses of table tennis in China: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2663–2674.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1460050>

## 2. ONDORIOAK





## **2. ONDORIOAK**

### **2.1. ONDORIO NAGUSIAK**

Atal honetan, doktorego-tesi hau osatzen duten artikuluen ondorio nagusiak aurkezten dira:

- Ez da diferentziarik aurkitu futbolaren, saskibaloiairen eta mahai-teniseko jokalarien artean jauzi bertikala egiteko gaitasunean, baina jauzi horizontala egiteko gaitasunean bai.
- Jauzi horizontala, jauzi bertikalarekin daukan korrelazio altua ikusita, test egokia izan daiteke beheko atalen potentzia neurtzeko.
- Diferentziak aurkitzen dira sexuaren arabera gaitasun fisikoen analisisian mahai-teniseko jokalarietan. Mutilek emaitza altuagoak lortzen dituzte besaurreko indar isometrikoan eta norabide aldatetaren gaitasunean. Bestalde, neskek emaitza altuagoak lortzen dituzte malgutasunean.
- Nahiz eta korrelazioak aurkitu test desberdinen artean, ez da korrelaziorik aurkitu gaitasun fisikoen eta mahai-teniseko errendimenduaren artean. Beraz, pentsa daiteke mahai-teniseko errendimenduak lotura gehiago daukala teknikarekin eta taktikarekin, alderdi fisikoekin baino.
- Korrelazio esanguratsuak aurkitu dira besaurreko indar isometrikoan, jauzi bertikal, jauzi horizontal, sprint eta CODA gaitasunen artean mahai-teniseko jokalarietan, gaitasun hauek erlazionatuta daudela adieraziz, malgutasuna gaitasun independentea izan daitekeela adieraziz.
- Test desberdinen emaitzak adinaren arabera aldatzen dira, hauek hobera eginez muga bat lortu arte.
- Mahai-teniseko partiduak aldatetak sortzen ditu bihotz-maiztasunaren aldakortasunean, nerbio-sistema sinpatikoaren aktibazioa handiagotuz eta nerbio-sistema parasinpatikoaren aktibazioa gutxiagotuz.
- Bihotz-maiztasunaren aldakortasuna baliabide egokia izan daiteke mahai-teniseko partiduak sortzen duen nekea aztertzeko, analisi honen bitartez errekupeazio denborak hobetzeko eta gainentrenamendua saihesteko.

## 2.2. APLIKAZIO PRAKTIKOAK

Atal honetan, doktorego-tesi hau osatzen duten artikuluen aplikazio praktikoak aurkezten dira:

- Jauzi bertikalaren eta horizontalaren arteko korrelazio altua aztertutako kirolarietan ikusita, materialik ez edukitzekotan, jauzi horizontala (materialik gabe burutzen dena) test egokia izan daiteke beheko-gorputz atalen potentzia neurtzeko.
- Nahiz eta mahai-teniseko partiduek eskaera fisiko eta fisiologiko handiak izan, aztertutako jokalarietan, dirudienez, hauek errendimenduaren mugatzaileak ez direla iradoki daiteke.
- Neskek eta mutilek egoera fisikoari buruz aurkezten dituzten diferentziak ikusita, entrenamendu fisiko desberdinak behar dituztela iradoki daiteke.
- Adinak gaitasun fisiko desberdinetan eragindako aldaketen kuantifikazioa erabilgarria izan daiteke entrenamendu saioak moldatzeko, osasun beharrak zehazteko edo errendimendua iragartzeko. Jokalariak test espezifikoak nola erantzuten duten jakiteak entrenatzaileei eta prestatzaile fisikoei lagundu diezaiekete erreferentzia puntuak ezartzen eta entrenamendu egokiak prestatzen hauen arabera. Bestalde, osasunari dagokionez, mahai-tenisa tresna erabilgarria dirudi gaitasun fisiko desberdinen maila egokiak mantentzeko.
- Bihotz-maiztasunaren aldakortasuna mahai-tenisak sortzen duen nekea kuantifikatzeko erabili daiteke, partiduen eta entrenamenduen karga kontrolatzeko helburuarekin.
- Bihotz-maiztasunaren aldakortasuna mahai-teniseko nekea kuantifikatzeko momentuan, denboraren nagusitasunean oinarritzen diren aldagaiak eta aldagai ez-linealak egokiagoak dirudite, maiztasunaren nagusitasunean oinarritzen diren aldagaiekin konparatuz.

## 2.3. MUGAK

Tesi honek hainbat muga ditu:

- Erabilitako lagina txikia da emaitzak orokortzeko edo balore normatiboak sortzeko. Beraz, lagin handiagoa beharko litzateke emaitzak beste testuinguru batzuetara orokortzeko. Honekin batera, mutil eta neska kopurua nahiko desberdina izan da, mutil gehiago egonik. Honek eragin dezake datuak konparatzeko momentuan.
- Jokalarien gaitasun fisikoak test orokorren bitartez aztertu dira, mahai-teniseko test espezifikoak erabili beharrean. Test espezifikoek emaitza desberdinak eman ditzakete eta egokiagoak izan daitezke errendimenduari erlazionatzeko orduan, kirol modalitate honetan teknikak eta taktikak daukaten garrantziagatik.
- Gaitasun fisikoak aztertzerakoan, heldutasun egoera ez da neurtu eta honek lortutako emaitzetan eragin dezake.
- Errendimendua neurtzeko momentuan irabazitako, galdutako eta jokatutako partiduak bakarrik kontuan eduki dira, maila edo lerrokadura (jokalariek partiduetan jokatzeko daukaten ordena, honen arabera aurkaria zehaztuz) kontuan eduki gabe.
- Ez da ikerkuntzarik aurkitu testen korrelazioa aztertu duenik mahai-tenisean, datuen konparaketa zailduz, eta, honen ondorioz, beste erraketa kirolekin konparatu egin behar izan dira emaitzak.
- Bihotz-maiztasunaren aldakortasuna aztertu egin duen ikerkuntzarik ez da aurkitu mahai-tenisean, datuen konparaketa zailduz, eta, honen ondorioz, beste erraketa kirolekin konparatu egin behar izan dira emaitzak.
- Bihotz-maiztasunaren analisia egiteko momentuan bakarrik partiduak sortutako eragina kontuan hartu da, beste faktoreak alde batera utziz.
- Partiduei buruzko egindako analisiak partidu simulatuen bitartez egin da. Gerta daiteke partidu ofizialetan beste emaitza batzuk ematea, txapelketan sortzen den estresagatik.

## 2.4. ETORKIZUNEKO ILDOAK

Tesi honen helburuetako bat mahai-teniseko jokalarien egoera fisikoa aztertzea dela kontuan edukita, hau aztertzeko momentuan, interesgarria izango litzateke test espezifikoak erabiltzea test orokorrak erabili beharrean, test espezifikoaren bitartez talentuen aurkitzea ahalbidetu daitekeelako eta erlazio handiagoa izan dezaketelako kirol errendimenduari. Gainera, modalitate honetan teknikak daukan garrantzia kontuan hartuta, gerta daiteke ezberdintasun esanguratsuak aurkitzea mailaren arabera.

Hala ere, tesi honetan erabili den lagina txikia izan dela kontuan eduki behar da, eta, gainera heterogeneoa sexuaren arabera. Etorkizuneko ikerketetan interesgarria izango litzakete lagin handiagoak eta homogeneoagoak erabiltzea, emaitzak orokortzeko helburuarekin, eta, hauen bitartez, balore normatiboak sortu, jokalarien egoera jakiteko helburuarekin. Aldi berean, adina kontuan eduki beharrean, interesgarria izango litzateke jokalarien maila kontuan edukitzea eta konparaketak mailen artean egitea.

Ikerkuntza hau lehengoan izan denez mahai-teniseko partiduen karga aztertzeko bihotz-maiztasunaren aldakortasuna erabili duena, interesgarria izango litzateke ikerkuntza gehiago egitea ildo hau jarraituz, beste mailetan erabilgarria den jakiteko asmoarekin eta lortutako emaitzen konparaketa ahalbidetzeko. Gainera, partidu simulatuak erabili beharrean, partidu ofizialak aztertzea interesgarria izango litzateke, txapelketek sortzen duten estresagatik. Honi gehituz, interesgarria izango litzateke markagailua eta partiduaren egoera kontuan hartzea, hauek jokalariairengan nola eragiten duten jakiteko. Gainera, bihotz-maiztasunaren aldakortasuna aztertzean, interesgarria izango litzateke beste faktore batzuk kontuan edukitzea, honetan eragin dezaketelako.

## 2.5. TESIAREN EZAGUTZA ZIENTIFIKOAREN TRANSFERENTZIA

Tesi honen bitartez, mahai-tenisari buruzko informazio zientifikoa urria denez, kirol honen inguruko ezagutza areagotzen saiatu gara. Google Scholar, Web of Science eta Researchgateko erakusgarriak, deskargak eta bisitak ikusita, ezagutza zientifikoa zabaltzea lortu dela esan daiteke. Guztira, tesi honetan agertzen diren artikulak 12 aldiz aipatu dira beste artikuluetan eta 2314 aldiz irakurri dira.

Bestalde, dirudienez, lortutako emaitzak erabilgarriak izan dira datu bilketan parte hartu duten taldeentzat. Hauek aipatu dutenez, lortutako emaitzak eta metodologiak erabiliak izan dira jokalarien egoera fisikoa aztertzeko denboraldian zehar, egoera fisikoa nola aldatzen den eta erabilitako entrenamenduen eraginkortasuna jakiteko.

Nire kasuan partikularki, mahai-tenisari buruzko ezagutza areagotzeko aukera eman dit. Gainera, tesi honetan lortutako esperientziari esker “Universidad Europea del Atlántico” zentroan unibertsitate-irakasle moduan lan egiteko aukera eduki dut. Konkreteki, irakasten ditudan irakasgaiak “Erraketa Kirolak”, “Ikerkuntza Metodoak Kirolean”, “Egoera Fisikoaren Balorazioa” eta “Gradu Amaierako Lanak” dira, guztiak doktorego-tesi honekin erlazionatuta egonik. “Erraketa Kirolak” irakasgaien mahai-tenisa lantzea lortu da, honetan eragiten duten ezaugarri fisikoak, teknikoak eta taktikoak erakutsiz eta “ping-pong”etik bereiztuz. “Ikerkuntza Metodoak Kirolean” irakasgaien artikuluetan zientifikoaren ezaugarriak eta ikerkuntzaren oinarriko ezaugarriak ematen dira, ikasleek lortzen dituzten ezagutzak askotan erraketa kirolek bideratuz. “Egoera Fisikoaren Balorazioa” irakasgaien gaitasun fisiko desberdinen neurketa metodologiak eta balorazioak daukaten garrantzia ematen dira, erabilitako test asko tesi honen artikuluetan agertuz. “Gradu Amaierako Lana” irakasgaiari dagokionez, hainbat lan eman dira tesi honen ildoen inguruan. Adibidez, nekea kuantifikatzeko metodoei buruzko errebisio sistematikoa egin zuten 2019-2020ko bi ikasleek, metodoen artean bihotz-maiztasunaren aldakortasunaren erabilgarritasuna aztertuz. Beraz, tesian lortutako ezagutzak JFKZ-eko etorkizuneko graduatuetara transferitu ahal izan direla ondorioztatu daiteke.

Azkenik, egindako ikerlanak erabilgarriak izan dira ikerkuntza ildo berriak lortzeko, kirol honen inguruan ezagutza zientifikoa areagotzeko.





### 3. ERANSKINAK

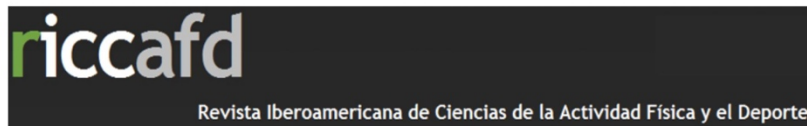




### 3. ERANSKINAK

#### 3.1. LEHENENGO ARTIKULUA

Rev.Ib.CC. Act. Fís. Dep. 2015; 4(2): 9-25



#### **DIFERENCIAS ENTRE JUGADORES DE FÚTBOL, BALONCESTO Y TENIS DE MESA EN LA CAPACIDAD DE SALTO VERTICAL Y HORIZONTAL**

**DIFFERENCES AMONG SOCCER, BASKETBALL AND TABLE TENNIS  
PLAYERS IN VERTICAL AND HORIZONTAL JUMP CAPACITY**

**Picabea, J.M.<sup>1</sup>, Yanci, J.<sup>1</sup>**

1. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad del País Vasco, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, España.

Correo electrónico: javier.yanci@ehu.es

Código UNESCO: 2402.05

Clasificación Consejo de Europa: 3. Biomecánica del deporte, 6. Fisiología del ejercicio.

Recibido el 30 de marzo de 2014

Aceptado el 28 de junio de 2015

**Correspondencia:**

Dr. Javier Yanci Irigoyen.

Departamento de Educación Física y Deporte, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad del País Vasco, UPV/EHU.

Lasarte, 71, 01007. Vitoria, España

Telf. +0034 945 01 35 29

#### **RESUMEN**

Los objetivos de este estudio fueron analizar las diferencias existentes en la capacidad de salto vertical y horizontal en función del deporte practicado (fútbol, baloncesto y tenis de mesa) y determinar si existía algún tipo de relación entre las capacidades de salto horizontal y vertical. 37 deportistas de 16-18 años (16 jugadores de fútbol, 11 de baloncesto y 10 de tenis de mesa) fueron evaluados en la capacidad de salto vertical y horizontal, tanto bilateral como unilateral. No se encontraron diferencias significativas en la capacidad de

**DIFERENCIAS ENTRE JUGADORES DE FÚTBOL, BALONCESTO Y TENIS DE MESA  
EN LA CAPACIDAD DE SALTO VERTICAL Y HORIZONTAL** | 9

salto vertical, pero si en la capacidad de salto horizontal, siendo los jugadores de baloncesto los que más saltaban. Se encontró una correlación significativa entre el salto horizontal y vertical a dos piernas ( $r = 0,724$ ,  $p < 0,01$ ). A pesar de los resultados obtenidos, son necesarios más estudios donde se analicen las diferencias en la capacidad de salto horizontal entre distintos deportes con el fin de corroborar los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** correlación, potencia, salto bilateral, salto unilateral, fuerza.

#### **ABSTRACT**

The aims of this study were to analyze the differences in the vertical and horizontal jump ability depending on the sport practiced (soccer, basket and table tennis) and to determinate the correlation between the horizontal and vertical jumps. 37 young athletes (16-18 years, 16 soccer players, 11 basketball players and 10 table tennis player) of were evaluated on the vertical and horizontal jump ability, both bilaterally and unilaterally. No significant differences in vertical jumping ability were found, but in the horizontal jump, significant differences were found, being the basketball players obtained the best performance. Correlation between the two legs horizontal and vertical jump was found ( $r = 0.724$ ,  $p < 0.01$ ). However, more studies are needed comparing horizontal jump capacity between sports, to corroborate the obtained results.

**KEYWORDS:** correlation, power, bilateral jump, unilateral jump, strength.

#### **INTRODUCCIÓN**

La fuerza muscular y la potencia de las extremidades inferiores de los deportistas tienen una gran importancia en el rendimiento en varios deportes como pueden ser el baloncesto (1, 2), el voleibol (3, 4), el tenis de mesa (5), el balonmano (6, 7), el fútbol (8, 9, 10), el ciclismo (11) y el ski (12), entre otros. Esta cualidad se manifiesta en multitud de acciones específicas como pueden ser la capacidad de realizar acciones rápidas, sprints, saltos y cambios de dirección (13). Por lo tanto, para realizar estas acciones de forma eficaz se necesita un buen nivel de fuerza muscular y potencia. De la misma forma, se ha definido que un adecuado nivel de fuerza muscular puede reducir la probabilidad de sufrir lesiones (14). Si bien la capacidad de generar fuerza en

la musculatura del tren inferior tiene gran importancia en la mayor parte de deportes, varias investigaciones se han centrado en su valoración en tres modalidades concretas como son el fútbol (15), el baloncesto (16) y el tenis de mesa (5). En el caso del fútbol, tal y como indica Bueno (17), durante un partido un jugador puede llegar a realizar 15 saltos verticales máximos dentro del área, pudiendo ser alguno de ellos decisivo para el resultado del partido. En el baloncesto, tal y como indica López (18), las acciones que habitualmente se realizan son explosivas y muchas de ellas a una intensidad máxima, permitiendo así la ejecución de gestos técnicos inalcanzables para otros jugadores (rebotes, mates...). En el tenis de mesa, los movimientos del tren inferior son esenciales para lograr una correcta posición, siendo estos movimientos cortos y explosivos debido a los rápidos cambios de dirección que se dan en el partido (5).

Para la medición de la fuerza explosiva del tren inferior, los test que se han utilizado con frecuencia han sido los test de salto vertical, siendo su utilización muy frecuente en modalidades deportivas como en fútbol (8, 14, 19), el baloncesto (1, 20) o el tenis de mesa (5, 21). La capacidad de salto vertical se ha analizado también en varios rangos de edad y distintos niveles competitivos dentro de un mismo deporte (8, 22, 23). Nikolaidis et al. (8) analizaron la capacidad de salto con contra movimiento (CMJ) en el fútbol con jugadores de 8 a 31 años de edad. Huertas et al. (22) compararon el salto sin contra movimiento (SJ) y CMJ en el fútbol diferenciando las categorías benjamín, alevín, infantil, juvenil y absoluto. Hellín et al. (23) analizaron la capacidad de salto en el baloncesto con jugadores profesionales y amateurs. Sin embargo, muchas de las acciones que se dan en la práctica deportiva como los sprints, los cambios de dirección y los saltos, requieren de una producción de fuerza no solo el eje vertical, sino también en el eje horizontal (24, 25). Así mismo, dependiendo de la modalidad deportiva, se requiere de una propulsión unilateral para realizar acciones específicas (25). En la literatura científica son pocos los estudios en los que se analice la capacidad de generar fuerza en el eje horizontal (7, 15), a pesar de que se ha observado que los test de salto horizontal son validos y fiables (25).

Por otro lado, las comparaciones entre distintas modalidades deportivas en la capacidad de salto vertical han tenido una importante repercusión en la literatura científica (11, 26, 27, 28). Cowley et al. (27) compararon la capacidad de salto vertical entre jugadoras femeninas de baloncesto y fútbol, de la misma forma que Gomes et al. (29), aunque estos últimos lo hicieron con jugadores masculinos. Marques et al. (28) compararon la capacidad de salto vertical entre jugadores de fútbol, balonmano y fútbol sala. Rouis et al. (30) compararon la capacidad de salto vertical entre jugadores de voleibol y estudiantes de educación física. Por otro lado, Yanci y Los Arcos (11), compararon la capacidad de salto vertical entre atletas y ciclistas de élite. La mayor parte de los estudios donde se compara la fuerza muscular de las extremidades inferiores en distintas modalidades han utilizados test de salto en el eje vertical. Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que analice las diferencias en función del deporte practicado mediante la capacidad de salto horizontal.

Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron por un lado, observar si existían diferencias en la capacidad de salto vertical y horizontal dependiendo de la disciplina deportiva practicada (futbol, baloncesto y tenis de mesa) en deportistas de 16-18 años, y por otro, determinar si existía una relación entre el rendimiento en el salto vertical (SV) y el salto horizontal (SH).

## **MÉTODO**

### **Participantes**

En este estudio participaron 37 deportistas masculinos de categoría juvenil ( $16,9 \pm 0,9$  años,  $70,4 \pm 7,2$  kg,  $1,8 \pm 0,1$  m,  $22,9 \pm 2,1$  kg.m<sup>-2</sup>), de los cuales dieciséis eran jugadores de fútbol (FUT) de categoría juvenil de honor, once eran jugadores de baloncesto (BAL) de categoría junior masculino de segundo año y diez jugadores de tenis de mesa (TME) de la primera división vasca (Tabla 1).



**Tabla 1.** Características generales de los participantes

	FUT (n = 16)	BAL (n = 11)	TME (n = 10)
	Media ± DT	Media ± DT	Media ± DT
Edad (años)	17,1 ± 0,1	16,1 ± 0,6	17,2 ± 0,9
Altura (m)	1,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,1
Masa (Kg)	72,0 ± 6,6	69,6 ± 10,8	69,6 ± 5,5
IMC (Kg.m <sup>-2</sup> )	23,1 ± 2,2	21,9 ± 2,6	23,6 ± 1,8

DT = Desviación típica, IMC = Índice de Masa Corporal, FUT = grupo de futbolistas, BAL = grupo de jugadores de baloncesto, TME = grupo de jugadores de tenis de mesa.

Los criterios de inclusión fueron tener una edad comprendida entre los 16 y los 18 años, tener licencia federativa en vigor expedida por las Federaciones Españolas de Fútbol, de Baloncesto o de Tenis de Mesa y no encontrarse lesionado en el momento de la investigación. Todos los participantes fueron informados de los objetivos y procedimientos de la investigación y, aceptaron voluntariamente formar parte de ella previa firma del consentimiento informado, la cual firmaron los padres, madres o tutores legales en el caso de los jugadores menores de edad. Los participantes realizaban una media de 2-3 sesiones de entrenamiento semanales y disputaban un partido oficial cada semana. El estudio se realizó bajo el consentimiento del club al que pertenecían. Todos los procedimientos siguieron las pautas marcadas por la Declaración de Helsinki (2013) y se respetó lo establecido en la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPDGP).

### Procedimiento

Los test se realizaron a mitad de temporada de los tres equipos, en un día de entrenamiento. Los participantes realizaron en el mismo día las mediciones antropométricas básicas de peso y altura y los test salto vertical con contra movimiento con manos libres a dos piernas (VCMJAS) y a una pierna, dominante (VCMJASD) y no dominante (VCMJASND). Del mismo modo se realizaron test de salto horizontal con contra movimiento con manos libres a dos piernas (HCMJAS) y una pierna, dominante (HCMJASD) y no dominante



(HCMJASND). En la sesión de toma de datos de cada equipo, el calentamiento previo realizado fue el mismo y consistió en 5 min de carrera continua y varios saltos verticales y horizontales. Todos los participantes disponían del material e indumentaria adecuada para la práctica de los test. Se consideró la pierna dominante la que cada jugador, tanto de fútbol, baloncesto y tenis de mesa, utilizaba de forma natural para el golpeo de un balón de fútbol (31).

### **Batería de Test**

Test de salto en la vertical: Los participantes realizaron 3 VCMJAS a dos piernas y 3 saltos con contra movimiento con cada una de las piernas, VCMJASD y VCMJASND (32). El descanso entre saltos fue de 45 segundos. Todos los saltos se realizaron con manos libres durante toda la fase del salto. Durante la fase de impulso, la flexión de rodillas debía llegar alrededor de los 90°, permitiéndose una ligera flexión de tronco. Las piernas debían estar extendidas durante el primer contacto con el suelo en la fase de aterrizaje para posteriormente flexionarlas y así amortiguar el impacto. Se realizaron 3 registros de cada tipo de salto, obteniendo 9 registros por cada participante. Para medir la altura de vuelo se utilizó una plataforma de contacto (Optojump<sup>®</sup>, Microgate Engineering, Bolzano, Italia).

Test de salto en la horizontal: Los participantes realizaron 3 saltos horizontales a dos piernas (HCMJAS) y 3 saltos horizontales con cada una de las piernas, HCMJASD y HCMJASND. Todos los saltos se realizaron con las manos libres durante toda la fase del salto. El descanso entre saltos fue de 45 segundos. Para la realización del salto, los participantes se colocaban detrás de una línea y realizando una flexión de rodillas, realizaban el salto en la horizontal, marcando como distancia de salto la distancia entre la línea de inicio desde la que se realizaba el salto y el apoyo del talón más próximo a la línea (25). Se realizaron 3 registros de cada tipo de salto, obteniendo 9 registros por cada participante. Para medir la distancia del salto se utilizó una cinta métrica colocada en el suelo.

### **Análisis estadístico de los datos**

Los resultados se presentan como media  $\pm$  desviación típica (DT) de la media. Todas las variables mostraron una distribución normal según el test de Kolmogorov-Smirnov. Para el análisis de los resultados en los distintos test se consideró únicamente el mejor de los tres registros. Se calculó el coeficiente de variación (CV) de todas las variables analizadas para determinar la estabilidad de la medición entre los intentos [ $CV = (DT/mediana) \times 100$ ]. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, junto con el correspondiente análisis *pos hoc* de Bonferroni para comparar los resultados obtenidos por los grupos (FUT, BAL y TME) en los diferentes protocolos de salto y una prueba t de muestras relacionadas para el análisis de diferencias dentro de un mismo grupo entre los saltos realizados con la pierna dominante y no dominante, tanto en los saltos en la vertical como en los saltos en la horizontal. Para calcular el déficit bilateral (LA) entre la pierna dominante (D) y no dominante (ND) en cada uno de los saltos se utilizó la fórmula:  $LA = [(ND-D)/D] \times 100$ , tal y como había sido establecido anteriormente por Newton et al. (32). El tamaño del efecto (d) se calculó atendiendo al método propuesto por Cohen (33). Tamaños del efecto menores a 0,2, entre 0,2-0,5, entre 0,5-0,8 o mayores de 0,8 fueron considerados trivial, bajo, moderado o alto, respectivamente. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson y la regresión lineal para estudiar la relación entre las diferentes variables de salto. La significatividad estadística fue de  $p < 0,05$ . El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Package for Social Sciences (versión 21,0, SPSS® Inc. Chicago, IL, EE.UU).

### **RESULTADOS**

Los resultados para el total de la muestra en los test de salto vertical bilateral (VCMJAS), y unilaterales (VCMJASD y VCMJASND) fueron de  $0,42 \pm 0,06$  cm,  $0,26 \pm 0,04$  cm,  $0,26 \pm 0,04$  cm respectivamente y el déficit bilateral vertical (VLA) fue de  $3,30 \pm 14,42\%$ . Los resultados en función del deporte practicado por los participantes se muestran en la tabla 2. No se encontraron diferencias

significativas en la capacidad de SV en función del deporte, aunque para el VCMJAS entre los grupos de FUT y BAL y para el VCMJASD entre los grupos de BAL y TME, el tamaño del efecto fue alto ( $d > 0,8$ ). A pesar de que no se encontraron diferencias significativas en el VLA entre los distintos grupos, el grupo BAL obtuvo un mayor VLA que el grupo TME ( $d = 1,06$ ).

**Tabla 2.** Resultados en los test de salto vertical (SV) en función del deporte practicado.

Variable	FUT	BAL	TME	Cohen d	Cohen d	Cohen d
	Media $\pm$ DT	Media $\pm$ DT	Media $\pm$ DT	FUT-BAL	FUT-TME	BAL-TME
<b>Salto bilaterales</b>						
VCMJAS (cm)	0,40 $\pm$ 0,05	0,45 $\pm$ 0,06	0,42 $\pm$ 0,06	1,00	0,40	0,50
VCMJAS CV (%)	3,09 $\pm$ 3,20	3,72 $\pm$ 2,33	5,17 $\pm$ 3,29	0,51	0,96	0,62
<b>Salto unilaterales</b>						
VCMJASD (cm)	0,26 $\pm$ 0,05	0,25 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,05	0,2	0,20	1,00
VCMJASD CV (%)	7,34 $\pm$ 4,55	6,46 $\pm$ 3,85	3,80 $\pm$ 2,48	0,19	0,78	0,69
VCMJASND (cm)	0,26 $\pm$ 0,04	0,27 $\pm$ 0,03	0,26 $\pm$ 0,05	0,25	0,00	0,33
VCMJASND CV (%)	5,01 $\pm$ 3,86	7,04 $\pm$ 3,57	5,35 $\pm$ 2,44	0,53	0,09	0,47
VLA (%)	3,77 $\pm$ 16,55	8,13 $\pm$ 9,87	-2,40 $\pm$ 14,21	0,26	0,37	1,06

VCMJAS = salto vertical con contra movimiento con manos libres, VCMJAS CV = Coeficiente de variación en salto vertical con contra movimiento con manos libres, VCMJASD = Salto vertical con contra movimiento con manos libres y pierna dominante, VCMJASD CV= Coeficiente de variación en salto vertical con contra movimiento con manos libres y pierna dominante, VCMJASND = Salto vertical con contra movimiento con manos libres y pierna no dominante, VCMJASND CV= Coeficiente de variación en salto vertical con contra movimiento con manos libres y pierna no dominante, VLA = Déficit bilateral en el eje vertical, DT = Desviación típica, FUT = grupo de fútbol, BAL = grupo de baloncesto, TME = grupo de tenis de mesa.

Los resultados de todos los deportistas en las pruebas de HCMJAS, HCMJASD y HCMJASND fueron de 2,19  $\pm$  0,17 m, 1,85  $\pm$  0,18 m, 1,90  $\pm$  0,17 m, respectivamente y el déficit bilateral horizontal (HLA) fue de 2,86  $\pm$  6,05%. Los resultados en función del deporte se muestran en la tabla 3. Se encontraron diferencias significativas en el HCMJAS ( $p < 0,01$ ,  $d = 1,31$ ), en el HCMJASD ( $p < 0,01$ ,  $d = 1,13$ ) y en el HCMJASND ( $p < 0,01$ ,  $d = 1,53$ ) entre los grupos de FUT y BAL, siendo los jugadores de baloncesto los que más saltaron en ambos test. De la misma forma, se obtuvieron diferencias significativas en el HCMJASND entre el grupo BAL y TME ( $p < 0,01$ ,  $d = 3,44$ ), siendo los

jugadores de baloncesto los que mayores valores consiguieron. En cuanto al HLA, no se observaron diferencias significativas entre las distintas modalidades deportivas.

**Tabla 3.** Resultados en los test de salto horizontal (SH) en función del deporte practicado.

Variable	FUT	BAL	TME	Cohen d		
	Media ± DT	Media ± DT	Media ± DT	FUT-BAL	FUT-TME	BAL-TME
<b>Salto bilaterales</b>						
HCMJAS (cm)	2,11 ± 0,16	2,32 ± 0,12	2,19 ± 0,13	1,31**	0,50	1,08
HCMJAS CV (%)	3,79 ± 1,72	2,44 ± 2,02	0,95 ± 0,58	0,78	1,65	0,74
<b>Salto unilaterales</b>						
HCMJASD (m)	1,83 ± 0,16	2,01 ± 0,10	1,71 ± 0,11	1,13**	0,75	3,00
HCMJASD CV (%)	3,61 ± 2,26	2,72 ± 2,15	1,86 ± 1,85	0,39	0,77	0,40
HCMJASND (m)	1,85 ± 0,15	2,08 ± 0,09	1,77 ± 0,11	1,53**	0,53	3,44**
HCMJASND CV (%)	3,69 ± 1,73	3,27 ± 2,05	2,23 ± 2,27	0,24	0,84	0,51
HLA (%)	1,43 ± 5,24	3,89 ± 5,90	4,00 ± 7,47	0,47	0,49	0,02

HCMJAS = salto horizontal con contra movimiento con manos libres, HCMJAS CV = Coeficiente de variación en salto horizontal con contra movimiento con manos libres, HCMJASD = Salto horizontal con contra movimiento con manos libres y pierna dominante, HCMJASD CV= Coeficiente de variación en salto horizontal con contra movimiento con manos libres y pierna dominante, HCMJASND = Salto horizontal con contra movimiento con manos libres y pierna no dominante, HCMJASND CV= Coeficiente de variación en salto horizontal con contra movimiento con manos libres y pierna no dominante, HLA = Déficit bilateral en el eje horizontal, DT = Desviación típica, FUT = grupo de fútbol, BAL = grupo de baloncesto, TME = grupo de tenis de mesa.

Diferencias significativas (\*\* p < 0,01) entre grupos.

En cuanto a la correlación entre los diferentes tipos de saltos, en todas las variables se observó una correlación significativa (p < 0,01), excepto entre el VCMJASD y el HCMJASD por un lado y entre el VCMJASD y el HCMJASND por otro, tal y como se muestra en la tabla 4. Sin embargo, esta relación tan solo fue alta entre el VCMJAS y el HCMJAS, siendo la regresión lineal y = 1,297 + 2,128x + 0,116.

**Tabla 4.** Resultados de las correlaciones entre saltos en el eje vertical (SV) y horizontal (SH)

Variable	HCMJAS	HCMJASD	HCMJASND
VCMJAS	0,724**	0,497**	0,430**
VCMJASD	0,424**	0,294	0,174
VCMJASND	0,495**	0,483**	0,445**

HCMJAS = salto horizontal con contra movimiento con manos libres, HCMJASD = Salto horizontal con contra movimiento con manos libres y pierna dominante, HCMJASND = Salto horizontal con contra movimiento con manos libres y pierna no dominante, VCMJAS = salto vertical con contra movimiento con manos libres, VCMJASD = Salto vertical con contra movimiento con manos libres y pierna dominante, VCMJASND = Salto vertical con contra movimiento con manos libres y pierna no dominante. Correlación significativa (\*\*  $p < 0,01$ ) entre las distintas variables.

## DISCUSIÓN

Los objetivos de este estudio fueron, por un lado, analizar las diferencias existentes en la capacidad de salto vertical (SV) y horizontal (SH) en función del deporte practicado (fútbol, baloncesto y tenis de mesa), en deportistas de 16-18 años y por otro lado, determinar si existía algún tipo de relación entre las capacidades de SV y SH. A pesar de que existen estudios en la literatura científica donde se analiza la capacidad de SV comparando diferentes modalidades deportivas (11, 27, 28), no hemos encontrado estudios en los que se comparen las diferencias en la capacidad de SH en función de la modalidad deportiva practicada. En nuestro estudio, no se encontraron diferencias significativas en el SV en función del deporte. Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas en el SH, siendo los jugadores de baloncesto los que más saltaban tanto con las dos piernas (HCMJAS), como con la pierna dominante (HCMJASD) y la pierna no dominante (HCMJASND).



Atendiendo a los resultados obtenidos en nuestro estudio, no se encontraron diferencias significativas en la capacidad de SV en función del deporte ni en el salto bilateral (VCMJAS) ni unilateral (VCMJASD y VCMJASND). Estos resultados concuerdan con otros trabajos en los que compararon la capacidad de SV en función de diferentes deportes. Gomes et al. (29) compararon la capacidad de SV entre jugadores de fútbol y baloncesto y no encontraron diferencias significativas. Otro estudio realizado por Miranda da Rocha et al. (34), en el que se comparó la capacidad de SV entre jugadores de baloncesto y voleibol, tanto de categoría sénior como junior, tampoco encontraron diferencias. A pesar de que en el juego del baloncesto se producen más acciones de salto en el eje vertical (rebotes, mates, entradas a canasta, lanzamientos) (35) que en el fútbol o en el tenis de mesa, los jugadores de baloncesto de nuestro estudio no obtuvieron mejores resultados que los jugadores de las otras dos modalidades deportivas. Tricoli et al. (35) observaron una correlación significativa entre la potencia muscular y la capacidad de SV, concluyendo que a una mayor potencia muscular del tren inferior, los deportistas obtenían una mayor altura en el SV. El hecho de que la potencia muscular del tren inferior en el eje vertical es una de las cualidades que asiduamente se entrena en fútbol (9, 10), en baloncesto (1, 2) y en tenis de mesa (5) ha podido provocar la ausencia de diferencias en la capacidad de SV en función de las distintas modalidades. Posiblemente, todos los deportistas realizaban ejercicios específicos de fuerza en el eje vertical, lo que provocó similares resultados en el rendimiento en el SV.

En cuanto a la capacidad de SH, en nuestro estudio se obtuvieron diferencias significativas entre los diferentes grupos. Concretamente se encontraron diferencias significativas entre los futbolistas y los jugadores de baloncesto tanto en el HCMAS ( $p < 0,01$ ,  $d = 1,31$ ), como en el HCMJASD ( $p < 0,01$ ,  $d = 1,13$ ) y en el HCMJASND ( $p < 0,01$ ,  $d = 1,53$ ), siendo los practicantes de baloncesto los que más saltaban. De la misma forma, los jugadores de baloncesto, mostraron mejores resultados que los jugadores de tenis de mesa en el HCMJASND ( $p < 0,01$ ,  $d = 3,44$ ). Este es el primer estudio que hemos encontrado donde se analizan las diferencias en la capacidad de SH en función

de la modalidad de práctica deportiva. La fuerza en el eje horizontal ha sido definida como una variable muy importante en acciones específicas de varios deportes (5, 15) y además tiene una importancia fundamental en la capacidad de aceleración y sprint (36, 37, 38), variables que afectan al rendimiento en gran cantidad de deportes (2, 14, 23, 39). A pesar de la importancia de la fuerza horizontal en el rendimiento deportivo, se desconoce si en la propia actividad de algunos deportes se dan más acciones en el eje horizontal que en otros. Dado que las razones de que se hayan encontrado diferencias en la capacidad de SH en los jugadores de distintas modalidades deportivas no son claras, son necesarios más estudios que analicen tanto la capacidad de salto en este eje como las implicaciones de la fuerza horizontal en las acciones específicas de cada deporte.

En el presente estudio se encontraron correlaciones significativas ( $p < 0,01$ ) en todos los tipos de salto, excepto entre el VCMJASD-HCMJASD y el VCMJASD-HCMJASND. La mayor correlación obtenida fue entre el VCMJAS y HCMJAS ( $r = 0,724$ ,  $p < 0,01$ ). Estos resultados coinciden con otros estudios (25, 40). Maulder y Cronin (25) encontraron una alta correlación entre el VCMJAS y el HCMJAS ( $r = 0,79$ ) en jóvenes deportistas ( $25,1 \pm 4,3$  años) de varios deportes en los que predominaba el tren inferior. De la misma forma, Izquierdo et al. (40), encontraron una alta correlación entre el VCMJAS y el HCMJAS ( $r = 0,83$ ,  $p < 0,01$ ) en 12 deportistas sanos de 20 años de edad. De forma similar, en el estudio realizado por Castro-Piñero et al. (41), en el cual participaron 94 sujetos, de entre 6 y 17 años de edad, físicamente activos que practicaban natación, fútbol o baloncesto con una frecuencia de 3-5 veces por semana, también encontraron una correlación significativa entre el VCMJAS y el HCMJAS ( $r = 0,843$ ,  $p < 0,01$ ). Esta alta correlación entre el salto bilateral en el eje vertical y horizontal puede ser debida a que los dos test miden la potencia del tren inferior (42). Sin embargo, el hecho de que los test de salto unilateral son movimientos menos naturales y su ejecución es más complicada para los jóvenes deportistas (41), ha podido influir en la obtención de peores correlaciones en los saltos unilaterales.

La principal limitación de este estudio fue la baja muestra en cada una de las modalidades deportivas. Además, el hecho de no haber encontrado estudios en el que se compare la capacidad de SH en función del deporte, ha sido un factor limitante ya que no se han podido comparar los resultados obtenidos. Por lo tanto, sería interesante realizar más investigaciones en las que se comparen más modalidades deportivas y con un número de participantes mayor con el fin de corroborar los resultados obtenidos en esta investigación.

## **CONCLUSIONES**

Tal y como se ha podido comprobar en este estudio, no se han encontrado diferencias significativas en la capacidad de salto vertical en función de las diferentes modalidades deportivas, pero sí en la capacidad de salto horizontal. Así mismo, se ha obtenido una alta correlación entre el salto vertical y horizontal bilateral. Estas altas correlaciones entre los test, el hecho de que los test de salto horizontal discriminan entre jugadores de distintos deportes y que requieren menos material que los test de salto vertical, ponen de manifiesto que los test de salto en el eje horizontal pueden ser muy útiles para medir la potencia del tren inferior en deportistas juveniles. Sin embargo, se necesitan más estudios que comparen la capacidad de salto horizontal entre modalidades deportivas y que analicen la implicación de la fuerza horizontal en las acciones específicas de los distintos deportes con el fin de corroborar los resultados obtenidos en este estudio.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores quieren agradecer a todos los equipos que tomaron parte en el estudio, a los entrenadores por las facilidades ofrecidas y a los jugadores por el esfuerzo realizado en las pruebas de evaluación.



## REFERENCIAS

1. Delgado, P. Osoroio, A. Mancilla, R. Jerez, D. (2011). Análisis del desarrollo de la fuerza reactiva y saltabilidad, en basquetbolistas que realizan un programa de entrenamiento polimétrico. *Revista Motricidad y Persona*, 10, 33–44.
2. Bradic, A. Bradic, J. Pasalic, E. Markovic, G. (2009). Isokinetic leg strength profile of elite male basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1332-1337.
3. Freitas, V.H. Nakamura, F.Y. Miloski, B. Samulski, D. Mauricio, G. (2014). Sensitivity of physiological and psychological markers to training load intensification in volleyball players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 571–579.
4. Parra, R. (2012). Fuerza explosiva y resistencia a la fuerza explosiva de miembros inferiores en mujeres voleibolistas de Santander. *Acción*, 8(15), 11–15.
5. Pradas, F. Castellar, C. Ochiana, N. (2013). Analysis of explosive an elastic-explosive strength of lower limbs in spanish young top-level table tennis players. *Gymnasium, Scientific Journal of Education, Sports and Health*, 14(1), 21–28.
6. Polat, S.Ç. Öz, E. Orhan, O. Yarim, I. Cetin, E. (2014). Comparison of sprint, repeated sprint and jumping parameters of different levels handball players. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport Science, Movement and Health*, 14(2), 543–547.
7. Vila, H. Fernández, J.J. Rodríguez, F.A. (2007). Evolución de la condición física en jugadoras de balonmano en las categorías infantil, cadete y juvenil. *Apunts Educación Física y Deportes*, 87, 99–106.
8. Nikolaidis, P.T. (2014). Age-related differences in countermovement vertical jump in soccer players 8-31 years old: the role of fat-free mass. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(2), 60–64.
9. Urzua, R. Von Oetinger, A. Cancino, J. (2009). Potencia aeróbica máxima, fuerza explosiva del miembro inferior y peak de torque isocinético en futbolistas chilenos profesionales y universitarios. *Rendimiento en el deporte*, 14, 49-52.
10. Sáez de Villarreal, E. Suarez-Arrones, L. Requena, B. Haff, G. Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance on adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1894-1903.
11. Yanci, J. Los Arcos, A. (2014). Differences in muscle strength and leg asymmetries in elite runners and cyclists. *International SportMedicine Journal*, 15(3), 285-297.
12. Pääsuke, M. Ereline J. Gapeyeva, H. (2001). Knee extension strength and vertical jumping performance in Nordic combined athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 354-361.
13. Salaj, S. Markovic, G. (2011). Specificity of jumping, sprinting, and quick change of direction motor abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1249-1255.
14. Chelly, M. Fathloun, M. Cherif, N. Ben Amar, M. Tabka, Z. Van Praagh, E. (2013). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2241–2249.

## 22 DIFERENCIAS ENTRE JUGADORES DE FÚTBOL, BALONCESTO Y TENIS DE MESA EN LA CAPACIDAD DE SALTO VERTICAL Y HORIZONTAL

15. Yanci, J. Los Arcos, A. Cámara, J. (2014). Physical characteristics and unilateral differences of vertical and horizontal jump in elite soccer players. *Journal of Sport and Health Research*, 6(3), 217-226.
16. Asadi, A. (2013). Effects of in-season short-term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players. *Sport Sciences for Health*, 9(3), 133-137.
17. Bueno, J. (2010). Observational analysis of jumping and landing techniques in elite male soccer players. Tesis Doctoral, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.
18. López, I. (2005). Propuesta de trabajo para la mejora de la velocidad en el jugador de baloncesto. *Efdeportes*, 82, <http://www.efdeportes.com/efd82/balonc.htm>.
19. Requena, B. García, I. Requena, F. Bressel, E. Sáez de Villarreal, E. Cronin, J. (2012). Association between traditional standing vertical jumps and a soccer-specific vertical jump. *European Journal of Sport Science*, 14(S1), 1-8.
20. Hoffman, J.R. Tenenbaum, G. Maresh, C.M. Kraemer, W.J. (1996). Relationship between athletic performance tests and playing time in elite college basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(2), 67-71.
21. Lara, A. Alegre, M.L. Abián, J. Jiménez, L. Ureña, A. Aguado, X. (2006). The selection of a method for estimating power output from jump performance. *Journal of Human Movement Studies*, 50, 399-410.
22. Huertas, F. Pérez, P. (2006). Evaluación cineantropométrica y condicional del futbolista en diferentes edades. *Motricidad: Revista de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 15, 1-7.
23. Hellín, M.D. Luis, V. Santiago, J. Navarrete, G. Gómez-Valades, J.M. Murillo, D.B. Sabido, R. (2014). Diferencias en tests isométricos de fuerza y tests de salto entre jugadores de baloncesto profesionales y amateurs. *Cultura Ciencia y Deporte*, 26, 155-162.
24. Henry, G.J. Dawson, B. Lay, B.S. Young, W.B. (2013). Relationships between reactive agility movement time and unilateral vertical, horizontal and lateral jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*. In press.
25. Maulder, P. Cronin, J. (2005). Horizontal and vertical jump assessment: Reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 74-82.
26. Ghedini, R. Dal Pupo, J. Pereira, L.M., Monteiro, B. Giovana, S. (2014). Effect of squat depth on performance and biomechanical parameters of countermovement vertical jump. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 16(6), 658-668.
27. Cowley, H. R. Ford, K. R. Myer, G. D. Kernozek, T. W. Hewett, T. E. (2006). Differences in neuromuscular strategies between landing and cutting tasks in female basketball and soccer athletes. *Journal of Athletic Training*, 41(1), 67-73.
28. Marques, M.C. Gil, H. Ramos, R.J. Costa, A.M. Marinho, D.A. (2011). Relationships between vertical jump strength metrics and 5 meters sprint time. *Journal of Human Kinetics*, 29(1), 115-122.

29. Gomes, M.M. Pereira, G. de Freitas, P.B. Barela, J.A. (2009). Características cinemáticas e cinéticas do salto vertical: Comparação entre jogadores de futebol e basquetebol. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 11(4), 392–399.
30. Rouis, M. Attioghé, E. Vandewalle, H. Jaafar, H. Noakes, T.D. Driss, T. (2014). Relationship between vertical jump and maximal power output of legs and arms: Effects of ethnicity and sport. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(2), 197–207.
31. Miyaguchi, K. Demura, S. (2010). Specific factors that influence deciding the takeoff leg during jumping movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2516–2522.
32. Newton R.U. Gerber A, Nimphius, S. Shim, J.K. Doan, B.K. Robertson, M. Pearson, D.R., Craig, B.W. Häkkinen, K. Kraemer, W.J. (2006) Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 971-977.
33. Cohen J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
34. Miranda da Rocha, C. Ugrinowitsch, C. Barbanti, V.J. (2005). The specificity of sport training and the vertical jump skill. A study with volleyball and basketball players from different categories. *Efdeportes*, 84, <http://www.efdeportes.com/efd84/saltar.htm>
35. Tricoli, V.A.A. Barbanti, V.J. Shinzato, G.T. (1994). Potência muscular em jogadores de basquetebol e voleibol: relação entre dinamometria isocinética e salto vertical. *Revista Paulista de Educação Física*, 8(2), 14-27.
36. Chaouachi, A. Brughelli, M. Levin, G. Boudhina, N.B.B. Cronin, J. Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151–157.
37. Mero, A. Komi, P.V. (1994). EMG, force, and power analysis of sprint-specific strength exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 10(1), 1–13.
38. Yanci, J. Arcos, A.L. Mendiguchia, J. Brughelli, M. (2014). Relationships between sprinting, agility, one- and two-leg vertical and horizontal. *Kinesiology*, 46, 194–201.
39. Thomas, C. Mather, D. Comfort, P. (2014). Changes in sprint, change of direction, and jump performance during a competitive season in male lacrosse players. *Journal of Athletic Enhancement*, 3(5), 1-8.
40. Izquierdo, M. Aguado, X. Gonzalez, R. López, J.L. Häkkinen, K. (1999). Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 79(3), 260–267.
41. Castro-Piñero, J. Ortega, F.B. Artero, E.G. Girela-Rejón, M.J. Mora, J. Sjöström, M. Ruiz, J.R. (2010). Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1810–1817.

Rev.Ib.CC. Act. Fís. Dep. 2015; 4(2): 9-25

---

42. Hamilton, R.T. Shultz, S.J. Schmitz, R.J. Perrin, D.H. (2008). Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 144–151.

**Número de referencias totales: 42**

**Número de referencias de La Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte: 0**



## 3.2. BIGAREN ARTIKULUA

**RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte**  
doi:10.5232/ricyde

*Rev. int. cienc. deporte*



RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte  
VOLUMEN XIII - AÑO XIII  
Páginas:39-51 ISSN:1885-3137  
Número 47 - Enero - 2017

<http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

### **Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo**

### **Physical fitness analysis in male and female table tennis players and their relationship to competition performance**

**Jon Mikel Picabea, Jesús Cámara, Javier Yanci**

Facultad de Educación y Deporte. Universidad del País Vasco, UPV/EHU. España

#### **Resumen**

Los objetivos de este estudio fueron analizar el perfil físico de jugadores de tenis de mesa, observar si existían diferencias en función del género en las pruebas realizadas y determinar si existía alguna relación entre las pruebas de condición física y el rendimiento deportivo. Veinte jugadores de tenis de mesa, de los cuales 10 eran jugadores de categoría masculina ( $17,61 \pm 7,56$  años,  $1,63 \pm 0,11$  m,  $60,62 \pm 20,03$  kg,  $22,07 \pm 5,87$  kg/m<sup>2</sup>) y 10 jugadoras de categoría femenina ( $17,35 \pm 7,12$  años,  $1,61 \pm 0,07$  m,  $48,89 \pm 7,66$  kg,  $19,33 \pm 2,26$  kg/m<sup>2</sup>) fueron evaluados en la capacidad de sprint, fuerza isométrica de antebrazo, salto vertical con contra movimiento, salto horizontal con contra movimiento, capacidad de cambiar de dirección y flexibilidad. Los resultados mostraron mejores resultados en el grupo de jugadores masculinos en comparación con el grupo femenino en el test de capacidad de cambio de dirección (MAT,  $p < 0,05$ , TE = 1,08, alto) y en el test de fuerza isométrica del antebrazo (HANDG,  $p < 0,05$ , TE = -1,23, alto). Sin embargo, el grupo FEM, a efectos prácticos y de forma significativa, obtuvo mejores resultados en el test de flexibilidad (SAR,  $p < 0,05$ , TE = 1,03, alto). Por otro lado, no se obtuvo ninguna asociación significativa ( $p > 0,05$ ) entre el resultado obtenido en las pruebas de condición física y el rendimiento deportivo en competición ni en jugadores masculinos ni femeninos. Este aspecto pone de manifiesto que la condición física puede no ser uno de los factores relevantes en el rendimiento deportivo de los jugadores de tenis de mesa de este estudio.

**Palabras clave:** sprint; fuerza; potencia; flexibilidad; género; ping pong.

#### **Abstract**

The aims of this study were to analyze the physical profile of table tennis players, look at differences between genders in the different tests and to determinate the relationships between the physical fitness test and sport performance. 20 table tennis players, 10 male players ( $17.61 \pm 7.56$  years,  $1.63 \pm 0.11$  m,  $60.62 \pm 20.03$  kg,  $22.07 \pm 5.87$  kg/m<sup>2</sup>) and 10 female players ( $17.35 \pm 7.12$  years,  $1.61 \pm 0.07$  m,  $48.89 \pm 7.66$  kg,  $19.33 \pm 2.26$  kg/m<sup>2</sup>), performed a sprint test, forearm isometric strength, countermovement vertical test, countermovement horizontal test, change of direction ability test and flexibility. The male players obtained better results than the female players in change of direction ability (MAT,  $p < 0.05$ , TE = 1.08, large), and in handgrip isometric strength test (HANDG,  $p < 0.05$ , TE = -1.23, large). However, females obtained better results in flexibility test (SAR,  $p < 0.05$ , TE = 1.03, large). On the other hand, there wasn't significant correlation ( $p > 0.05$ ) between the obtained results in physical fitness tests and the sport performance in competition in male and female players. This aspect shows that physical fitness may not be a relevant factor in table tennis players who participated in this study.

**Key words:** sprint, strength; power, flexibility; gender; ping pong.

Correspondencia/correspondence: Javier Yanci  
Facultad de Educación y Deporte. Universidad del País Vasco, UPV/EHU. España  
Email: javier.yanci@ehu.eus

Recibido el 29 de junio de 2016; Aceptado el 15 de Octubre de 2016



Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

## Introducción

El tenis de mesa es un deporte de raqueta que está considerado, desde el punto de vista de la demanda física, como una disciplina de carácter intermitente, donde se alternan breves ciclos de trabajo de alta intensidad con periodos incompletos de recuperación (Pradas de la Fuente, Salvà, González-Campos y González-Jurado, 2015). Este deporte se caracteriza por ser una modalidad donde los deportistas necesitan realizar, de manera coordinada y a máxima velocidad, diferentes acciones técnicas con los miembros superiores después de haber realizado desplazamientos cortos y rápidos con continuos cambios de dirección (Pradas de la Fuente, González-Jurado, Molina-Sotomayor y Castellar, 2013). El desarrollo de este tipo de acciones supone, a nivel físico, un importante esfuerzo muscular, debido al carácter explosivo de las propias acciones que deben realizar los jugadores y que requieren unos niveles considerables de potencia en los jugadores, tanto en los miembros superiores como inferiores (Melero, Pradas de la Fuente y Vargas, 2005; Pradas de la Fuente, Castellar y Ochiana, 2013). Por otro lado, desde el punto de vista de los requerimientos energéticos, el tenis de mesa se considera un deporte mixto, donde tanto el sistema aeróbico como el anaeróbico están continuamente solicitados (Melero y col., 2005; Pradas de la Fuente y col., 2011). Concretamente, no sólo la demanda anaeróbica durante las acciones de corta duración es requerida, sino que también la resistencia aeróbica es necesaria debido, por un lado a la duración del partido y por otro a la necesidad del deportista de recuperarse rápidamente en las frecuentes interrupciones que se dan durante el juego. Por lo tanto, un buen estado de forma física tanto aeróbica como anaeróbica ayudará al deportista a mantener la intensidad del esfuerzo a lo largo del partido incrementando de esta forma su rendimiento deportivo (Melero y col., 2005).

El estudio de los factores que influyen en el rendimiento deportivo es de gran interés en muchas modalidades deportivas, y también en el tenis de mesa (Pradas de la Fuente y col., 2011). A pesar de los estudios existentes que analizan la condición física de los jugadores de tenis de mesa (Djokic, 2007; Kondrič, Zagatto y Sekulić, 2013; Pradas de la Fuente y col., 2015; Zagatto, Morel y Gobatto, 2010), todavía hay muchas interrogantes en relación a la condición física idónea que deben tener los jugadores (Melero y col., 2005). Estudios previos han analizado la fuerza del tren superior e inferior (Campos, Daros, Mastrascusa, Dourado y Stanganelli, 2009; Güçlüöver, Demirkan, Kutlu, Cigerci y Esen, 2012), la capacidad de cambio de dirección (Parsons y Jones, 1998), la flexibilidad (Güçlüöver y col., 2012; Kovacs, Pritchett, Wickwire, Green y Bishop, 2007) y la capacidad de aceleración (Sánchez-Pay, Torres-Luque y Palao, 2011; Walklate, O'Brien, Paton y Young, 2009) de jugadores de otros deportes de raqueta, como el bádminton y el tenis, con el objetivo de describir la condición física de estos deportistas. Sin embargo, existen todavía pocos estudios que analicen las diferencias en el perfil físico de jugadores de tenis de mesa en función del género. En este sentido, únicamente encontramos los estudios Carrasco y col. (2010) y Pradas de la Fuente, Carrasco y Floría (2010) en relación a la fuerza isométrica del antebrazo y salto vertical con contramovimiento respectivamente.

Por otro lado, a pesar de que existen varios estudios en los que se ha analizado la relación entre distintas capacidades físicas de deportistas (Henry, Dawson, Lay y Young, 2016; Marques, Gil, Ramos, Costa y Marinho, 2011; Yanci, Los Arcos, Mendiguchia y Brughelli, 2014a; Yanci, Los Arcos, Grande, Gil y Cámara, 2014b; Yanci, Los Arcos y Cámara, 2014c), sólo se ha encontrado un estudio que realice este tipo de análisis en jugadores de tenis de mesa (Nikolic, Furjan-Mandic y Kondric, 2015). Por lo tanto, analizar la relación que puede existir entre diferentes variables de condición física en estos deportistas puede aportar información relevante, tanto para su caracterización como para la programación de

Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

entrenamientos más efectivos para la mejora de su condición física. Además, a pesar de que en muchos deportes la condición física se relaciona con el rendimiento (Asadi, 2013; Bradic, Bradic, Pasalic y Markovic, 2009; Parra, 2012), todavía se desconoce si en el tenis de mesa existe una relación entre la condición física y el rendimiento deportivo.

En este contexto, los objetivos del presente estudio fueron: 1) analizar el perfil físico de jugadores y jugadoras de tenis de mesa mediante una serie de test, 2) observar si existen diferencias en la condición física en función del sexo, 3) estudiar las posibles relaciones de asociación entre las pruebas realizadas y 4) determinar la relación entre la condición física y el rendimiento deportivo de los jugadores del presente estudio. Como hipótesis de la investigación se estableció, por un lado, que se encontrarían diferencias en función del género en las diferentes pruebas físicas realizadas en jugadores y jugadoras de tenis de mesa, al igual que otros deportes (McFarland, Dawes, Elder y Lockie, 2016; Campos y col., 2009) y, por otro lado, que debido a las altas exigencias físicas en el tenis de mesa, podría existir una asociación entre la condición física y el rendimiento deportivo.

### Método

La muestra estuvo compuesta por 20 jugadores de tenis de mesa (10 jugadores y 10 jugadoras), que competían en alguna de las categorías oficiales del tenis de mesa en España, tanto a nivel nacional como provincial de la comunidad autónoma del País Vasco, siendo estas la superdivisión femenina, división de honor masculina, división de honor femenina, primera división masculina, primera división femenina, segunda división masculina, primera división vasca, segunda división vasca y tercera división vasca. Los criterios de inclusión en el estudio fueron tener una licencia federativa en vigor expedida por la Federación Española de Tenis de Mesa y no encontrarse lesionado o estar recuperándose de una lesión en el momento de la investigación. Todos los participantes en el estudio tenían una experiencia en competición de tenis de mesa superior a los dos años. Todos los participantes fueron informados de los objetivos y procedimientos de la investigación y aceptaron voluntariamente formar parte de la misma, previa firma del consentimiento informado. En el caso de los jugadores y jugadoras menores de edad, el consentimiento informado también fue firmado por sus padres, madres o tutores legales. El estudio se realizó bajo el consentimiento del club al que pertenecían. Todos los procedimientos siguieron las pautas marcadas por la Declaración de Helsinki (2013), se respetó lo establecido en la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) y fue aprobado por el Comité de Ética para las Investigaciones con Seres Humanos (CEISH) de la Universidad del País Vasco (EHU/UPV).

Los jugadores que participaron en el estudio realizaban dos o tres sesiones de entrenamiento semanales y disputaban un partido oficial cada semana. Las características generales (edad, altura, masa e índice de masa corporal) del total de la muestra así como del grupo de jugadores (MASC) y jugadoras (FEM) se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales de los participantes

	Total (n = 20) Media ± DT	MASC (n = 10) Media ± DT	FEM (n = 10) Media ± DT
Edad (años)	17,4 ± 7,14	17,61 ± 7,56	17,35 ± 7,12
Altura (m)	1,6 ± 0,09	1,63 ± 0,11	1,61 ± 0,07
Masa (kg)	54,8 ± 15,9	60,62 ± 20,03	48,89 ± 7,66
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	20,7 ± 4,38	22,03 ± 5,87	19,33 ± 2,26

DT = Desviación típica, IMC = Índice de Masa Corporal, MASC = grupo de jugadores, FEM = grupo de jugadoras.



Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

### *Procedimiento*

El perfil físico de los participantes en el estudio fue evaluado en base a la realización de las siguientes seis pruebas: fuerza isométrica de antebrazo, salto vertical con contra movimiento, salto horizontal con contra movimiento, capacidad de sprint, capacidad de cambio de dirección y flexibilidad. El primer día se realizó un test de fuerza isométrica máxima del antebrazo (HANDG), un salto con contra movimiento y manos libres en la vertical (CMJML) y un salto en la horizontal (SLJT). Previamente se tomó la masa y la altura de los participantes. El segundo día se realizaron los test de sprint de 5 y 10 m (S5M y S10M, respectivamente), el *modified agility test* (MAT) y el test *sit and reach* (SAR). Ambos días se realizó un calentamiento previo a la toma de datos, que consistió en 5 min de peloteo tanto de derecha como de revés, al igual que golpeo de *topspin*, tanto de derecha como de revés. Los test se realizaron a mitad de la temporada competitiva (marzo) durante dos días de entrenamiento. Además de la batería de test realizado, desde el inicio de la temporada hasta el momento de la realización de las pruebas se registró el número de partidos oficiales disputados por cada deportista en su categoría y el número de partidos ganados y perdidos.

### *Batería de test*

-Fuerza isométrica de antebrazo: La fuerza isométrica del antebrazo correspondiente a la mano dominante se midió mediante el test *handgrip* (HANDG), con el brazo en extensión hacia abajo y en el eje vertical. La mano con la que asiduamente los deportistas portaban la pala en competición se consideró como la dominante (Carrasco y col., 2010). Cada participante realizó 3 contracciones máximas durante 5 s, con un descanso de 1 min entre cada contracción. Se midió el pico máximo de fuerza (kg) (Yanci y col., 2015). El mejor resultado es el que se tuvo en cuenta para su posterior análisis. Las mediciones se realizaron con el dinamómetro manual (*5030j1, Jamar<sup>®</sup>, Sammons Preston, Inc, United Kingdom*).

-Salto vertical con contra movimiento con manos libres (CMJML): Los participantes realizaron 3 CMJML a dos piernas. El descanso entre saltos fue de 45 s. Todos los saltos se realizaron con manos libres durante toda la fase del salto (Picabea y Yanci, 2015). Durante la fase de impulso se permitió una ligera flexión del tronco y la flexión máxima de rodillas debía llegar alrededor de los 90°. Las rodillas debían estar extendidas durante el primer contacto con el suelo durante la fase de aterrizaje. La altura de vuelo se determinó mediante una plataforma de contacto (*Optojump<sup>®</sup>, Microgate Engineering, Bolzano, Italia*) para calcular. El mejor resultado es el que se tuvo en cuenta para su posterior análisis.

-Salto en la horizontal a dos piernas (SLJT): Los participantes realizaron 3 SLJT con las manos libres (Picabea y Yanci, 2015). El descanso entre saltos fue de 45 s. Para la ejecución del salto, los participantes se colocaron detrás de la línea de salida y tras realizar una flexo-extensión de rodillas realizaron el salto en la horizontal. La distancia de salto fue la comprendida entre la línea de salida y el apoyo del talón más próximo a la línea durante la fase de aterrizaje (Kovacs y col., 2007). La distancia del salto se midió mediante una cinta métrica colocada en el suelo. El mejor resultado se tuvo en cuenta para su análisis posterior.

-Sprint 5 y 10 m: El tiempo de sprint se registró mediante 3 pares de células fotoeléctricas (*Microgate<sup>®</sup> Polifemo Radio Light, Bolzano, Italia*). El primer par se colocó en la línea de salida del sprint, el segundo par a los 5 m de la línea de salida y el tercer par a una distancia de 10 m desde la línea de salida. Los participantes comenzaron 0,5 m detrás de la salida, al igual que en un estudio previo (Los Arcos, Yanci, Mendiguchia y Gorostiaga, 2014). El tiempo se activaba automáticamente cuando los participantes cruzaban el primer par de células. Cada deportista realizó 3 esprints con un minuto de descanso entre cada uno. El mejor de los resultados a los 5 y a los 10 m se tuvo en cuenta para su posterior análisis.

42

Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

-Test de capacidad de cambiar de dirección (CODA): El test que se utilizó para medir la CODA fue el *modified agility test* (MAT) (Yanci y col., 2014b). La distancia total recorrida durante este test fue de 20 m. Los participantes comenzaban desde la línea de salida A (Figura 1) y se dirigían al cono B para tocarlo, con la mano izquierda. Posteriormente, y mediante carrera lateral sin cruzar los pies, los participantes se desplazaban hacia el cono C para tocarlo con la mano izquierda. Desde este punto se dirigían a tocar con la mano derecha el cono D mediante carrera lateral sin cruzar los pies, para volver de nuevo a tocar el cono B. El último desplazamiento consistía en una carrera hacia atrás volviendo a la línea de salida A. Cada vez que se tocaba un cono debía ser en su zona superior. Los participantes que cruzaron los pies durante la carrera lateral o fallaron al tocar el cono, repitieron el test. Cada participante realizó el test de CODA 3 veces con un descanso de 2 min entre repeticiones. El mejor de los resultados se tuvo en cuenta para su posterior análisis. se utilizó un par de células fotoeléctricas (*Microgate® Polifemo Radio Light, Bolzano, Italia*) para medir el tiempo en realizar el recorrido (Yanci y col., 2014b).

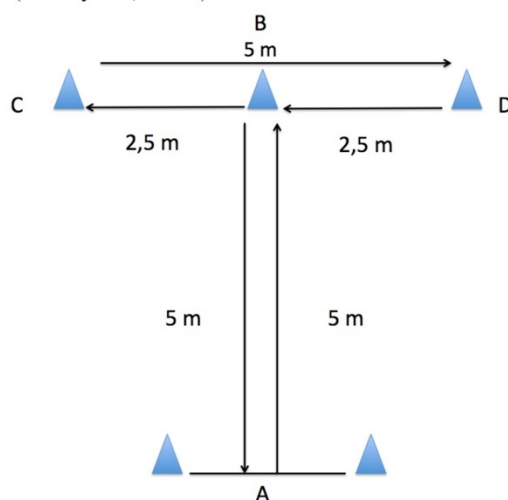


Figura 1. Diseño del circuito del Modified Agility Test (MAT).

-*Sit and Reach (SAR)*: Los participantes, sentados en el suelo con las piernas extendidas hacia delante y los pies tocando un cajón, separados a la anchura de los hombros, debían empujar el medidor del cajón lo máximo posible hasta sentir una leve molestia o sensación de opresión en la parte trasera del muslo. La posición donde se sentía la molestia se debía mantener durante 5 s (Wadhwa y Garg, 2015). Se midió el desplazamiento del medidor del cajón. Los participantes realizaron este test tres veces con un descanso de 30 s entre cada repetición. Se tuvo en cuenta el mejor resultado para su análisis posterior.

#### *Análisis estadístico*

Los resultados se presentan como media  $\pm$  desviación típica (*DT*). Todas las variables mostraron una distribución normal según el test de Kolmogorov-Smirnov. Se calculó el coeficiente de variación (*CV*) de todas las variables analizadas para determinar la estabilidad de la medición entre los intentos [ $CV = (DT/media) \times 100$ ] (Atkinson y Nevill, 1998). Se realizó la prueba *U de Mann-Whitney* para calcular las diferencias de cada una de las

Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

variables analizadas entre el grupo MASC y FEM. El porcentaje de la diferencia se calculó mediante la fórmula:  $\text{dif. \%} = [(\text{media 2} - \text{media 1}) / \text{media 1}] \times 100$ . El tamaño del efecto (*TE*) se calculó según el método propuesto por Cohen (Cohen, 1988). Tamaños del efecto menores a 0,2, entre 0,2 y 0,5, entre 0,5 y 0,8 o mayores de 0,8 fueron considerados trivial, bajo, moderado o alto, respectivamente. La relación entre las variables analizadas, tanto de toda la muestra en su conjunto como dividido por género, se calculó mediante el coeficiente de correlación de Spearman (*r*). Las correlaciones obtenidas se consideraron altas cuando el valor absoluto se encontraba entre 1 y 0,70, moderadas, entre 0,69 y 0,50, bajas, entre 0,49 y 0,20 y muy bajas, entre 0,19 y 0,09 (Salaj y Marcovic, 2011). La significatividad estadística fue de  $p < 0,05$ . El análisis estadístico se realizó con el programa *Statistical Package for Social Sciences* (versión 21,0, SPSS® Inc. Chicago, IL, EE.UU).

## Resultados

La tabla 2 muestra los resultados de las pruebas realizadas a los jugadores y jugadoras que participaron en el estudio. Los resultados mostraron diferencias significativas a favor del grupo de jugadores masculinos frente al grupo de jugadoras en el MAT ( $p < 0,05$ ,  $TE = 1,08$ , alto). De la misma forma, el grupo MASC obtuvo mejores resultados que el grupo FEM en el HANDG ( $p < 0,05$ ,  $TE = -1,23$ , alto). Sin embargo, el grupo FEM, a efectos prácticos y de forma significativa, obtuvo mejores resultados en el test SAR ( $p < 0,05$ ,  $TE = 1,03$ , alto).

Tabla 2. Resultados obtenidos en las diferentes pruebas para todos los participantes del estudio, diferenciando entre jugadores (MASC) y jugadoras (FEM)

Variable	Todos	MASC	CV (%)	FEM	CV (%)	Dif. (%)	TE
HANDG (kg)	30,45±10,24	33,68±13,08	6,73±3,81	27,23±5,22*	4,81±2,90	-19,15	-1,23
CMJML(m)	31,37±6,12	32,67±7,39	4,13±1,90	29,93±4,29	4,43±1,83	-8,37	-0,64
SLJT (m)	1,92±0,25	2±0,23	3,23±1,83	1,81±0,25	4,02±3,22	-9,5	-0,77
S5M (s)	1,09±0,09	1,08±0,06	2,9±1,16	1,10±0,12	3,65±2,85	1,88	0,17
S10M (s)	1,94±0,16	1,92±0,11	1,55±0,79	1,98±0,20	3,06±1,67	3,38	0,32
CODA - MAT (s)	6,68±0,69	6,33±0,50	2,37±1,37	7,07±0,69*	2,42±1,06	11,67	1,08
SAR (cm)	4,3±8,54	0,4±7,91	-168,90±562,56	8,2±7,59*	-9,17±40,91	19,50	1,03

HANDG = fuerza isométrica del antebrazo, CMJML = salto vertical con contra movimiento y manos libres, SLJT = salto horizontal con contra movimiento y brazos libres, S5M = aceleración en 5 metros, S10M = aceleración en 10 metros, MAT = modified agility test, SAR = test de flexibilidad Sit and Reach, CV = coeficiente de variación, TE = tamaño del efecto, MASC = masculino, FEM = femenino.

\*  $p < 0,05$ , diferencias significativas con respecto al grupo jugadores masculinos.

En cuanto a la correlación entre los diferentes test realizados, teniendo en cuenta toda la muestra (Tabla 2), se observaron correlaciones significativas y moderadas o altas entre todos los test, excepto con el SAR ( $p > 0,05$ ) o entre el S5M y el HANG ( $p > 0,05$ ).

Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

Tabla 3. Resultados de las correlaciones entre las diferentes pruebas con toda la muestra.

variable	HANDG	CMJML	SLJT	S5M	S10M	MAT	SAR
HANDG	-	0,67**	0,68**	NS	-0,50*	-0,63**	NS
CMJML		-	0,853**	0,59**	-0,79**	0,67**	NS
SLJT			-	-0,56*	-0,71**	-0,84**	NS
S5M				-	0,95**	0,58**	NS
S10M					-	0,69**	NS
MAT						-	NS
SAR							-

HANDG = fuerza isométrica del antebrazo, CMJML = salto vertical con contra movimiento y manos libres, SLJT = salto horizontal con contra movimiento y brazos libres, S5M = aceleración en 5 metros, S10M = aceleración en 10 metros, MAT = modified agility test, SAR = test de flexibilidad sit and reach, NS = no significativo

Correlación significativa (\*\* $p < 0,01$ , \* $p < 0,05$ ) entre las diferentes variables.

En cuanto a la correlación entre los diferentes test realizados, teniendo en cuenta el género, se observaron correlaciones distintas en ambos grupos, tal y como se puede observar en la tabla 3. El grupo FEM obtuvo correlaciones más altas entre las diferentes pruebas que el grupo MASC. Con respecto al S5M, mientras que el grupo MASC obtuvo una correlación significativa con el S10M, pero no con el resto de capacidades, el grupo FEM obtuvo correlaciones entre el S5M con el S10M, HANDG, CMJML y SLJT. Por otro lado, mientras que el grupo MASC obtuvo una correlación significativa entre el CMJML y el HANDG, en el grupo FEM no se obtuvieron correlaciones significativas. En ninguno de los dos grupos se obtuvo una correlación significativa entre el SAR y el resto de capacidades.

Tabla 3. Resultados de las correlaciones entre las diferentes pruebas para la muestra masculina (MASC, recuadros blancos) y para la femenina (FEM, recuadros grises).

Variable	HANDG	CMJML	SLJT	S5M	S10M	MAT	SAR
HANDG	-	0,71	0,69	NS	NS	-0,63	NS
CMJML	NS	-	0,90**	-NS	-0,87**	-0,66	NS
SLJT	0,83*	0,85**	-	NS	-0,67	-0,68	NS
S5M	-0,73*	-0,82*	-0,76*	-	0,87	NS	NS
S10M	-0,76*	-0,86*	-0,81*	0,98**	-	0,69	NS
MAT	-0,72*	-0,79*	-0,93**	NS	0,71*	-	NS
SAR	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-

S5M = aceleración en 5 metros, S10M = aceleración en 10 metros, MAT = modified agility test, HANG = fuerza isométrica del antebrazo, CMJML = salto vertical con contra movimiento y manos libres, SLJT = salto horizontal con contra movimiento y brazos libres, SAR = test de flexibilidad sit and reach, NS = no significativo.

Correlación significativa (\*\* $p < 0,01$ , \* $p < 0,05$ ) entre las diferentes variables.

El conjunto de chicos y chicas participó desde el inicio de la temporada hasta el momento de la toma de datos (6 meses) una media de  $20,71 \pm 12,22$  partidos en sus respectivas categorías. Ganaron el  $37,94 \pm 22,78\%$  de los partidos disputados. El grupo MASC jugó menos partidos que el grupo FEM ( $18,11 \pm 8,40$  vs.  $23,63 \pm 15,56$  partidos,  $p < 0,05$ ). En cuanto a los partidos ganados, los jugadores ganaron un  $41,53 \pm 20,21\%$  de los partidos disputados, mientras que las jugadoras ganaron un  $33,90 \pm 26,16\%$  de los partidos ( $p > 0,05$ ). No se obtuvo una correlación significativa ( $p > 0,05$ ) en ninguno de los dos grupos, entre las variables de condición física y los partidos jugados o ganados.

Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

## Discusión

Los objetivos de este estudio fueron por un lado, analizar el rendimiento físico (fuerza isométrica de antebrazo, capacidad de aceleración, CODA, salto vertical, salto horizontal y flexibilidad) de jugadores y jugadoras de tenis de mesa, por otro, observar si existían diferencias entre chicos y chicas en las diferentes pruebas realizadas y por último determinar si existía alguna asociación entre las pruebas de condición física y entre la condición física y el rendimiento deportivo. La hipótesis inicial se confirma parcialmente ya que se encuentran diferencias en los resultados obtenidos entre los jugadores y jugadoras, siendo estos mejores en las pruebas de cambio de dirección, y fuerza isométrica de antebrazo, mientras que las chicas fueron mejores en la prueba de flexibilidad. En cuanto a la segunda hipótesis de estudio, esta no se confirma ya que no se encontró una asociación entre las pruebas realizadas y el rendimiento deportivo.

En diferentes modalidades de deportes colectivos, tales como el fútbol (McFarland y col., 2016) o el voleibol (Navarro, Pablos, Ortiz, Chillaron, Cervera, Ferro, Giner y Marti, 1997; Stanganelli, Dourado, Oncken, Mancan, Zucas y Campos, 2002) así como en modalidades de raqueta, como el bádminton (Campos y col., 2009; Walklate y col., 2009), se han observado diferencias en el rendimiento físico entre chicos y chicas mediante distintos test de condición física. Sin embargo, en el tenis de mesa, sólo dos estudios han analizado las diferencias en la condición física en función del género (Carrasco y col., 2010; Pradas de la Fuente y col., 2013). En el presente estudio, los chicos obtuvieron mejores resultados que las chicas de forma significativa en la capacidad de cambiar de dirección y en la fuerza isométrica del antebrazo y a efectos prácticos (TE = moderado) en el resto de las pruebas de condición física, excepto en el sprint 5 y 10 m, donde las diferencias fueron triviales o pequeñas. Sin embargo, en la prueba de flexibilidad el grupo FEM obtuvo mejores resultados de forma significativa que el grupo MASC. En un estudio previo, en el que se comparó la fuerza isométrica del antebrazo entre jugadores y jugadoras de tenis de mesa (Carrasco y col., 2010), también se obtuvieron mejores resultados en el caso de los jugadores. En esta misma línea, los jugadores de bádminton también mostraron una mayor capacidad de salto (Campos y col., 2009) que las jugadoras, y un estudio realizado en jugadores de fútbol, en el que se comparaban varias cualidades físicas (McFarland y col., 2016), los jugadores obtuvieron mejores resultados en el CMJML y en la CODA. Sin embargo, las diferencias en las cualidades físicas entre ambos sexos no suelen mantenerse constantes en todas las edades. En cuanto a la capacidad de salto, a pesar de que Pradas de la Fuente y col. (2013b) obtuvieron diferencias significativas entre chicos y chicas, estas diferencias fueron distintas en función de la edad analizada. Las chicas obtuvieron mejores resultados que los chicos en la capacidad de salto vertical en las edades de 11-13 años y 13-15 años. Contrariamente, los chicos obtuvieron mejores resultados en esta capacidad en la edad de < 11 años y en la de 16-18 años. La disparidad de resultados entre sexos en función de la edad puede estar explicada por el distinto desarrollo hormonal entre chicos y chicas, siendo esta una de las posibles causas de las diferencias en la capacidad de salto de chicos y chicas (Pradas de la Fuente y col., 2013b). Por otro lado, estudios previos sobre la diferencia de la flexibilidad entre chicos y chicas con una edad comprendida entre los 13 y 18 años (Bale, Mayhew, Piper, Ball, & Willman, 1992; Maffulli, King, & Helms, 1994), han observado una mayor flexibilidad en el caso de las chicas, y apuntan a la mayor masa muscular de los chicos como una de las causas de su menor flexibilidad.

Las correlaciones entre diferentes test de condición física se han analizado en varios deportes, tales como el fútbol (McFarland y col., 2016; Yanci y col., 2014c), el fútbol australiano (Henry y col., 2016), el balonmano (Chauuachi, Brughelli, Levin, Boudhina, Cronin y

Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*. 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

Chamari 2009) o el tenis (Munivrana, Filipčić y Filipčić, 2015), para identificar la especificidad de las distintas capacidades analizadas (Chaouachi y col., 2009). No obstante, debido a la influencia de la edad y el género en estas asociaciones (Sassi, Dardouri, Yahmed, Gmada, Mahfoudhi y Gharbi, 2009; Yanci y col., 2014b), estos dos factores deberían ser controlados a la hora de realizar estudios con el objetivo de analizar asociaciones entre diferentes test de condición física. En el presente estudio, las chicas obtuvieron correlaciones más altas que los chicos en la mayor parte de los test. Concretamente, las chicas obtuvieron una relación significativa entre el S5M y los test de fuerza (HANDG, CMJML y SLJT), mientras que los chicos no obtuvieron ninguna relación en estos test. Existen pocos estudios que hayan analizado las correlaciones en un mismo deporte comparando chicos y chicas. En un estudio realizado con deportistas universitarios de varias disciplinas deportivas (Sassi y col., 2009), se encontraron asociaciones en el grupo de chicas entre el CMJML y SLJT, asociación no observada en el caso de los chicos. En un estudio previo realizado con jugadores de tenis (Munivrana y col., 2015), contrariamente a los resultados obtenidos en el presente estudio, observaron correlaciones entre el S5M y el CMJML en chicos, pero no en chicas. En referencia a la flexibilidad, en el presente estudio no se observaron correlaciones significativas, ni en chicos ni en chicas, con las demás variables estudiadas. Este resultado van en la línea de un estudio previo donde no se encontró una relación significativa entre el test SAR y diferentes test de sprint en jugadores de fútbol (Nikolaidis, Dellal, Torres-Luque y Ingebrigtsen, 2015). La ausencia de una relación entre la flexibilidad y el resto de capacidades parece sugerir que la flexibilidad se presenta como una capacidad independiente del resto de capacidades analizadas. Debido a la disparidad de resultados encontrados, y a la poca literatura científica donde se comparen las relaciones entre cualidades físicas en ambos sexos, resulta complicado determinar si las diferencias obtenidas entre ambos grupos en la asociaciones entre diferentes test para medir la condición física, se deben a las particularidades de cada uno de los sexos o a los test utilizados para medir las distintas capacidades, o a ambos (McFarland y col., 2016). Consideramos por lo tanto conveniente, que futuros estudios analicen las asociaciones entre diferentes tipos de test en jugadores de tenis de mesa mediante modelos multivariantes que ayuden a identificar la especificidad de las distintas capacidades analizadas, controlando el sexo como variable.

Además de la asociación entre los diferentes test de rendimiento físico, en este estudio también se analizó la relación entre los resultados obtenidos en los test de condición física y el rendimiento obtenido en los partidos oficiales, ya que conocer si la condición física se asocia al rendimiento en competición puede ser especialmente interesante para los entrenadores de tenis de mesa. En el presente estudio no se obtuvo ninguna correlación significativa ( $p > 0,05$ ) entre las variables de condición física y los partidos ganados, el porcentaje de partidos ganados o los partidos jugados, ni en chicos ni en chicas. El tenis de mesa está considerado como un deporte con una alta complejidad de acciones técnico-tácticas que los jugadores deben realizar en función de los diferentes tipos de golpes que se realizan y para dar respuesta a las acciones del rival (Munivrana, Petrinovic y Kondric, 2015b). El hecho de no haber encontrado ninguna asociación significativa entre las distintas capacidades de condición física y el rendimiento deportivo en nuestros jugadores de tenis de mesa amateur, sugiere que el rendimiento físico en los test analizados parece no ser un factor que determine el resultado en los jugadores de tenis de mesa analizados, y que pueden existir otros aspectos como la técnica o la táctica que tengan más importancia para el rendimiento deportivo de los jugadores participantes en este estudio. Sería interesante realizar estudios con deportistas de categorías superiores y con muestras mayores con el fin de analizar si los resultados son similares. En cuanto a las limitaciones de la investigación, hay que destacar que la muestra utilizada es pequeña. Además a la hora de analizar el rendimiento deportivo, tan solo se han tenido en

Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

cuenta los partidos ganados, perdidos y jugados, por lo que estos resultados no son generalizables. Sería interesante analizar la relación existente entre el rendimiento deportivo y la condición física mediante más variables de rendimiento en competición.

### Conclusiones

Tal y como se ha podido comprobar, los jugadores de tenis de mesa de este estudio obtuvieron mejores resultados que las jugadoras en la fuerza isométrica del antebrazo y en la capacidad de cambio de dirección. Sin embargo, las chicas obtuvieron mejores resultados en la prueba de flexibilidad, lo que concuerda con la mayor parte de estudios realizados en otras modalidades deportivas.

Con respecto a las correlaciones entre los distintos test de condición física, se han encontrado mejores asociaciones entre las distintas capacidades en las chicas en comparación con los chicos. Sin embargo, no se encontró relación significativa entre la condición física de los deportistas y el rendimiento obtenido en competición en ninguno de los dos grupos, lo que nos lleva a pensar que el éxito deportivo en los jugadores participantes en este estudio, tanto masculino como femenino, puede ser debido en mayor medida a aspectos técnico-tácticos.

### Referencias

- Asadi, A. (2013). Effects of in-season short-term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players. *Sport Sciences for Health*, 9(3), 133-137. <http://dx.doi.org/10.1007/s11332-013-0159-4>
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217-238. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>
- Bale, P.; Mayhew, J. L.; Piper, F. C.; Ball, T. E., & Willman, M. K. (1992). Biological and performance variables in relation to age in male and female adolescent athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(2), 142-148.
- Bradic, A.; Bradic, J.; Pasalic, E., & Markovic, G. (2009). Isokinetic leg strength profile of elite male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1332-1337.
- Campos, F. A. D.; Daros, L. B.; Mastrascusa, V.; Dourado, A. C., & Stanganelli, L. C. R. (2009). Anthropometric profile and motor performance of junior Badminton players. *Brazilian Journal of Biomechanics*, 3(2), 146-151.
- Carrasco, L.; Pradas de la Fuente, F.; Floría, P.; Martínez, A.; Herrero, R., & Gonzalez Jurado, J. A. (2010). Grip strength in young top-level table tennis players. *International Journal of Table Tennis Sciences*, 6(6), 64-67.
- Chaouachi, A.; Brughelli, M.; Levin, G. ; Boudhina, N. B. B. ; Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151-157. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410802448731>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Djokic, Z. (2007). Testing, perfection and monitoring of motor abilities of table tennis players. *International Table Tennis Sports Science Congress*, 10, 1-8.



- Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>
- Güçlüöver, A.; Demirkan, E.; Kutlu, M.; Cigerci, A. E., & Esen, H. T. (2012). The comparison of some physical and physiological features of elite youth national and amateur badminton players. *Nigde University Journal of Physical Education And Sport Sciences*, 6(3), 244-250.
- Henry, G. J.; Dawson, B.; Lay, B. S., & Young, W. B. (2016). Relationships between reactive agility movement time and unilateral vertical, horizontal and lateral jumps. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2514-2521.
- Kondrič, M.; Zagatto, A. M.; & Sekulić, D. (2013). The physiological demands of table tennis: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 362-370.
- Kovacs, M. S.; Pritchett, R.; Wickwire, P. J.; Green, J. M., & Bishop, P. (2007). Physical performance changes after unsupervised training during the autumn/spring semester break in competitive tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11), 705-710.  
<http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2007.035436>
- Los Arcos, A.; Yanci, J.; Mendiguchia, J., & Gorostiaga, E. M. (2014). Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3280-3288.  
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000000540>
- Maffulli, N.; King, J. B., & Helms, P. (1994). Training in elite young athletes (the Training of Young Athletes (TOYA) Study): injuries, flexibility and isometric strength. *British Journal of Sports Medicine*, 28(2), 123-136.  
<http://dx.doi.org/10.1136/bjism.28.2.123>
- Marques, M. C.; Gil, H., Ramos, R. J.; Costa, A. M., & Marinho, D. a. (2011). Relationships between vertical jump strength metrics and 5 meters sprint time. *Journal of Human Kinetics*, 29, 115-122.  
<http://dx.doi.org/10.2478/v10078-011-0045-6>
- McFarland, I.; Dawes, J.; Elder, C., & Lockie, R. (2016). Relationship of two vertical jumping tests to sprint and change of direction speed among male and female collegiate soccer players. *Sports*, 4(1), 11.  
<http://dx.doi.org/10.3390/sports4010011>
- Melero, C.; Pradas de la Fuente, F., y Vargas, C. (2005). Control biomédico del entrenamiento en tenis de mesa . Ejemplo de test de campo. *Apunts: Educacion Fisica y Deportes*, 81, 67-76.
- Munivrana, G.; Filipčić, A., & Filipčić, T. (2015). Relationship of speed, agility, neuromuscular power, and selected anthropometrical variables and performance results of male and female junior tennis players. *Collegium Antropologicum*, 39 (Suppl 1), 109-16.
- Munivrana, G.; Petrinovic, L. Z., & Kondric, M. (2015b). Structural analysis of technical-tactical elements in table tennis and their role in different playing zones. *Journal of Human Kinetics*, 47(1), 197-214.  
<http://dx.doi.org/10.1515/hukin-2015-0076>
- Navarro, E.; Pablos, C.; Ortiz, V.; Chillaron, E.; Cervera, I.; Ferro, A.; ... Marti, J. (1997). Aplicación y seguimiento mediante análisis biomecánico del entrenamiento de la fuerza explosiva. *Rendimiento Deportivo: Parámetros Electromiográficos (EMG), Cinemáticos y Fisiológicos*, 55-105.
- Nikolaidis, P. T.; Dellal, A.; Torres-Luque, G., & Ingebrigtsen, J. (2015). Determinants of acceleration and maximum speed phase of repeated sprint ability in soccer players: A cross-sectional study. *Science and Sports*, 30(1), e7-e16.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2014.05.003>



Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

Nikolic, I.; Furjan-Mandic, G., & Kondric, M. (2015). The Relationship of Morphology and Motor Abilities to Specific Table Tennis Tasks in Youngsters. *Collegium Anthropologicum*, 38(1), 241-245.

Parra, R. (2012). Fuerza explosiva y resistencia a la fuerza explosiva de miembros inferiores en mujeres voleibolistas de Santander, Colombia. *Acción*, 8(15), 11-15.

Parsons, L. S., & Jones, M. T. (1998). Development of speed, agility, and quickness for tennis athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 20(3), 14-19.  
[http://dx.doi.org/10.1519/1073-6840\(1998\)020<0014:DOSAAQ>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1519/1073-6840(1998)020<0014:DOSAAQ>2.3.CO;2)

Picabea, J.M., y Yanci, J. (2015). Diferencias entre jugadores de fútbol, baloncesto y tenis de mesa en la capacidad de salto vertical y horizontal. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 4(2), 9-25.

Pradas de la Fuente, F.; Carrasco, L., & Floría, P. (2010). Muscular power of leg extensor muscles in young top-level table tennis players. *International Journal of Table Tennis Sciences*, 6(6), 178-181.

Pradas de la Fuente, F.; Castellar, C., & Ochiana, N. (2013b). Analysis of explosive and elastic-explosive strength of lower limbs in Spanish young top-level table tennis players. *Scientific Journal of Education, Sports, and Health*, 14(1), 21-28.

Pradas de la Fuente, F.; González Jurado, J. A.; Molina Sotomayor, E., & Castellar Otín, C. (2013). Características antropométricas, composición corporal y somatotipo de jugadores de tenis de mesa de alto nivel. *International Journal of Morphology*, 31(4), 1355-1364.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022013000400033>

Pradas de la Fuente, F.; Rapún, M.; Martínez, P.; Castellar, C.; Bataller, V., & Carrasco, L. (2011). An analysis of jumping force manifestation profile in table tennis. *International Table Tennis Sports Science*, 12, 19-23.

Pradas de la Fuente, F.; Salvà, P.; González-Campos, G., y González-Jurado, J. A. (2015). Análisis de los indicadores de rendimiento que definen el tenis de mesa moderno. *Journal of Sports and Health Research*, 7(2), 149-162.

Salaj, S. & Markovic, G. (2011). Specificity of jumping, sprinting, and quick change of direction motor abilities. *Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1249-1255.  
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181da77df>

Sánchez-Pay, A.; Torres-Luque, G., y Palao, J. M. (2011). Revisión y análisis de los test físicos empleados en tenis. *Revista Motricidad*, 26, 105-122.

Sassi, R. H.; Dardouri, W.; Yahmed, M. H.; Gmada, N.; Mahfoudhi, M. E., & Gharbi, Z. (2009). Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1644-1651.  
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b425d2>

Stanganelli, L.; Dourado, A.; Oncken, P.; Mancan, S.; Zucas, S., & Campos, F. (2002). Training adaptations on jumping capacity of the boy's youth Brazilian volleyball national team. *7th Annual Congress of the European College of Sport Science, Atenas-Grecia*.

Wadhwa, G., & Garg, C. (2015). Comparison of Sit and Reach test, Back Saver Sit and Reach test and Chair Sit and Reach test for measurement of hamstring flexibility in female graduate and undergraduate physiotherapy students. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*, 8(4), 230-234.

Picabea, J. M.; Cámara, J., y Yanci, J. (2017). Análisis de la condición física en jugadores y jugadoras de tenis de mesa y su relación con el rendimiento deportivo. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 47(13), 39-51. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2017.04703>

Walklate, B. M.; O'Brien, B. J.; Paton, C. D., & Young, W. (2009). Supplementing regular training with short-duration sprint-agility training leads to a substantial increase in repeated sprint-agility performance with national level badminton players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1477-1481. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b339d9>

Yanci, J.; Arcos, A. L.; Mendiguchia, J., & Brughelli, M. (2014a). Relationships between sprinting, agility, one-and two-leg vertical and horizontal jump in soccer players. *Kineziologija*, 46(2), 194-201.

Yanci, J.; Granados, C.; Otero, M.; Badiola, A.; Olasagasti, J.; Bidaurrezaga-Letona, I.; ... Gil, S. (2015). Sprint, agility, strength and endurance capacity in wheelchair basketball players. *Biology of Sport*, 32(1), 71-8. <http://dx.doi.org/10.5604/20831862.1127285>

Yanci, J.; Los Arcos, A., & Camara, J. (2014c). Physical characteristics and unilateral differences of vertical and horizontal jump in elite soccer. *Journal of Sport Health Research*, 6(3), 217-226.

Yanci, J.; Los Arcos, A.; Grande, I.; Gil, E., & Cámara, J. (2014b). Correlation between agility and sprinting according to student age. *Collegium Antropologicum*, 38(2), 533-8.

Zagatto, A. M.; Morel, E. A., & Gobatto, C. A. (2010). Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 942-949. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cb7003>



### 3.3. HIRUGARREN ARTIKULUA



Article

## Physical Fitness Profiling of National Category Table Tennis Players: Implication for Health and Performance

Jon Mikel Picabea <sup>1</sup>, Jesús Cámara <sup>2</sup> and Javier Yanci <sup>2,\*</sup> 

<sup>1</sup> Physical Education and Sport Department, Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country UPV/EHU, 01007 Vitoria-Gasteiz, Spain; jmpicabea002@ehu.eus

<sup>2</sup> Society, Sports and Physical Exercise Research Group (GIKAFIT), Physical Education and Sport Department, Faculty of Physical Activity and Sports Science, University of the Basque Country, UPV/EHU, 01007 Vitoria-Gasteiz, Spain; jesus.camara@ehu.eus

\* Correspondence: javier.yanci@ehu.eus; Tel.: +34-945-013-529

**Abstract:** The aims of this study were to: (1) analyze table tennis players' physical profiles considering and comparing players age categories (i.e., under (U) 12, U14, U16, U20, Senior and Older); and (2) to quantify the correlations among the variables measured by each test. Seventy-one table tennis players (61 men and 10 women,  $19.7 \pm 11.23$  years,  $1.65 \pm 0.13$  m,  $59.71 \pm 17.72$  kg and  $21.60 \pm 4.22$  kg·m<sup>2</sup>) divided into six age groups, performed a sprint test, forearm isometric strength test, countermovement vertical test, countermovement horizontal test, change of direction ability (CODA) test and flexibility test. U14 players performed better than U12 in all tests (ES = -0.70 to 1.98, moderate to large) except in Sit and Reach (SAR) test (ES = 0.19, trivial). The U16 group also obtained better results than U14 in all tests (ES = 0.77 to -2.31, moderate to large) except for the SAR test (ES = 0.19, trivial). The U20 group performed better than U16 in all the tests (ES = 0.73 to -1.53, moderate to large) except for the 5 m sprint test (ES = -0.02, trivial), 10 m sprint test (ES = -0.51, moderate) and SAR (ES = 0.11, trivial). Differences between Senior and U20 were only found in the arm swing counter movement jump (CMJAS) (ES = -0.82, large) and modified agility test (MAT) (ES = 1.19, large), with the U20 group being better in both variables. The senior group performed better in the MAT test than the older group (ES = 0.94, large). The relation found between forearm isometric strength, vertical jump, horizontal jump, sprint and CODA ability ( $r = -0.53; \pm 0.14, 0/0/100$ , most likely to  $r = 0.83; \pm 0.06, 100/0/0$ , most likely) indicates that these capacities are related in table tennis players. Nevertheless, the lack of association between the sit and reach test with the other capacities may indicate that flexibility is an independent capacity.

**Keywords:** sprint; strength; power; flexibility; indoor; racket sports



**Citation:** Picabea, J.M.; Cámara, J.; Yanci, J. Physical Fitness Profiling of National Category Table Tennis Players: Implication for Health and Performance. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 9362. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179362>

Academic Editors: Corrado Lupo and Paul B. Tchounwou

Received: 14 July 2021

Accepted: 1 September 2021

Published: 4 September 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

#### 1. Introduction

Despite the fact that table tennis is not a majority sport in many countries, about 300 million individuals participate in table tennis [1], of whom at least 40 million are competitive players [2]. As in other sport disciplines [3,4], it is important to know the health status of the athletes, especially in amateur category players who usually cannot count on being monitored by qualified personnel in training sessions and competitions. If health status can be analyzed from different dimensions (physical-physiological, psychological, emotional status) [5], some health benefits have been found in table tennis [6], and an adequate physical condition can be related to better health levels [7] in different age populations. Specifically, the benefits of playing table tennis are related with hand-eye coordination, balance, coordination, brain stimulation and development of cognitive functions, development of body composition, and improving fat distribution [1]. Furthermore, as previous studies mentioned before, children who regularly play table tennis have greater bone development and superior physical fitness (strength, range of movement, and cardiovascular fitness) compared to those who are physically active, while benefits

in muscle strength and neuromotor skills are shown to be maintained in older people [8]. Besides, this sport has been recommended as a tool for increasing physical activity [6].

Table tennis players are required to hit the ball over 30 times per minute during rallies no longer than 4 s, with resting times shorter than 15 s [9], with the ball travelling at high speed ( $>50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), forcing players to respond in milliseconds [8]. Consequently, many table tennis experts have pointed out that motor skills and physical fitness are important traits in table tennis [10]. Concretely, high levels of speed, agility, coordination, reaction time, strength, and flexibility are essential to perform the different techniques correctly [8–11]. In order to study the physical capacities required in different sports, many tests have been used to assess upper and lower body strength, change of direction ability (CODA), flexibility and acceleration, among others [8,11–15]. Specifically, previous studies have analyzed the differences in these capacities in different age groups of table tennis players [8,16,17]. In particular, Pradas et al. [8] found that 10–11-year-old table tennis players performed better in upper limb strength, range of motion of the lower back and cardiovascular fitness than physical active but not engaged in a regular physical activity. Similarly, Faber et al. [16] found that 10-year-old table tennis players performed better in sprint, agility, speed while dribbling and throwing a ball test than 7-year-old table tennis players. In this same vein, Pradas de la Fuente et al. [17] observed a direct correlation between age and vertical jump capacity in the age range from 11 to 18 in table tennis players. Nevertheless, although in other sport disciplines older age range participants have been analyzed [18,19], only one study has been found that analyze differences in an older age range in table tennis players [8]. Concretely, this study determines the differences in anthropometric attributes of table tennis players according to sex, age, and ranking, concluding that higher lean mass in upper limbs was associated with higher ranking position and that ectomorphic profiles seem to be more related to performance, but no physical test was performed [8]. In order to ameliorate physical performance and minimize the risks of injuries, considering the biological changes occurring during maturation, it would be interesting to assess differences in physical tests among a broad range of age groups (i.e., from under 12 to seniors and older) [20].

Even though relationships among different physical capacities have been investigated in other sports [21,22], only two studies have reported this information in table tennis players [10,23]. Specifically, in table tennis, Faber et al. [23] found significant correlations between sprint, agility, and vertical jump tests. Nikolic et al. [10], studied the relationships between physical tests and specific table tennis tests. They found that some motor abilities (i.e., arm coordination, agility, explosive arm power, movement frequency speed, and repetitive leg power) had a positive influence in table tennis tests. However, whilst some studies observed significant correlations amongst physical variables in other sport disciplines, others did not find significant associations among the different tests [20,24–26]. It has been previously stated that age, sport discipline, and competitive level can determine the relationships among physical tests [10,26,27]; nevertheless, more studies are needed to analyze whether different physical capacities are inter-related or are independent from each other in table tennis players.

Therefore, the aims of the present study were to analyze the table tennis players' physical profiles (i.e., handgrip isometric strength, vertical jump, horizontal jump, sprint, CODA, and flexibility) considering the age of the participants and to quantify the relationships among the physical tests. As a hypothesis, considering that previous studies have found significant age differences and significant correlations among sprint, agility, and strength tests, significant age differences in physical fitness profiling and significant correlations among these tests are expected in table tennis players.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Participants

Seventy-one table tennis players (61 men and 10 women,  $19.7 \pm 11.23$  years,  $1.65 \pm 0.13$  m,  $59.71 \pm 17.72$  kg and  $21.60 \pm 4.22 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ) divided into 6 age groups (Table 1) (under 12

(U12) ( $n = 11$ , 9 men and 2 women); under 14 (U14) ( $n = 13$ , 10 men and 3 women); under 16 (U16) ( $n = 11$ , 10 men and 1 woman); under 20 (U20) ( $n = 14$ , 14 men and 0 women); between 20 and 30 years (Senior) ( $n = 12$ , 9 men and 3 women) and older than 30 years (Older) ( $n = 10$ , 9 men and 1 woman) participated in this study. Participants competed in any of the Basque Country (Spain) official categories. Inclusion criteria were as follows: (i) at least two years of competition experience at either the provincial or national level, (ii) training on a weekly basis (between 2 and 3 sessions per week, between 3 and 5 h per week). Exclusion criteria were: (i) players with severe pain or injury in the 6 months before the tests and (ii) taking medications. Written informed consent was obtained from the players and the club prior to the commencement of the study after a detailed written and oral explanation of the potential risks and benefits resulting from their participation. Written informed parental consent and player assent were obtained when players were under 18 years of age. Ethical approval was granted by the Ethics Committee for Research on Humans (CEISH, no. 2080310018-INB0059) of the University of the Basque Country (UPV/EHU) (in accordance with the Declaration of Helsinki 2013).

## 2.2. Procedures

Considering that table tennis requires high levels of speed, agility, strength, and flexibility [8–11], the table tennis players' physical profiles were assessed on the basis of different capacities: isometric strength, vertical and horizontal jump, sprinting, CODA, and flexibility. Two test sessions were carried out during the midseason (i.e., March). On the first testing day, body mass and height were measured along with an assessment of a handgrip isometric strength test (HANDG), vertical countermovement jump with arm swing test (CMJAS), and horizontal countermovement jump with arm swing test (HCMJAS). On the second day, participants performed a 5 m and 10 m sprint test (S5M and S10M), a modified agility test (MAT) and a sit and reach test (SAR). These tests were chosen because they have been previously used in different racket sports [12,14,22,28,29]. Before each testing session a standardized warm-up consisting of 5 min of forehand and backhand topspin rallies was performed.

The tests were performed on an official table tennis court, in the usual training area, in the same time slot (18:00 and 20:00) during the mid-season, when the teams started the second half of the league. In the previous sessions, specific exercises were performed to familiarize the participants with the correct execution of the tests, giving explanations and concrete corrections.

## 2.3. Measures

**Handgrip**—Participants performed a maximum Handgrip test (HANDG), with a portable hydraulic hand dynamometer (5030J1, Jamar<sup>®</sup>, Sammons Preston, Inc., United Kingdom), with their dominant hand in extension and in the vertical axis [30]. The dominant hand was determined as the hand used to hold the table tennis racket [28]. The testing protocol consisted of three maximal isometric contractions for 5 s, with a rest period of 1 min between repetitions. Trials where the isometric contraction was less than 5 s or the arm was not fully extended, were repeated. Peak absolute strength (kg) was considered as the maximum isometric strength [28]. The highest value was considered for further analysis.

**Vertical countermovement jumps with arm swing**—Participants performed three consecutive vertical countermovement jumps with arm swing (CMJAS) interspersed with 45 s rest periods. Subjects had to reach the knee angle of 90° as quickly as possible and jump immediately afterwards [29]. Trials where the landing was not made with the legs fully extended were repeated. The flight time was measured with a platform (Optojump<sup>®</sup>, Microgate Engineering, Bolzano, Italy). The highest flight time value was considered for further analysis.

**Table 1.** Table tennis players' general characteristics depending on the age group and gender (mean  $\pm$  SD).

	U12		U14		U16		U20		Senior		Older	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Age (years)	10.00 $\pm$ 1.22	11.00 $\pm$ 0.00	12.50 $\pm$ 0.53	12.33 $\pm$ 0.58	14.50 $\pm$ 0.53	14.00 $\pm$ 0.00	17.79 $\pm$ 1.12	-	23.78 $\pm$ 2.11	23.33 $\pm$ 3.05	44.89 $\pm$ 9.44	30.00 $\pm$ 0.00
Body Mass (kg)	38.06 $\pm$ 5.36	42.50 $\pm$ 3.54	50.30 $\pm$ 11.42	44.33 $\pm$ 4.04	53.30 $\pm$ 9.06	47.00 $\pm$ 0.00	67.25 $\pm$ 10.97	-	77.44 $\pm$ 9.90	53.50 $\pm$ 6.06	81.56 $\pm$ 17.12	63.00 $\pm$ 0.00
BMI (kg m <sup>-2</sup> )	19.10 $\pm$ 2.11	16.96 $\pm$ 3.02	18.87 $\pm$ 2.72	19.40 $\pm$ 2.33	19.48 $\pm$ 2.07	18.36 $\pm$ 0.00	22.30 $\pm$ 3.04	-	25.45 $\pm$ 3.44	20.26 $\pm$ 1.46	27.07 $\pm$ 5.09	21.78 $\pm$ 0.00
Body Height (m)	1.41 $\pm$ 0.08	1.59 $\pm$ 0.84	1.63 $\pm$ 0.07	1.51 $\pm$ 0.03	1.65 $\pm$ 0.10	1.60 $\pm$ 0.00	1.73 $\pm$ 0.07	-	1.75 $\pm$ 0.07	1.62 $\pm$ 0.05	1.73 $\pm$ 0.05	1.70 $\pm$ 0.00

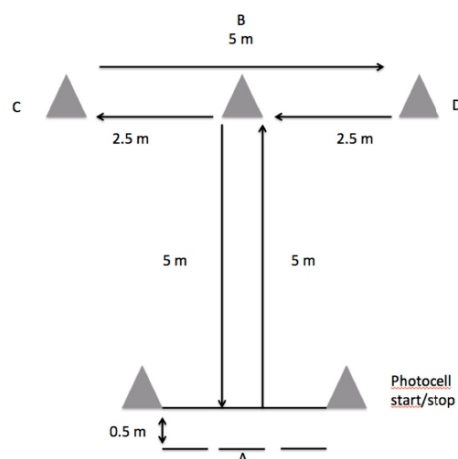
SD = standard deviation; M = male; F = female; BMI = body Mass Index; U12 = under 12 years old; U14 = under 14 years old; U16 = under 16 years old; U20 = under 20 years old; Senior = Between 20 and 30 years old; Older = older than 30 years old.



Horizontal countermovement jumps with arm swing—Participants performed three horizontal countermovement jumps with arm swing (HCMJAS) interspersed with 45 s rest periods [14,22,29]. Jump distance was calculated measuring the distance from the starting line to the landing point at heel contact [14] with a measuring tape. Trials where the heel moved from the landing point were repeated. The best value was used for further analysis.

The 5 m and 10 m sprints—Each participant performed three sprints of 10 m, with 1 min rest between trials [29]. Speeds were measured with two sets of three electronic photocells (Microgate® Polifemo Radio Light, Bolzano, Italy), positioned 5 m (S5M) and 10 m (S10M) from the start line. Participants started from a stationary position, 0.5 m behind the start line [31]. Time was automatically activated as each participant passed the first gate at the 0 m mark and split times were recorded at 5 m (S5M) and 10 m (S10M). Trials where split times were not recorded were repeated. The best S5M and S10M were selected for further analysis.

Modified agility test—The modified agility test (MAT) was used to assess CODA ability [32]. Total distance of the test was 20 m. The participants' movements during the MAT were as follows (Figure 1): (i) A-B movements (5 m): Participants sprinted forward to cone B and touched the top of it with the right hand; (ii) B-C movements (2.5 m): Moving laterally without crossing the feet, participants ran to cone C and touched its top with the left hand; (iii) C-D movements (5 m): Participants ran laterally to cone D and touched its top with the right hand; (iv) D-B movements (2.5 m): Participants moved back to cone B and touched its top with the left hand; (v) B-A movements (5 m): Participants ran backwards to line A. Trials where participants crossed their feet during B-C, C-D, and D-B movements, failed to touch the top of the cone, and/or failed to face forward throughout the tasks, were repeated. Each participant performed three trials interspersed with a 2 min rest period. One photocell gate was used to record the running time (Microgate® Polifemo Radio Light, Bolzano, Italy). The best value was selected for further analysis.



**Figure 1.** Modified agility test (MAT) test design.

Sit and reach (SAR) test—Each participant was asked to sit on the ground floor, with their bare feet placed vertically against a box. They had to lean forward with their arms and knees straight as far as possible and maintain that final position for 5 s [8,13,33]. Trials where the maintained position was less than 5 s or the knees were not fully extended, were repeated. Participants performed three trials interspersed with a 30 s rest period. The best value was considered for further analysis.



#### 2.4. Statistical Analyses

The results are presented as means  $\pm$  standard deviation (SD). All the variables presented a normal distribution according to the Kolmogorov–Smirnov test. Coefficients of variation (CV) of all the variables were calculated to determine the stability of the trials [ $CV = (SD/\text{mean}) \times 100$ ] [34]. One way ANOVA with the Bonferroni post hoc test was used to determine the differences among the different age groups. Effect size (ES) was calculated taking into account that the use of the  $p$  value alone provides no information about the size or direction of the effect or the range of feasible values [35]. The ES was calculated using the method proposed by Cohen [36]. Effects sizes lower than 0.2, between 0.2 and 0.49, between 0.5 and 0.79 and equal to or higher than 0.8 were considered trivial, small, moderate and high, respectively. A threshold value of 0.2 between-group standard deviation was set as the smallest worthwhile change and inference was then based on the disposition of the confidence interval for the mean difference to the smallest worthwhile effect; the probability (percent chances) that the true difference between groups is substantial or trivial was calculated using the magnitude-based inference approach. These percent chances were then qualified via probabilistic terms and assigned using the following scale: 25–74.9%, possibly; 75–94.9%, likely; 95–99.5%, very likely;  $\leq 99.5\%$ , most likely [35]. Pearson’s product-moment correlation coefficients ( $r$ ) were used to determine the relationships between the different variables and 90% confidence limits (CL) were also calculated. The magnitude of correlation between tests were assessed with the following thresholds:  $<0.1$ , trivial;  $= 0.1$ – $0.29$ , small;  $<0.3$ – $0.49$ , moderate;  $<0.5$ – $0.69$ , large;  $<0.7$ – $0.89$ , very large; and  $<0.9$ – $1.0$ , almost perfect [33]. The statistical analysis was carried out using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS Inc., version 23.0, Chicago, IL, USA). The upper limit for statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

### 3. Results

Handgrip isometric strength, vertical and horizontal jump performance, sprint, CODA and flexibility results of all the table tennis players are shown in Table 2. Except for the SAR test ( $CV = -22.71\%$ ), all the tests among repetitions CV were lower than 6.51%.

**Table 2.** Handgrip isometric strength, vertical jump, horizontal jump, sprint, change of direction ability, and flexibility results of all the table tennis players.

	Min.	Max.	Mean $\pm$ SD	CV
Isometric strength				
HANDG (kg)	14.50	56.20	33.66 $\pm$ 11.74	6.51
Jump performance				
CMJAS (cm)	17.30	48.70	32.85 $\pm$ 7.73	5.56
HCMJAS (m)	1.30	2.40	1.92 $\pm$ 0.31	5.59
Sprint capacity				
S5M (s)	0.90	1.30	1.10 $\pm$ 0.09	3.48
S10M (s)	1.60	2.40	1.93 $\pm$ 0.16	2.68
Change of direction ability				
MAT (s)	5.40	9.20	6.72 $\pm$ 0.92	2.54
Flexibility				
SAR (cm)	-12.00	17.00	2.31 $\pm$ 7.91	-22.71

HANDG = handgrip isometric strength; CMJAS = vertical countermovement jump with arm swing; HCMJAS = horizontal countermovement jump with arm swing; S5M = 5 m sprint; S10M = 10 m sprint; MAT = modified agility test; SAR = sit and reach flexibility test; Min. = minimum value; Max. = maximum value; SD = standard deviation; CV = coefficient of variation.

Table 3 shows the results obtained in the different tests for each group considering the table tennis players’ ages (i.e., U12, U14, U16, U20, Senior, and Older) and the differences among groups. Except for the senior and older groups, groups of a higher age presented better results than groups of a lower age such as shown by the U14 in comparison with U12 in all tests ( $ES = -0.70$  to  $1.98$ , moderate to large) except in SAR ( $ES = 0.19$ , trivial). The U16 group also obtained better results than U14 in all tests ( $ES = 0.77$  to  $-2.31$ , moderate to

large) except in SAR (ES = 0.19, trivial). The U20 group performed better than U16 in all the tests (ES = 0.73 to −1.53, moderate to large) except in the 5 m sprint test (ES = −0.02, trivial), 10 m sprint test (ES = −0.51, moderate) and SAR (ES = 0.11, trivial). Differences between the senior and U20 group were only found in CMJAS (ES = −0.82, large) and MAT (ES = 1.19, large), with the U20 group being better in both variables. The senior group performed better (ES = 0.94, large) in the MAT test than the older group.

**Table 3.** Handgrip isometric strength, vertical jump, horizontal jump, sprint, change of direction ability, and flexibility results by age group.

Variables	U12	U14 (ES U12-14)	U16 (ES U14-16)	U20 (ES U16-20)	Senior (ES U20-Senior)	Older (ES Senior-Older)
HANDG (kg)	17.82 ± 3.13	25.92 ± 4.07 (1.98)	34.95 ± 11.74 (0.77)	39.95 ± 6.38 (0.78)	42.25 ± 9.76 (0.23)	43.34 ± 6.68 (0.16)
CMJAS (cm)	22.84 ± 4.27	28.40 ± 6.57 (0.85)	36.32 ± 5.16 (1.54) ( <i>p</i> = 0.02) *	39.55 ± 4.44 (0.73)	35.61 ± 4.78 (−0.82)	34.16 ± 7.76 (−0.19)
HCMJAS (m)	1.49 ± 0.22	1.72 ± 0.28 (0.82)	2.01 ± 0.22 (1.34) ( <i>p</i> = 0.02) *	2.15 ± 0.10 (1.37)	2.09 ± 0.14 (−0.40)	2.01 ± 0.28 (−0.30)
S5M (s)	1.21 ± 0.07	1.13 ± 0.08 (−0.90)	1.04 ± 0.05 (−1.75)	1.04 ± 0.04 (−0.02)	1.05 ± 0.08 (0.15)	1.11 ± 0.10(0.56)
S10M (s)	2.11 ± 0.15	2.01 ± 0.14 (−0.70)	1.85 ± 0.07 (−2.31) ( <i>p</i> = 0.04) *	1.81 ± 0.07 (−0.51)	1.83 ± 0.12 (0.19)	1.94 ± 0.16 (0.62)
MAT (s)	7.74 ± 0.77	7.11 ± 0.82 (−0.77)	6.31 ± 0.67 (−1.17)	5.86 ± 0.29 (−1.56)	6.26 ± 0.33 (1.19)	7.16 ± 0.96 (0.94)
SAR (cm)	2.00 ± 4.76	2.42 ± 8.72 (0.05)	3.9 ± 7.78 (0.19)	4.82 ± 8.36 (0.11)	1.55 ± 8.31 (−0.39)	−1.33 ± 9.50 (−0.30)

HANDG = handgrip isometric strength; CMJAS = vertical countermovement jump with arm swing; HCMJAS = horizontal countermovement jump with arm swing; S5M = 5 m sprint; S10M = 10 m sprint; MAT = modified agility test; SAR = flexibility sit and reach test; U12 = Under 12 years old; U14 = under 14 years old; U16 = under 16 years old; U20 = under 20 years old; Senior = between 20 and 30 years old; Older = older than 30 years old; ES = effect size. Significant differences (\* *p* < 0.05) among groups.

Correlation coefficients were analyzed among the different tests (Table 4). SAR test did not show significant correlations with any test. Nevertheless, except between HANDG and S5M, in all tests (i.e., isometric strength, vertical and horizontal jump, S10M and CODA) significant most likely correlations were found (*r* = −0.53; ±0.14 CL to 0.87; ±0.05 CL, moderate to large).

**Table 4.** Correlation analysis (*r*; ±90% CL) among handgrip isometric strength, vertical jump, horizontal jump, sprint, change of direction ability, and flexibility tests for all the table tennis players

	HANDG	CMJAS	HCMJAS	S5M	S10M	MAT	SAR
HANDG	-	0.64; ±0.12 ** 100/0/0 most likely	0.76; ±0.09 **	NS	−0.53; ±0.14 ** 0/0/100 most likely	−0.54; ±0.14 ** 0/0/100 most likely	−0.07 ± 0.2 8.0/51.8/40.2 possibly
CMJAS		-	0.83; ±0.06 ** 100/0/0 most likely	−0.71; ±0.10 ** 0/0/100 most likely	−0.74; ±0.09 ** 0/0/100 most likely	−0.63; ±0.12 ** 0/0/100 most likely	0.03 ± 0.22 8.1/57.8/14.1 possibly
HCMJAS			-	−0.71; ±0.10 ** 0/0/100 most likely	−0.71; ±0.10 ** 0/0/100 most likely	−0.79; ±0.08 ** 0/0/100 most likely	0.08 ± 0.2 43.4/49.8/6.8 possibly
S5M				-	0.87; ±0.05** 100/0/0 most likely	0.73; ±0.09 ** 100/0/0 most likely	−0.09 ± 0.2 5.8/47.5/46.7 possibly
S10M					-	0.72; ±0.10 ** 100/0/0 most likely	−0.09 ± 0.2 5.8/47.5/46.7 possibly
MAT						-	−0.17 ± 0.19 1.2/26.6/72.2 possibly
SAR							-

HANDG = handgrip isometric strength; CMJAS = vertical countermovement jump with arm swing; HCMJAS = horizontal jump with arm swing; S5M = 5 m sprint; S10M = 10 m sprint; MAT = modified agility test; SAR = flexibility sit and reach test; CL = Confidence limits. Significant correlation (\*\* *p* < 0.01) between variables.

#### 4. Discussion

The purposes of this study were to analyze the table tennis players' physical profile (i.e., handgrip isometric strength, vertical jump, horizontal jump, sprint, CODA, and flexibility) considering the age of the participants and to analyze the relationships among different physical capacities. Even though previous studies have analyzed the physical profile of table tennis players [16,17,28,37,38] the strength of this study lies in the assessment of a broader age range, because only a few of the aforementioned studies have considered a large age range. This novel approach allowed us to identify the differences on each of the capacities analyzed by this study in each of the age groups considered. The results of this study show that the U20 group performed significantly better than the other groups in every test, except for the SAR test. Moreover, moderate to high correlations were observed among the results obtained in the tests, except for the SAR test.

Table tennis is characterized by intermittent movement patterns that need a high level of strength, power, speed, and agility [9,10,39]. Regarding physical tests, the results of this study show a similar performance in the HANDG test compared to Spanish table tennis men players aged between 10–13 years and Korean table tennis players in the U20 category [8,28,40], but a higher performance than women participants between 20–25 years observed in previous studies in corresponding age groups (23% higher for the latter) [41]. On the contrary, the results of the present study show a lower performance (i.e., 12%) in the HANDG test than that observed in badminton players [42] and Turkish table tennis practitioners in the U12 category (i.e., 44%) [43]. In the same way, the results obtained in the CMJAS were also lower (i.e., 15%) than those previously observed in both women and men aged between 7 and 17 [17]. Nevertheless, Pradas de la Fuente et al. [37], Pullinger et al. [44], and Taş [43] got different results, showing different trends. Pradas de la Fuente et al. [37] observed a lower performance (i.e., 23%) in a previous study in the U12 category, but Pullinger et al. [44] and Taş [43] observed similar results in the U12 and U14 categories of table tennis players. As regards the HCMJAS, the table tennis players in the present study performed better than Korean table tennis players [40], had similar results comparing with U12 table tennis players [43] and U14 table tennis and tennis players [20,44], but worse than junior tennis players from the USA, in corresponding age groups [14]. The S5M and S10M results were similar to those observed in U14 table tennis [44] and tennis players, in corresponding age groups [20]. The results observed in the MAT tests were also better than those previously observed in university students, in corresponding age groups [32]. Nevertheless, participants in the present study performed worse than Korean table tennis players aged between 20 and 25 years [41]. The results observed in the SAR test were lower than previously observed in table tennis players, in corresponding age groups [8,40,43]. Differences in the results in the physical tests between studies might be due, in part, to the comparison of performance between different categories. Moreover, the different age ranges, when applied, in addition to the different moments of the season, the different loads and types of training in each study could have affected the results. For this reason, it could be interesting in future studies to analyze the physical condition of different racket sports players of similar age, competitive level, and moment of the season. Furthermore, future longitudinal studies are needed to observe the evolution of fitness status from young to older stages and determine whether the adherence to table tennis in childhood could lead to a healthier adulthood.

The results of the present study show that the results from the HANDG test increased according to age. These results coincide with previous studies where an increase in physical fitness was observed along with age, until a peak depending on the gender (i.e., age of 30 years for men and 50 years for women) [45,46]. Nevertheless, an increase in the vertical and horizontal jump, sprint capacity and CODA performance was observed until the age of 20. Thereafter, decreases in the previous parameters were evident [45,47]. Pradas de la Fuente et al. [17] showed similar results in vertical jump performance where significant differences were found in under 11 to junior (17 years old) table tennis players, the oldest ones being those who got better results comparing with the younger group.

Previous studies have also found a direct correlation between jump performance and age, from 12 until 22 years of age [20,24,32] and from 12 to 18 years of age in the HANDG, CMJAS, and S10M tests [48]. Given the on-going deterioration from the age of 20 in vertical and horizontal jump, sprint capacity, and CODA, future studies should address whether specific strength, CODA, and acceleration training programs could delay the decrease in these abilities. Nevertheless, the maturity status of the players was not measured and these results were obtained without gender division. These aspects could have affected the obtained results in the different age groups. Future studies are therefore needed to consider the maturity status and the gender difference.

We observed a significant correlation ( $r = -0.53; \pm 0.14$  CL to  $0.87; \pm 0.05$  CL, moderate to large, most likely) among the measured parameters (i.e., isometric strength, vertical and horizontal jump, sprint, and CODA), except for the SAR test. These results coincide with those obtained in previous studies where significant correlations between jump (horizontal and vertical) and sprint capacity in athletes from different sport disciplines such as handball, tennis, basketball or soccer [20,21,26,46–52] were observed. Besides, in a previous study [20] significant correlations between S5M and S10M and between CMJAS and sprint capacity (S5M and S10M) were reported in U14 tennis players. Similarly, previous studies [20,21,26,53,54] have reported significant correlations between CMJAS and HCMJAS in various sport disciplines (i.e., tennis, basketball, swimming), and other populations (i.e., physically active subjects, physical education students, healthy subjects) and age ranges (i.e., U12 and U20 years of age). As regards the HANDG, as we did, other researchers found significant correlations between this capacity with jump and sprint capacities [20,53]. Besides this, correlations between MAT with jump and sprint capacity have been reported by some researchers in different sport disciplines (i.e., soccer, tennis, swimming, basketball...) in some age groups (U12 to Senior) [27,32,50,55]. The results obtained in this study have shown the association between forearm isometric strength, vertical jump, horizontal jump, sprint capacity and CODA in table tennis players of different ages. The lack of a significant relationship between flexibility and other capacities suggests that flexibility is an independent capacity in this population as has been previously observed [25].

The present study is not without limitations. The main limitations of the study were that the maturation status of the participants was not measured, therefore it could affect the results of the study. Besides, no table tennis analyzing correlations among physical tests studies were found, making it difficult to compare the obtained results. Besides, the sample was also too small to give reference values in each age category. In the same vein, the obtained results have been shown without gender division, considering only the age of the participants. Despite, since women's participation is low in each group, the results could have been affected due to gender differences. Additionally, the sample taken for women is significantly lower than in the case of men. Regarding correlations, the obtained results should be taken with caution because they may be influenced by the fact that some tests measure related capacities. Therefore, future studies should analyze the aforementioned variables with homogeneous groups divided by gender and with a larger sample, considering the maturation status.

The current results have several practical applications such as quantifying age-related changes in different physical capacities in table tennis players. This information could help in adapting training sessions, determining any health-related need in case any value is below average, or predicting future performance [13]. Concretely, in relation to performance, information about how players respond to particular tests assists coaches and physical trainers in setting benchmarks and developing effective training drills accordingly. Moreover, this information could be used for talent identification. On the other hand, in relation to health status, table tennis seems to be a useful tool to maintain adequate levels of different physical capacities. However, the particularities of this sport would require the use of adapted tests.



## 5. Conclusions

Forearm isometric strength improves with age. Nevertheless, jump, sprint, and CODA ability improve until 20 years of age and thereafter deteriorate (i.e., Senior and Older). Moreover, the relationship observed among forearm isometric strength, vertical jump, horizontal jump, sprint, and CODA ability suggests that these capacities are interrelated in table tennis players. Nevertheless, the lack of association between the sit and reach test with other capacities may indicate that flexibility is an independent capacity. These results show age-related changes in different physical tests, providing novel data about the fitness status of table tennis players, and they may open a window for future interventions using table tennis as a health promotion tool in different age groups. Furthermore, these findings could be useful for coaches in order to adapt training loads considering the players' ages and biological changes occurring during maturation.

**Author Contributions:** Conceptualization, J.M.P. and J.Y.; Methodology, J.M.P.; Software, J.M.P. and J.Y.; Formal analysis, J.M.P., J.C., and J.Y.; Investigation, J.M.P.; Data curation, J.M.P. and J.C.; Writing—original draft preparation, J.M.P.; Writing—review and editing, J.M.P., J.C., and J.Y.; Visualization, J.M.P.; Supervision, J.M.P. and J.Y.; Project administration, J.Y. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board (or Ethics Committee) of The University of the Basque Country.

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Acknowledgments:** The authors would like to thank the table tennis players from the Gasteiz, Leka Enea, and Gailak Table Tennis Clubs and the collaboration of their Presidents. The authors gratefully acknowledge the support of the Spanish government subproject Integration ways between qualitative and quantitative data, multiple case development, and synthesis review as the main axis for an innovative future in physical activity and sport research [PGC2018-098742-B-C31] (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i), that is part of the coordinated project New approach to research in physical activity and sport from a mixed methods perspective (NARPAS\_MM) [SPGC201800X098742CV0].

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Bańkosz, Z.; Winiarski, S.; Lanzoni, I.M. Gender differences in kinematic parameters of topspin forehand and backhand in table tennis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 5742. [[CrossRef](#)]
2. He, Y.; Lyu, X.; Sun, D.; Baker, J.S.; Gu, Y. The kinematic analysis of the lower limb during topspin forehand loop between different level table tennis athletes. *PeerJ* **2021**, *9*, e10841. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Almulla, J.; Takiddin, A.; Househ, M. The use of technology in tracking soccer players' health performance: A scoping review. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* **2020**, *20*, 1–10. [[CrossRef](#)]
4. Trajković, N.; Sporiš, G.; Krističević, T.; Bogataj, Š. Effects of small-sided recreational volleyball on health markers and physical fitness in middle-aged men. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 3021. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. McCuaig, L.; Quennerstedt, M. Health by stealth—exploring the sociocultural dimensions of salutogenesis for sport, health and physical education research. *Sport. Educ. Soc.* **2018**, *23*, 111–122. [[CrossRef](#)]
6. Biernat, E.; Buchholtz, S.; Krzepota, J. Eye on the ball: Table tennis as a pro-health form of leisure-time physical activity. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 738. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Wang, J.; Geng, L. Effects of socioeconomic status on physical and psychological health: Lifestyle as a mediator. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 281. [[CrossRef](#)]
8. Pradas, F.; Ara, I.; Toro, V.; Courel-Ibáñez, J. Benefits of regular table tennis practice in body composition and physical fitness compared to physically active children aged 10–11 years. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 2854. [[CrossRef](#)]
9. Zagatto, A.M.; Morel, E.A.; Gobatto, C.A. Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *J. Strength Cond. Res.* **2010**, *24*, 942–949. [[CrossRef](#)]
10. Nikolic, I.; Furjan-Mandic, G.; Kondric, M. The relationship of morphology and motor abilities to specific table tennis tasks in youngsters. *Coll. Antropol.* **2014**, *38*, 241–245.

11. Melero, C.; Pradas de la Fuente, F.; Vargas, C. Control biomédico del entrenamiento en tenis de mesa. Ejemplo de test de campo. *Apunt. Educ. Fis. Deport.* **2005**, *81*, 67–76.
12. Campos, F.A.D.; Daros, L.B.; Mastrascusa, V.; Dourado, A.C.; Stanganelli, L.C.R. Anthropometric profile and motor performance of junior Badminton players. *Braz. J. Biomotricity* **2009**, *3*, 146–151.
13. Güçlüöver, A.; Demirkan, E.; Kutlu, M.; Cigerci, A.E.; Esen, H.T. The comparison of some physical and physiological features of elite youth national and amateur badminton players. *Nigde Univ. J. Phys. Educ. Sport Sci.* **2012**, *6*, 244–250.
14. Kovacs, M.S.; Pritchett, R.; Wickwire, P.J.; Green, J.M.; Bishop, P. Physical performance changes after unsupervised training during the autumn/spring semester break in competitive tennis players. *Br. J. Sports Med.* **2007**, *41*, 705–710. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Parsons, L.S.; Jones, M.T. Development of Speed, Agility, and Quickness for Tennis Athletes. *Strength Cond. J.* **1998**, *20*, 14–19. [[CrossRef](#)]
16. Faber, I.R.; Elferink-Gemser, M.T.; Faber, N.R.; Oosterveld, F.G.J.; Nijhuis-Van Der Sanden, M.W.G. Can perceptuo-motor skills assessment outcomes in young table tennis players (7–11 years) predict future competition participation and performance? An observational prospective study. *PLoS ONE* **2016**, *11*, 593–601. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Pradas de la Fuente, F.; Castellar, C.; Ochiara, N. Analysis of explosive and elastic-explosive strength of lower limbs in Spanish young top-level table tennis players. *Gymnasium* **2013**, *14*, 21–28.
18. Nikolaidis, P.T. Age-Related Differences of Hamstring Flexibility in Male Soccer Players. *Balt. J. Heal. Phys. Act.* **2012**, *4*, 110–115. [[CrossRef](#)]
19. Nikolaidis, P.T. Age-related Differences in Countermovement Vertical Jump in Soccer Players 8–31 Years Old: The Role of Fat-free Mass. *Am. J. Sport Sci. Med.* **2014**, *2*, 60–64. [[CrossRef](#)]
20. Girard, O.; Millet, G.P. Physical determinants of tennis performance in competitive teenage players. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 1867–1872. [[CrossRef](#)]
21. Marques, M.C.; Gil, H.; Ramos, R.J.; Costa, A.M.; Marinho, D.A. Relationships Between Vertical Jump Strength Metrics and 5 Meters Sprint Time. *J. Hum. Kinet.* **2011**, *29*, 115–122. [[CrossRef](#)]
22. Maulder, P.; Cronin, J. Horizontal and vertical jump assessment: Reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Phys. Ther. Sport* **2005**, *6*, 74–82. [[CrossRef](#)]
23. Faber, I.; Nijhuis-Van Der Sanden, M.W.; Elferink-Gemser, M.T.; Oosterveld, F.G. The Dutch motor skills assessment as tool for talent development in table tennis: A reproducibility and validity study. *J. Sport Sci.* **2015**, *33*, 1149–1158. [[CrossRef](#)]
24. Munivrana, G.; Filipčić, A.; Filipčić, T. Relationship of Speed, Agility, Neuromuscular Power, and Selected Anthropometrical Variables and Performance Results of Male and Female Junior Tennis Players. *Coll. Antropol.* **2015**, *39* (Suppl. 1), 109–116. [[PubMed](#)]
25. Nikolaidis, P.T.; Dellal, A.; Torres-Luque, G.; Ingebrigtsen, J. Determinants of acceleration and maximum speed phase of repeated sprint ability in soccer players: A cross-sectional study. *Sci. Sport* **2015**, *30*, e7–e16. [[CrossRef](#)]
26. Salaj, S.; Markovic, G. Specificity of jumping, sprinting, and quick change of direction motor abilities. *J. Strength Cond. Res.* **2011**, *25*, 1249–1255. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. McFarland, I.; Dawes, J.; Elder, C.; Lockie, R. Relationship of Two Vertical Jumping Tests to Sprint and Change of Direction Speed among Male and Female Collegiate Soccer Players. *Sports* **2016**, *4*, 11. [[CrossRef](#)]
28. Carrasco, L.; Pradas, F.; Floría, P.; Martínez, A.; Herrero, R.; Gonzalez Jurado, J.A. Grip Strength in Young Top-level Table Tennis Players. *Int. J. Table Tennis Sci.* **2010**, *6*, 64–67.
29. Sánchez-Pay, A.; Torres-Luque, G.; Palao, J.M. Revisión y análisis de los test físicos empleados en tenis. *Eur. J. Hum. Mov.* **2011**, *26*, 105–122.
30. Yanci, J.; Granados, C.; Otero, M.; Badiola, A.; Olasagasti, J.; Bidaurrezaga-Letona, I.; Iturrizastillo, A.; Gil, S.M. Sprint, agility, strength and endurance capacity in wheelchair basketball players. *Biol. Sport* **2015**, *32*, 71–78. [[CrossRef](#)]
31. Los Arcos, A.; Yanci, J.; Mendiguchia, J.; Gorostiaga, E.M. Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.* **2014**, *28*, 3280–3288. [[CrossRef](#)]
32. Sassi, R.H.; Dardouri, W.; Yahmed, M.H.; Gmada, N.; Mahfoudhi, M.E.; Gharbi, Z. Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 1644–1651. [[CrossRef](#)]
33. Wadhwa, G.; Garg, C. Comparison of SIT and Reach Test, Back Saver SIT and Reach Test and Chair SIT and Reach Test for Measurement of Hamstring Flexibility in Female Graduate and Undergraduate Physiotherapy Students. *Indian J. Physiother. Occup. Ther.* **2015**, *8*, 230–234. [[CrossRef](#)]
34. Atkinson, G.; Nevill, A.M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* **1998**, *26*, 217–238. [[CrossRef](#)]
35. Hopkins, W.G.; Marshall, S.W.; Batterham, A.M.; Hanin, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2009**, *41*, 3–12. [[CrossRef](#)]
36. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; N.L.E. Associates, Ed.; Routledge: Hillsdale, MI, USA, 1988; ISBN 0805802835.
37. Pradas, F.; Carrasco, L.; Floría, P. Muscular Power of Leg Extensor Muscles in Young Top-level Table Tennis Players. *Int. J. Table Tennis Sci.* **2010**, *6*, 178–181.
38. Pradas, F.; de la Torre, A.; Carrasco, L.; Muñoz, D.; Courel-Ibáñez, J.; González-Jurado, J.A. Anthropometric profiles in table tennis players: Analysis of sex, age, and ranking. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 876. [[CrossRef](#)]

39. Zagatto, A.M.; Kondric, M.; Knechtle, B.; Nikolaidis, P.T.; Sperlich, B. Energetic demand and physical conditioning of table tennis players. A study review. *J. Sports Sci.* **2017**, *36*, 724–731. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Lee, E.-J.; So, W.-Y.; Youn, H.S.; Kim, J. Effects of School-Based Physical Activity Programs on Health-Related Physical Fitness of Korean Adolescents: A Preliminary Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 2976. [[CrossRef](#)]
41. Kim, Y.Y.; Kim, S.H. The Analysis of Physical Fitness and Performance Level Depending on Play Style in Female Table Tennis Players. *Korean J. Sport Med.* **2013**, *31*, 92–98. [[CrossRef](#)]
42. Abián-Vicén, J.; Del Coso, J.; González-Millán, C.; Salinero, J.J.; Abián, P. Analysis of Dehydration and Strength in Elite Badminton Players. *PLoS ONE* **2012**, *7*, e37821. [[CrossRef](#)]
43. Taş, M. Effect of table tennis trainings on biomotor capacities in boys. *US-China Educ. Rev. B.* **2017**, *7*, 54–63. [[CrossRef](#)]
44. Pullinger, S.A.; Varamenti, E.; Nikolovski, Z.; Elgingo, M.; Cardinale, M. Seasonal changes in performance related characteristics and biochemical marker variability of adolescent table tennis players. *Asian J. Sports Med.* **2019**, *10*, 1–10. [[CrossRef](#)]
45. Puh, U. Age-related and sex-related differences in hand and pinch grip strength in adults. *Int. J. Rehabil. Res.* **2010**, *33*, 4–11. [[CrossRef](#)]
46. Vianna, L.C.; Oliveira, R.B.; Araújo, C.S. Age-Related Decline in Handgrip Strength Differs According to Gender. *J. Strength Cond. Res.* **2007**, *21*, 1310–1314. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Temfemo, A.; Hugues, J.; Chardon, K.; Mandengue, S.H.; Ahmaidi, S. Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *Eur. J. Pediatr.* **2009**, *168*, 457–464. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Fernandez-Fernandez, J.; Ulbricht, A.; Ferrauti, A. Fitness testing of tennis players: How valuable is it? *Br. J. Sports Med.* **2014**, *48*, 1–12. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
49. Chaouachi, A.; Brughelli, M.; Levin, G.; Boudhina, N.B.B.; Cronin, J.; Chamari, K. Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *J. Sports Sci.* **2009**, *27*, 151–157. [[CrossRef](#)]
50. Peterson, M.D.; Alvar, B.A.; Rhea, M.R. The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *J. Strength Cond. Res.* **2006**, *20*, 867–873. [[CrossRef](#)]
51. Vaquera, A.; Rodríguez, J.; Hernández, J.; Seco, J. Comparativa entre la fuerza explosiva del tren inferior y la velocidad en jugadores profesionales de baloncesto. In Proceedings of the II Congreso Ibérico de Baloncesto, Cáceres, Spain, 27–29 November 2003.
52. Tasmektepligil, M.Y.; Arslan, O.; Ermis, E. The evaluation of anaerobic power values and sprint performances of football players playing in different positions. *Anthropologist* **2016**, *23*, 497–504. [[CrossRef](#)]
53. Castro-Pinero, J.; Ortega, F.B.; Artero, E.G.; Girela-Rejon, M.J.; Mora, J.; Sjostrom, M.; Ruiz, J.R. Assessing muscular strength in youth: Usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *J. Strength Cond. Res.* **2010**, *24*, 1810–1817. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. Markovic, G.; Dizdar, D.; Jukic, I.; Cardinale, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J. Strength Cond. Res.* **2004**, *18*, 551–555. [[PubMed](#)]
55. Paulole, K.; Madole, K.; Garhammer, J.; Lacourse, M.; Rozenek, R. Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *J. Strength Cond. Res.* **2000**, *14*, 443–450.

### 3.4. LAUGARREN ARTIKULUA



## Comparison of Heart Rate Variability Before and After a Table Tennis Match

by

Jon Mikel Picabea<sup>1</sup>, Jesús Cámara<sup>2</sup>, Fabio Yuzo Nakamura<sup>2</sup>, Javier Yanci<sup>2</sup>

*The aim of this study was to compare heart rate variability indices before and after a table tennis match. Sixteen males ( $21.86 \pm 8.34$  yr,  $1.73 \pm 0.08$  m,  $64.09 \pm 13.39$  kg and  $21.46 \pm 4.38$  kg·m<sup>-2</sup>) were evaluated in 21 matches, before and after the match. We observed that in time domain analysis, Mean RR, SDNN, LnRMSSD and pNN50 after match values were significantly lower than before match values ( $p < 0.01$  or  $p < 0.05$ ), while Mean HR, Min HR and Max HR values were higher ( $p < 0.01$ ) after than before the match, with no significant differences ( $p > 0.05$ ) in STD HR. Meanwhile, frequency domain analysis showed LF Power (log), HF Power (log) and HF Power (in normalized units) after match values significantly lower than before match values ( $p < 0.01$  or  $p < 0.05$ ), while LF/HF value was higher after the match ( $p < 0.01$ ), with no significant differences ( $p > 0.05$ ) in LF Power (ms<sup>2</sup>), LF Power (in normalized units) and HF Power (ms<sup>2</sup>) values. Non-linear analysis showed SD1 and SD2 POST values significantly lower than PRE values ( $p < 0.05$ ), while no significant differences were observed in SD2/SD1 value between POST and PRE analysis. As conclusion, due to the physiological strain of the table tennis match, changes were observed in heart rate variability values, suggesting an increase of sympathetic influence and a reduction of the parasympathetic influence.*

**Key words:** competition, table tennis, fatigue, autonomous nervous system, stress.

### Introduction

Table tennis is a racquet sport that requires repeated powerful efforts followed by short rest intervals (Katsikadelis et al., 2014; Zagatto et al., 2008, 2010). During competition, table tennis players need to perform movements with a high component of muscle power, velocity, force and agility (Zagatto et al., 2010). At the same time, table tennis requires a broad repertoire of movements from players who need to select the correct stroke as fast as possible, adapting to the continuously changing conditions (Faber et al., 2016; Katsikadelis et al., 2014). With regard to the physiological demands, table tennis is considered a sport where both aerobic and anaerobic systems are taxed throughout the matches (Zagatto et al., 2010). On the one hand, the aerobic system is the principal energy contributor during matches,

enabling recovery to the next rally. On the other hand, due to the repeated high-intensity bouts during matches, the anaerobic system is also highly present (Zagatto et al., 2008, 2010), making the planning of the training process complicated because of its complex physiological demands (Katsikadelis et al., 2014). In addition, table tennis is characterized by periods of rest between points and rallies, where the aerobic metabolism enables rapid recovery, because of the relatively long pause times in a match between points (about 8 s in relation to 3-4 s of effort) (Kondrič et al., 2013).

Not only the physiological stress, but also the psychological stress generated by tactical aspects of playing each point and the constant analysis of the game that occurs during the rest periods between points of the match have been shown to affect performance (Abenza et al., 2016).

<sup>1</sup> - Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country, UPV/EHU, Lasarte, 71, 01007. Vitoria-Gasteiz, Spain.

<sup>2</sup> - Society, Sports and Physical Exercise Research Group (GIKAFIT), Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country, UPV/EHU, Lasarte, 71, 01007. Vitoria-Gasteiz, Spain.

<sup>3</sup> - Associate Graduate Program in Physical Education UIPE/UFPB, João Pessoa, Paraíba, Brazil.

Authors submitted their contribution to the article to the editorial board.

Accepted for printing in the Journal of Human Kinetics vol. 77/2021 in January 2021.



Occasionally, in other individual and team sports, the influence of the competitive stress on the autonomic nervous system (ANS) has been analysed by means of the heart rate variability (HRV) (Bricout et al., 2010; Cervantes et al., 2009). HRV has not been analysed in table tennis matches to date, although the heart rate has been examined in other tasks in this sport, such as serve kinematics and multiball training (Katsikadelis et al., 2014; Ngo et al., 2017). HRV refers to the variation between consecutive heartbeats, with indices derived from analysis of the R-R intervals, and allows a non-invasive, pain free, economic and simple assessment of the ANS function, giving information about sympathetic and parasympathetic branches of the ANS (Laborde et al., 2017). It provides insights into the response of the ANS to exercise and psychological stress, offering relevant information on the balance between work and recovery in sports and many psychophysiological aspects, such as self-regulation mechanisms linked to cognitive, affective, social and health phenomena (Hernández-Cruz et al., 2017; Laborde et al., 2017). In general, when sympathetic system activation increases, there is an increase in the heart rate (HR), while simultaneously the parasympathetic system is withdrawn (Katsikadelis et al., 2014; Hernández-Cruz et al., 2017; Laborde et al., 2018). HRV can be represented by the time domain, frequency domain or non-linear indices (Laborde et al., 2017). The most used variables in the time domain analysis of HRV are the square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent normal R-R intervals (RMSSD) and the standard deviation of instantaneous beat-to-beat N-N interval variability (SDNN) (Bourdillon et al., 2017). In order to reduce the large scattering of the HRV across participants, the natural logarithm of the root mean square of successive R-R interval differences (LnRMSSD) is calculated (Djaoui et al., 2017; Ravé and Fortrat, 2016). The frequency domain analysis of HRV can provide the high frequency (HF) band, showing the contribution of parasympathetic activity in power ranging between 0.15 and 0.40 Hz which is highly correlated with RMSSD (Laborde et al., 2017), the low frequency (LF), determined by both sympathetic and parasympathetic systems, and the LF/HF ratio, which represents the balance between the sympathetic and parasympathetic

systems, reflecting sympathetic dominance when it is high (Djaoui et al., 2017; Laborde et al., 2017). The non-linear analysis of HRV reflects parasympathetic modulation without any involvement of breathing (Buchheit, 2014), since the latter can affect some selected HRV measures (Aubert et al., 2003; Shaffer and Ginsberg, 2017). Non-linear analysis is characterized by the standard deviation of the Poincaré plot perpendicular to the line of identity (SD1) that measures the short-term HRV, the standard deviation of the Poincaré plot along the line of identity (SD2) that measures the long-term HRV and the ratio between SD2 and SD1 (SD2/SD1), which measures the autonomic balance and is correlated with the LF:HF ratio (Laborde et al., 2017; Shaffer and Ginsberg, 2017).

HRV has been investigated in individual and team sports (Garrido et al., 2011; Edmonds et al., 2015; Hernández-Cruz et al., 2017) to assess athletes' "fatigue" state under rest condition, during physical exercise and during the post-exercise recovery phase, as per respective standard procedures (Bourdillon et al., 2017). Besides, some studies have analysed HRV before and after a physical exercise in different exercise modes in order to know the influence of physical activity on the change of HRV and showed a decrease in the SDNN and RMSSD after finishing exercise, compared to pre-exercise values (Bisschoff et al., 2016; Edmonds et al., 2013; Esco et al., 2018; Hernández-Cruz et al., 2017). Nevertheless, no study has reported that information in table tennis participants, so there is a lack of knowledge in scientific literature about the response of HRV after table tennis matches. Thus, the analysis of HRV in table tennis could be useful to quantify "fatigue" generated in training sessions and matches, in order to apply adequate the training loads to the state of the player (Buchheit, 2014; Nakamura et al., 2016), facilitating the complicated training process of this sport.

Therefore, the aim of the present study was to compare HRV indices before and after playing a table tennis simulated competitive match. As a hypothesis, based on previous findings in other sports (Garrido et al., 2011), it was expected that HRV indices would decrease after a simulated table tennis match.

## Methods

### Participants

Twenty-one table tennis players ( $21.86 \pm 8.34$  yr,  $1.73 \pm 0.08$  m,  $64.09 \pm 13.39$  kg and  $21.46 \pm 4.38$  kg·m<sup>-2</sup>), who were competing during the study period in the 2<sup>nd</sup> national league or in the Basque honor division, participated in this study. Inclusion criteria were as follows: (i) at least two years of competitive experience at either a regional or national level, and (ii) be training on a weekly basis (at least twice a week). Exclusion criteria were: (i) previous injuries that might interfere with the study, and (ii) taking medications. Written informed consent was obtained from the players and the club prior to the commencement of the study after a detailed written and oral explanation of the potential risks and benefits resulting from their participation. Written informed parental consent and player assent were obtained when players were under 18 years of age. Ethical approval was granted by the Ethics Committee for Research on Humans (CEISH, N° 2080310018-INB0059) and the study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki (2013).

### Measures

Perceived match load: After taking HRV measurements, participants perceived match loads (RPEML) were quantified using the rating of perceived exertion (RPE) method, based on the modified Borg CR-10 scale and duration (minutes) of the match (Williams et al., 2017).

Heart rate variability (HRV) analysis: A portable HR monitor (Polar V800, Kempele, Finland) was used to record HRV data. The data obtained were transferred to the computer via Polar Software (Polar Flow, Kempele, Finland) and exported for HRV analyses using specific software (Kubios v3.0. Biosignal Analysis and Medical Imaging Group at the Department of Applied Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finland). The following variables in the time domain were obtained: i) the mean of RR intervals of the records (Mean RR); ii) the standard deviation of N-N intervals (SDNN) which is influenced by the sympathetic and parasympathetic system; iii) the mean HR of the records (Mean HR); iv) the standard deviation of heartbeats (STD HR); v) the minimum HR of the records (Min HR); vi) the maximum HR of the records (Max HR) vii) the natural logarithm

transform of the root mean square of successive differences in the R-R intervals (LnRMSSD) and viii) the relative number of successive R-R interval pairs that differed more than 50 ms (pNN50) which is correlated with parasympathetic nervous activity (Shaffer and Ginsberg, 2017).

From the frequency domain variables, the contribution of both the sympathetic and parasympathetic nervous system in the power peak band i) between 0.04-0.15 Hz (Low Frequency (LF)), ii) between 0.15-0.40 Hz (High Frequency (HF)), and iii) the ratio between LF and HF (LF/HF) that reflects the autonomic balance, were recorded. These variables analyze the frequency at which the length of the R-R interval changes (Djaoui et al., 2017) being measured in three different units: i) absolute power (ms<sup>2</sup>); ii) log power (log), and iii) absolute power (n.u.).

The Poincaré plot standard deviation 1 (SD1) which measures short-term HRV and correlates with baroreflex sensitivity (Shaffer and Ginsberg, 2017), the Poincaré plot standard deviation 2 (SD2) which measures long-term HRV and correlates with LF power and baroreflex sensitivity (Shaffer and Ginsberg, 2017), and the ratio of SD2 to SD1 (SD2/SD1) which is used to measure the autonomic balance and the unpredictability of the RR time series (Shaffer and Ginsberg, 2017) from the non-linear variables, were measured.

### Procedures

In this study, 21 recordings were made, before and after a table tennis match, to the best of 5 sets, played by participants of this study, during the off-season period, simulating a competitive match, with an opponent with a similar ranking during the season. Before each match, a standardized warm-up was performed consisting of 2 min of forehand and backhand rallies, as well as forehand and backhand topspin rallies, just like in an official match. HRV was recorded during the 3 min PRE and POST match in a lying supine position on the floor (Bourdillon et al., 2017). PRE match analysis was recorded before the 2 min warm-up and the POST match analysis was recorded right after the cessation of the match. Participants were instructed not to exercise vigorously 48 h before the test to avoid any fatigue effects on the results.

### Statistical analysis

The results are presented as means  $\pm$

standard deviation (SD). Data normality was evaluated with a Shapiro-Wilk test, which determined that the assumption of normality was violated for the HRV variables ( $p < 0.05$ ). The Wilcoxon signed-rank test was used to determine the differences between PRE match and POST match values. The difference in percentage ( $\Delta$ , %) was calculated using the formula:  $\Delta$ , (%) = [(mean POST – mean PRE) / mean PRE] x 100. The effect size (ES) was calculated using the method proposed by Cohen (1988). Effects sizes lower than 0.2, between 0.2 and 0.5, between 0.5 and 0.8 and higher than 0.8 were considered trivial, small, moderate and large, respectively. Pearson product-moment correlation coefficients ( $r$ ) with 90% confidence limits were calculated to determine relationships between LnRMSSD, RMSSD or RPEML and the differences in percentage ( $\Delta$ , %) of HRV variables. To interpret the results, the threshold values employed for Pearson product were low ( $r < 0.3$ ), moderate ( $0.3 < r < 0.7$ ) to high ( $r > 0.7$ ) (Salaj and Markovic,

2011). Statistical analysis was carried out using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS Inc, version 23.0 Chicago, IL, U.S.A.). The upper limit for statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

### Results

Matches had average duration of  $15.33 \pm 3.89$  min, RPE of  $4.97 \pm 1.53$  and RPEML of  $79.45 \pm 35.21$  AU. Table 1 shows mean values for PRE and POST match HRV time domain variables. Mean RR, SDNN, LnRMSSD and pNN50 POST values were significantly lower than PRE values ( $\Delta$ , (%) = -9.86 to -36.79, ES = -0.63 to -2.14, moderate to large,  $p < 0.01$  or  $p < 0.05$ ), while Mean HR, Min HR and Max HR values were higher in POST than in PRE ( $\Delta$ , (%) = 26.16 to 43.47, ES = 1.66 to 1.74, large,  $p < 0.01$ ). No significant differences were obtained in STD HR ( $\Delta$ , (%) = 17.39, ES = 0.24, small,  $p > 0.05$ ) values between PRE and POST analysis.

**Table 1**  
*Heart rate variability (HRV) changes in the time domain before (PRE) and after (POST) playing a match.*

	PRE	POST	$\Delta$ , (%)	ES	$p$
Mean RR (ms)	781.24 $\pm$ 91.47	592.47 $\pm$ 88.22	-23.74	-2.14	0.000
SDNN (ms)	39.64 $\pm$ 15.14	30.23 $\pm$ 14.91	-18.73	-0.63	0.020
Mean HR (beats/min)	78.11 $\pm$ 7.76	103.99 $\pm$ 15.09	34.01	1.72	0.000
STD HR (beats/min)	5.01 $\pm$ 1.39	5.54 $\pm$ 2.21	17.39	0.24	0.345
Min HR (beats/min)	67.37 $\pm$ 5.95	84.79 $\pm$ 10.51	26.16	1.66	0.000
Max HR (beats/min)	93.87 $\pm$ 11.3	133.52 $\pm$ 22.84	43.47	1.74	0.000
LnRMSSD (ms)	3.42 $\pm$ 0.46	3.06 $\pm$ 0.57	-9.87	-0.63	0.008
pNN50 (%)	12.92 $\pm$ 14.98	5.49 $\pm$ 8.03	-36.69	-0.93	0.008

*Mean RR = mean of RR intervals. SDNN = standard deviation of NN intervals. Mean HR = mean heart rate. STD HR = standard deviation of heart rate. Min HR = minimum heart rate. = Max HR = maximum heart rate. LnRMSSD = The natural logarithm transform of the root mean square of successive differences between normal heartbeats. pNN50 = Relative number of successive RR interval pairs that differ more than 50 ms. ES = Effect size*

**Table 2**  
*Heart rate variability (HRV) changes in the frequency domain before (PRE) and after (POST) playing a match*

	PRE	POST	$\Delta$ . (%)	ES	<i>p</i> value
<b>LF</b>					
Power (ms <sup>2</sup> )	892.83 ± 811.14	859.99 ± 1472.16	54.17	-0.02	0.929
Power (log)	6.38 ± 0.81	5.73 ± 1.11	-9.29	-0.59	0.027
Power (n.u.)	63.62 ± 10.89	72.97 ± 14.76	17.52	0.63	0.180
<b>HF</b>					
Power (ms <sup>2</sup> )	581.83 ± 778.65	416.89 ± 577.78	4.14	-0.29	0.177
Power (log)	5.76 ± 0.92	4.57 ± 1.48	-20.33	-0.80	0.001
Power (n.u.)	36.28 ± 10.83	26.89 ± 14.66	-22.38	-0.64	0.017
<b>LF/HF</b>					
Power (ms <sup>2</sup> )	2.42 ± 1.38	4.58 ± 3.15	153.34	0.69	0.009

*LF = low frequency. HF = high frequency. LF/HF = ratio between LF and HF. Power (ms<sup>2</sup>) = absolute power. Power (log) = Log power. Power (n.u.) = Normalised power. ES = Effect size*

**Table 3**  
*Heart rate variability (HRV) changes in non-linear before (PRE) and after (POST) playing a match*

	PRE	POST	$\Delta$ . (%)	ES	<i>p</i> value
SD1 (ms)	24.48 ± 15.14	17.67 ± 10.66	-27.82	-0.64	0.022
SD2 (ms)	49.79 ± 16.77	38.42 ± 18.67	-22.84	-0.61	0.026
SD2/SD1	2.36 ± 0.61	2.51 ± 0.67	6.36	0.22	0.302

*SD1 = Standard deviation of short-term variability. SD2 = Standard deviation long term variability. SD2/SD1 = SD2 and SD1 ratio. ES = Effect size.*

Table 2 shows mean values for PRE and POST match frequency domain variables of HRV. LF Power (log), HF Power (log) and HF Power (n.u.) POST values were significantly lower than PRE values ( $\Delta$ . (%) = -9.29 to -22.38, ES = -0.59 to -0.80, moderate to large,  $p < 0.01$  or  $p < 0.05$ ). In contrast, LF/HF (ms<sup>2</sup>) value was higher in POST

than in PRE ( $\Delta$ . (%) = 153.34, ES = 0.69, moderate,  $p < 0.01$ ). No significant differences were observed in LF Power (ms<sup>2</sup>), LF Power (n.u.) and HF Power (m<sup>2</sup>) values between POST and PRE analysis ( $\Delta$ . (%) = 4.14 to 54.17, ES = -0.02 to 0.63, trivial to moderate,  $p > 0.05$ ).

Table 3 shows mean values for PRE and

POST match HRV non-linear variables. SD1 and SD2 POST values were significantly lower than PRE values ( $\Delta$  (%) = -22.84 to -27.82, ES = -0.61 to -0.64, moderate,  $p < 0.05$ ). In contrast, in SD2/SD1 value significant differences were not found between POST and PRE analysis ( $\Delta$  (%) = 6.36, ES = 0.22, small,  $p > 0.05$ ).

LnRMSSD PRE correlated significantly only with  $\Delta$  (%) Mean HR ( $r = 0.46 \pm 0.3$  CL,  $p < 0.05$ , moderate) and  $\Delta$  (%) SD2/SD1 ( $r = 0.46 \pm 0.3$  CL,  $p < 0.05$ , moderate). Regarding the associations between the RPEML and  $\Delta$  (%) of HRV values, only significant correlations were found between RPEML and  $\Delta$  (%) Min HR ( $r = 0.52 \pm 0.28$  CL,  $p < 0.05$ , moderate).

### Discussion

The purpose of this study was to compare the HRV behavior before and after a table tennis match. HRV has been previously analyzed in competition comparing PRE- and POST-match values in some sports (Edmonds et al., 2013; Esco et al., 2018; Hernández-Cruz et al., 2017) in order to determine changes in sympathetic and parasympathetic modulation, providing information on athletes' physical performance (Hernández-Cruz et al., 2017). However, in racket sports, although this PRE- and POST-match HRV analysis could be interesting, as we know, there are only studies in badminton (Bisschoff et al., 2016; Garrido et al., 2011). Nevertheless, until now, no study has determined the influence of a table tennis match on HRV values in table tennis players. We found that HRV values decreased after a match, in comparison with rest conditions, using time domain, frequency domain and non-linear indices. Therefore, playing a table tennis match produces acute changes in HRV, reducing parasympathetic activity, while increasing sympathetic activity.

The HRV time domain indices have been used in other racket modalities such as badminton (Bisschoff et al., 2016; Garrido et al., 2011) to determine players' "fatigue" after a match. Athletes in an overtraining state may show a significant decrease in LnRMSSD and SDNN (Dong, 2016), while the increment of the HR is associated to "fatigue" (Djaoui et al., 2017). The results of this study showed a decrease in Mean RR, SDNN, LnRMSSD and pNN50 comparing POST with PRE match values in table tennis

players, while Mean HR, Min HR and Max HR values were higher in POST compared with PRE match values. These results are in accordance with other sport modalities (Esco et al., 2018; Hernández-Cruz et al., 2017; Luft et al., 2009) and with another racket sport such as badminton (Bisschoff et al., 2016; Garrido et al., 2011). Bisschoff et al. (2016) found a decrease in Mean RR, SDNN, LnRMSSD and pNN50 after playing a badminton match. In the same way, Garrido et al. (2011) found a decrease in Mean RR, SDNN, LnRMSSD and pNN50 and an increase in Mean HR after playing a badminton match, compared to rest values. This decrease in HRV time domain indices shows a parasympathetic withdrawal, leading to sympathetic predominance in the ANS (Garrido et al., 2011) induced by accumulated fatigue generated by the table tennis match.

On the other hand, HRV frequency domain analysis decomposes any signal into its sinusoidal components, showing ANS status (Aubert et al., 2003). During exercise, the sympathetic and parasympathetic branch of the ANS play a pivotal role (Aubert et al., 2003) and the analysis of the ANS through HRV measures can indicate recovery status (Bisschoff et al., 2016), possible overtraining status (Mourrot et al., 2004) or "fatigue" (Schmitt et al., 2015), being useful for some sports, including table tennis. The results of this study show a decrease in LF and HF while the LF/HF ratio increases, comparing POST with PRE match values. Previous studies found similar results to this study (Bisschoff et al., 2016; Edmonds et al., 2013; Esco et al., 2018; Luft et al., 2009). Specifically, Esco et al. (2018) found a decrease in LF and HF values (49.16% and 71.43%, respectively), and an increase in the LF/HF ratio, with basketball and soccer players after performing a maximal gradual exercise test. Also, Bisschoff et al. (2016) found a decrease in HF value (11.11%) and an increase in the LF/HF ratio (23.91%), after badminton official matches, while Luft et al. (2009) found an increase in LF/HF value (385.71%) with track and field athletes after performing an incremental exercise test. Meanwhile, Edmonds et al. (2013) found a decrease in LF and HF values (1.79% and 59.52%, respectively) in rugby players after a competitive game, showing a withdrawal of the parasympathetic system and a sympathetic predominance. Both LF and HF are depressed, but

the increment of the LF/HF ratio during post-exercise time points suggests that greater magnitude of decline occurred in HF compared to LF values (Esco et al., 2018). Considering the obtained results, playing a table tennis match causes an activation of the sympathetic system, while the parasympathetic system is deactivated, showing at the same time an increase in the HR mean POST-match.

Another aspect analyzed in the scientific literature regarding HRV includes non-linear indices. Through the Poincaré plot, R-R intervals are plotted as a function of the previous one, giving a visual representation of the HRV behavior, where the transverse diameter is represented by SD1 variable and the longitudinal diameter is represented by SD2 variable (Garrido et al., 2011). The results of this study show a decrease in SD1 and SD2 when comparing POST with PRE match values, meaning a reduction in parasympathetic influence and an increase in sympathetic control, respectively (Garrido et al., 2011). This result agrees with other racket sports such as badminton (Garrido et al., 2011; Bisschoff et al., 2016). Garrido et al. (2011) and Bisschoff et al. (2016) found a decrease in SD1 and SD2 variables comparing POST- with PRE-match values, reporting a reduction in both diameters in the Poincaré plot, in badminton players aged between 18 and 23 years. These results show a HRV decrease after a table tennis match, meaning an activation of the sympathetic system, while simultaneously the parasympathetic system is withdrawn.

The aim of the present study was to analyze HRV behavior, comparing the HRV indices before and after playing a table tennis simulated match, through time domain, frequency domain and non-linear variables. By analyzing

the obtained results, as conclusion, table tennis matches can acutely cause an increase in the sympathetic influence and a reduction in the parasympathetic influence, due to the cardiac autonomic function perturbation generated by the match. This analysis could be useful in order to quantify the “fatigue” generated, in order to optimize the recovery times, avoid overtraining or detect non expected responses to training (Djaoui et al., 2017; Dong, 2016; Nakamura et al., 2016).

The main limitation of the study was that there were no studies in table tennis that analyzed HRV, making it difficult to compare the obtained results with similar sports, such as badminton. The design of the study only analyzed the differences in HRV before and after the match, but it did not analyze the mechanisms of HRV variations, apart from the impact of physical exercise. Also, the results were obtained through simulated matches, with a low sample size, thus it is possible that official matches will produce different results due to competitive stress that could affect HRV (Ngo et al., 2017), being both potentially influenced by the competitive level (Proietti et al., 2017). Therefore, future studies should analyze HRV in competitive matches and analyze the reasons of HRV variations, such as the match result, level of anxiety or physical and psychological load. The analysis of the aforementioned variables could be useful in order to obtain appropriate measures to analyze HRV variation and to adapt workouts. In addition, it could be interesting to analyze HRV day-to-day fluctuations until total recovery compared to PRE values, since this information could provide a helpful tool for monitoring player workloads to maximize training and match performance.

### **Acknowledgements**

The authors would like to thank table tennis players from the Gasteiz, Leka Enea and Gailak Table Tennis Clubs and the collaboration of their Presidents. The authors gratefully acknowledge the support of a Spanish government subproject Mixed method approach on performance analysis (in training and competition) in elite and academy sport [PGC2018-098742-B-C33] (2019-2021) [of the Ministry of Science, Innovation and Universities (MCIU), the State Research Agency (AEI) and the European Regional Development Fund (EDRF)], that is part of the coordinated project New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective (NARPAS\_MM) [SPGC201800X098742CV0].

## References

- Abenza L, Olmedilla A, Martínez C. Proposal of psychological training integrated into sport training in two table tennis players table-tennis: an experience in the CAR Sant Cugat of Barcelona. *Inf Psicológica*, 2016; 112 74–94
- Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sport Med*, 2003; 33(12): 889–919
- Bisschoff CA, Coetzee B, Esco MR. Relationship between autonomic markers of heart rate and subjective indicators of recovery status in male, elite badminton players. *J Sport Sci Med*, 2016; 15(4): 658–669
- Bourdillon N, Schmitt L, Yazdani S, Vesin JM, Millet GP. Minimal window duration for accurate HRV recording in athletes. *Front Neurosci*, 2017; 11 456
- Bricout VA, DeChenaud S, Favre-Juvin A. Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. *Auton Neurosci Basic Clin*, 2010; 154(1–2): 112–116
- Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome?. *Front Physiol*, 2014; 5(73): 1–19
- Cervantes JC, Rodas G, Capdevila L. Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, 2009; 21(4): 531–536
- Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates., 1988;
- Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiol Behav*, 2017; 181 86–94
- Dong JG. The role of heart rate variability in sports physiology. *Exp Ther Med*, 2016; 11(5): 1531–1536
- Edmonds R, Leicht A, McKean M, Burkett B. Daily heart rate variability of Paralympic gold medallist swimmers: A 17-week investigation. *J Sport Heal Sci*, 2015; 4(4): 371–376
- Edmonds RC, Sinclair WH, Leicht AS. Effect of a training week on heart rate variability in elite youth rugby league players. *Int J Sports Med*, 2013; 34(12): 1087–1092
- Esco MR, Williford HN, Flatt AA, Freeborn TJ, Nakamura FY. Ultra-shortened time-domain HRV parameters at rest and following exercise in athletes: an alternative to frequency computation of sympathovagal balance. *Eur J Appl Physiol*, 2018; 118(1): 175–184
- Faber IR, Elferink-Gemser MT, Faber NR, Oosterveld FGJ, Nijhuis-Van Der Sanden MWG. Can perceptuo-motor skills assessment outcomes in young table tennis players (7–11 years) predict future competition participation and performance? An observational prospective study. *PLoS One*, 2016; 11(2): 593–601
- Garrido A, De La Cruz B, Medina M, Garrido MA, Naranjo J. Heart rate variability after three badminton matches. Are there gender differences?. *Arch Med Del Deport*, 2011; 28(144): 257–264
- Hernández-Cruz G, Quezada-Chacon JT, González-Fimbres RA, Flores-Miranda FJ, Naranjo-Orellana J, Rangel-Colmenero BR. Effect of consecutive matches on heart rate variability in elite volleyball players. *Rev Psicol Del Deport*, 2017; 26(2): 9–14
- Katsikadelis M, Piliandis T, Mantzouranis N, Fatouros I, Agelousis N. Heart rate variability of young Table Tennis players with the use of the Multiball training. *Biol Exerc*, 2014; 10(2): 25–35
- Kondrič M, Zagatto AM, Sekulić D. The physiological demands of table tennis: A review. *J Sport Sci Med*, 2013; 12(3): 362–370
- Laborde S, Mosley E, Mertgen A. A unifying conceptual framework of factors associated to cardiac vagal control. *Heliyon*, 2018; 4(12): e01002
- Laborde S, Mosley E, Thayer JF. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Front Psychol*, 2017; 8 1–18
- Luft CDB, Takase E, Darby D. Heart rate variability and cognitive function: Effects of physical effort. *Biol Psychol*, 2009; 82(2): 196–201

- Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Cappelle S, Henriët MT, Wolf J, ... Regnard J. Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2004; 24(1): 10–18
- Nakamura FY, Pereira LA, Rabelo FN, Flatt AA, Esco MR, Bertollo M, Loturco I. Monitoring weekly heart rate variability in futsal players during the preseason: the importance of maintaining high vagal activity. *J Sports Sci*, 2016; 34(24): 2262–2268
- Ngo V, Richards H, Kondric M. A multidisciplinary investigation of the effects of competitive state anxiety on serve kinematics in table tennis. *J Hum Kinet*, 2017; 55(1): 83–95
- Proietti R, Di Fronso S, A. Pereira L, Bortoli L, Robazza C, Y. Nakamura F, Bertollo M. Heart rate variability discriminates competitive levels in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 2017; 31(6): 1719–1725
- Ravé G, Fortrat JO. Heart rate variability in the standing position reflects training adaptation in professional soccer players. *Eur J Appl Physiol*, 2016; 116(8): 1575–1582
- Salaj S, Markovic G. Specificity of jumping, sprinting, and quick change of direction motor abilities. *J OfStrength Cond Res*, 2011; 25(5): 1249–1255
- Schmitt L, Regnard J, Parmentier AL, Mauny F, Mourot L, Coulmy N, Millet GP. Typology of “fatigue” by heart rate variability analysis in elite nordic-skiers. *Int J Sports Med*, 2015; 36(12): 999–1007
- Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Heal*, 2017; 5: 1–17
- Williams S, Booton T, Watson M, Rowland D, Altini M. Heart rate variability is a moderating factor in the workload-injury relationship of competitive crossfit™ athletes. *J Sport Sci Med*, 2017; 16(4): 443–449
- Zagatto AM, Morel EA, Gobatto CA. Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *J Strength Cond Res*, 2010; 24(4): 942–949
- Zagatto AM, Papoti M, Gobatto CA. Validity of critical frequency test for measuring table tennis aerobic endurance through specific protocol. *J Sport Sci Med*, 2008; 7(4): 461–466

**Corresponding author:**

**Javier Yanci**

Faculty of Education and Sport, University of the Basque Country, UPV/EHU,  
Lasarte, 71, 01007. Vitoria-Gasteiz, Spain.  
Telephone number: 945013529.  
E-mail: javier.yanci@ehu.es





### 3.5. BOSTGARREN ARTIKULUA

**Análisis de la evolución de la variabilidad de la frecuencia cardíaca  
antes y después de un partido de tenis de mesa en función del resultado**  
**Analysis of heart rate variability evolution on table tennis depending in  
match result**

Picabea, J.M<sup>1</sup>., Cámara, J.<sup>2,3</sup>, Yanci, J<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>*Departamento de Educación Física y Deportiva, Facultad de Educación y Deporte, Universidad del País Vasco, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, España.*

<sup>2</sup>*Society, Sports and Physical Exercise Research Group (GIKAFIT). Departamento de Educación Física y Deportiva, Facultad de Educación y Deporte, Universidad del País Vasco, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, España.*

<sup>3</sup>*Gizartea, Kirola eta Ariketa Fisikoa Ikerkuntza Taldea (GIKAFIT). Society, Sports and Physical Exercise Research Group, Universidad del País Vasco, UPV/EHU, Vitoria-Gasteiz, España.*

#### **Resumen**

El objetivo del estudio fue analizar el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) de jugadores de tenis de mesa antes y después de un partido ateniendo al resultado (ganar o perder). Se midió la VFC antes (PRE) y después (POST) del partido a 21 jugadores de tenis de mesa en un total de 30 partidos. No se observaron diferencias significativas ni en el PRE ni en el POST en función del resultado. Se observó un descenso ( $p < 0,05$ ) en la media de los intervalos RR (media RR), la desviación estándar de los intervalos R-R (SDNN), el logaritmo natural de la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos R-R (LnRMSSD), el porcentaje de los intervalos RR consecutivos que discrepan en más de 50 ms entre sí (pNN50), el eje transversal (SD1) y longitudinal (SD2) del diagrama de Poincaré en el

POST con respecto al PRE en ambos grupos. Sin embargo, las variables de la banda de baja frecuencia expresada en fuerza absoluta (LF Power), la banda de alta frecuencia expresadas en fuerza absoluta (HF Power) y fuerza normalizada (HF Power) mostraron tendencias distintas en función del resultado ( $p < 0,05$ ). Los resultados muestran un descenso en la VFC después de disputar un partido de tenis de mesa independientemente del resultado del partido en el dominio del tiempo y en variables no lineales. No obstante, el dominio de la frecuencia muestra una tendencia distinta en función del resultado.

**Palabras clave:** fatiga, tenis de mesa, sistema nervioso autónomo, competición, rendimiento.

#### **Abstract**

The aim of this study was to compare heart rate variability (HRV) indices before and after a table tennis match, depending in match result. HRV indices were measured before (PRE) and after (POST) match periods to 21 table tennis players ( $21.86 \pm 8.34$  yr) in 30 matches. No significant differences were found neither in PRE nor in POST measures comparing winners and losers. A significantly lower value ( $p < 0.05$ ) was found in mean of RR intervals (mean RR), standard deviation of RR intervals (SDNN), the natural logarithm transform of the root mean square of successive differences between normal heartbeats (LnRMSSD), relative number of successive RR interval pairs that differ more than 50 ms (pNN50), cross (SD1) and longitudinal (SD2) axis of Poincaré plot comparing POST values with PRE values. Nevertheless, low frequency index expressed in absolute power (LF Power) and high frequency indices expressed in absolute power (HF power) and normalised power (HF Power) showed different trends depending on the results ( $p < 0.05$ ). The obtained results show a HRV decrease after table tennis match regardless the

match result, in both time domain and non-linear indices. However, frequency domain indices show a different trend depending on the match outcome.

**Key words:** fatigue, table tennis, autonomous nervous system, competition, performance

### **Introducción**

El tenis de mesa es un deporte de raqueta de carácter intermitente, en el que se alternan breves ciclos de trabajo de alta intensidad con periodos incompletos de recuperación (1–3). Debido a las exigencias de la competición, el tenis de mesa se considera un deporte mixto, donde tanto el sistema aeróbico como el anaeróbico están continuamente solicitados (4). El sistema aeróbico es la fuente principal de energía durante los partidos, permitiendo una recuperación adecuada durante las interrupciones que se dan durante el juego (2,3). Por otro lado, debido a las continuas acciones de alta intensidad que se dan durante los partidos, el sistema anaeróbico resulta fundamental en los periodos de esfuerzo (2,3). Además de las exigencias físicas, el tenis de mesa se caracteriza por ser una modalidad donde los deportistas necesitan realizar, de manera coordinada y a máxima velocidad, diferentes acciones técnicas con los miembros superiores después de haber realizado desplazamientos cortos y rápidos con continuos cambios de dirección (2). Al mismo tiempo, se requiere de un gran repertorio de movimientos por parte de los jugadores teniendo que seleccionar el golpe correcto lo más rápidamente posible en función de las acciones del rival (5). Además de la alta exigencia física, las continuas decisiones tácticas que se dan en cada punto y la necesidad de ejecutar con precisión distintas acciones técnicas, los jugadores están sometidos a una alta demanda cognitiva y a un alto nivel de estrés mental (6). Esta modalidad deportiva, es, por tanto, una modalidad con una alta exigencia tanto física como psicológica (2,6).

Anteriores estudios han expuesto que tanto las exigencias físicas como psicológicas afectan al estado del sistema nervioso autónomo (SNA) (7). Durante el ejercicio, debido al aumento de intensidad, se produce un incremento de la actividad simpática y una disminución de la actividad parasimpática, produciéndose en consecuencia un aumento de la frecuencia cardíaca (FC) (8,9). Con el fin de conocer la activación del SNA, tanto en deportes individuales como en deportes colectivos, se ha utilizado la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) (10,11). La VFC es una herramienta no invasiva que muestra la variación del tiempo que transcurre entre latidos consecutivos a través del análisis de los intervalos R-R, permitiendo un análisis de la actividad del SNA y, mostrando así el nivel de activación del sistema nervioso simpático y parasimpático (12,13). En este sentido, el análisis de la VFC permite observar la respuesta del SNA en diferentes situaciones de ejercicio (9,14). Las variables utilizadas para medir la VFC son las que se basan en variables del dominio del tiempo, del dominio de la frecuencia y variables no lineales (15). Los parámetros comúnmente utilizados en el análisis en función del dominio del tiempo son la raíz cuadrada del valor medio de la suma de diferencias al cuadrado de todos los intervalos R-R sucesivos (RMSSD) y la desviación estándar de periodos R-R consecutivos (SDNN) (16). Estas variables analizan las variaciones de la FC, por lo que dependen de esta (15). Para aislar el análisis de la VFC de la FC de cada participante, y así poder comparar diferentes situaciones independientemente de la FC, se ha utilizado el logaritmo natural de la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos R-R (LnRMSSD) (17). Por otro lado, el análisis a través del dominio de frecuencias descompone la señal R-R en diferentes componentes, mostrando así: i) la banda de alta frecuencia (HF), que muestra la actividad del sistema nervioso parasimpático, ii) la banda de baja frecuencia (LF), afectada tanto por el sistema nervioso simpático como

parasimpático y iii) el ratio LF/HF, que refleja dominancia simpática cuando este tiene un valor alto (17). Sin embargo, se ha observado anteriormente que los patrones de respiración afectan a los valores del dominio de la frecuencia, lo que dificulta la interpretación de los resultados (7,18). Además, el análisis a través de parámetros no lineales de la VFC muestran la modulación parasimpática sin la afectación de la respiración (19). Concretamente, los parámetros utilizados son el SD1, que refleja la actividad parasimpática en el corazón, y el SD2, que refleja tanto la actividad simpática como parasimpática (20).

Debido a la información que se obtiene sobre la activación del SNA, la VFC se ha investigado en distintas situaciones de entrenamiento y competición en deportes individuales y colectivos (8,9,21,22). Varios estudios han analizado la variación de la VFC antes y después de diferentes esfuerzos físicos, con el objeto de analizar la influencia de la actividad física sobre la VFC (9,17,22,23). Concretamente en jugadores de bádminton, modalidad deportiva similar en estructura al tenis de mesa, se ha observado un descenso de los valores del SDNN y RMSSD post-ejercicio en comparación con valores pre-ejercicio, mostrando así un incremento en la actividad del sistema nervioso simpático inducido por la acumulación de esfuerzo (8,22,24). Además, un estudio reciente también con jugadores de bádminton ha analizado la VFC pre-post competición en función del resultado competitivo (ganar o perder), con el fin de observar si el resultado competitivo puede afectar a la evolución de la VFC (25). En dicha investigación se observó que los jugadores que ganaban el partido tenían mayores valores en la ratio LF/HF y una menor magnitud de las variables HF y LF que los jugadores que perdían, mostrando así una mayor activación simpática del SNA en los ganadores. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas en parámetros del dominio del tiempo o variables no lineales. A pesar de la importancia que puede tener la evolución de la VFC

antes y después de disputar un partido de tenis de mesa atendiendo al resultado obtenido, no existen estudios que analicen este aspecto. Este análisis permitiría un conocimiento más exhaustivo de la exigencia competitiva y del comportamiento del SNA en tenis de mesa en función de ganar o perder el partido, debido a que el resultado del partido parece afectar a la VFC (25).

Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron, por un lado, analizar el comportamiento de la VFC de jugadores de tenis de mesa antes y después de disputar un partido atendiendo al resultado obtenido por los jugadores (ganar o perder) y, por otro lado, analizar si la duración del partido afecta a la VFC.

## **Método**

### **Participantes**

La muestra estuvo compuesta por 21 jugadores de tenis de mesa ( $21,86 \pm 8,34$  años,  $1,73 \pm 0,08$  m,  $64,09 \pm 13,39$  kg y  $21,46 \pm 4,38$  kg·m<sup>-2</sup>), que competían en alguna de las categorías oficiales de tenis de mesa, tanto a nivel nacional como provincial de la comunidad autónoma del País Vasco. Los criterios de inclusión en el estudio fueron tener una licencia federativa en vigor expedida por la Federación Española de Tenis de Mesa y no encontrarse lesionado o estar recuperándose de una lesión en el momento de la investigación. Todos los participantes tenían experiencia en competición de tenis de mesa superior a dos años. Todos fueron informados de los objetivos y procedimientos de la investigación y aceptaron voluntariamente formar parte de la misma, previa firma del consentimiento informado. En el caso de los jugadores y jugadoras menores de edad, el consentimiento informado también fue firmado por sus padres, madres o tutores legales. El estudio se realizó bajo el consentimiento del club al que pertenecían. Todos los

procedimientos siguieron las pautas marcadas por la Declaración de Helsinki (2013), respetando lo establecido en la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPDGP). Así mismo el estudio fue aprobado por el Comité de Ética para las Investigaciones con Seres Humanos (CEISH, N° 2080310018-INB0059) de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

#### Procedimiento

Se analizaron 30 partidos de tenis de mesa jugados al mejor de 5 sets disputados fuera de la temporada competitiva, obteniéndose 60 registros. En cada uno de los partidos se tuvo en cuenta el resultado obtenido por los jugadores (ganar o perder). Antes y después de los partidos se midió a los participantes la VFC. La VFC se registró durante 8 min PRE y POST partido, teniendo en cuenta para su análisis los últimos 3 min PRE y los primeros 3 min POST. A cada participante se le indicó que se mantuviera tumbado boca arriba durante 8 min antes (26,27) y después del partido (8,9,23,28). Los registros PRE partido se realizaron antes de los 2 min de calentamiento y el registro POST partido se realizó inmediatamente después de terminar el partido. Se realizó un calentamiento previo a cada partido, que consistió en 2 min de peloteo tanto de derecha como de revés y con golpeo de *topspin*.

#### Mediciones

Análisis de la VFC: La señal del ritmo cardíaco se midió mediante una banda de pecho con tecnología Bluetooth Smartyse que se registró en un monitor Polar (V800, Kempele, Finlandia). Los datos obtenidos se transfirieron al ordenador mediante un software específico (Polar Flow, Kempele, Finlandia) y fueron exportados para el análisis de la VFC usando el programa informático Kubios v3.0. (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group at the Department of Applied Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finlandia).



Los parámetros del dominio del tiempo que se obtuvieron fueron los siguientes: i) la media del intervalo R-R (Media RR), ii) la desviación estándar de los intervalos R-R (SDNN) la cual responde tanto a alteraciones en el sistema simpático como en el parasimpático; iii) la media de la frecuencia cardíaca (FC Media); iv) la desviación estándar de la frecuencia cardíaca (FC STD); v) la frecuencia cardíaca mínima registrada (FC Min); vi) la frecuencia cardíaca máxima registrada (FC Máx); vii) el logaritmo natural de la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos R-R (LnRMSSD) que refleja la varianza entre latidos en la FC y estima los cambios vagales y viii) el porcentaje de intervalos R-R consecutivos que se distancian más de 50 milisegundos entre sí (pNN50), y que se ha observado que está correlacionado con cambios en el sistema nervioso parasimpático y el RMSSD (29). Los parámetros anteriores cuantifican la cantidad de VFC observada durante los periodos de monitorización (29).

De los parámetros del dominio de la frecuencia, los cuales muestran la contribución tanto del sistema nervioso simpático como parasimpático, se registraron: i) los picos de potencia entre 0,04-0,15 Hz (Baja frecuencia (LF)), ii) los picos de potencia entre 0,15-0,40 Hz (Alta frecuencia (HF)) y iii) el ratio entre LF y HF (LF/HF), cuyos valores altos están asociados a un dominio del sistema simpático (17). Estos valores analizan la frecuencia en la que la distancia del intervalo R-R cambia (17) siendo medido en tres unidades diferentes; i) fuerza absoluta ( $\text{ms}^2$ ); ii) fuerza logarítmica (log) iii) fuerza normalizada (u.n.).

En cuanto a los parámetros no lineales analizados, se analizaron los siguientes: i) el eje transversal del diagrama de Poincaré (SD1), que analiza la VFC a corto plazo y es indicador de la actividad simpática (29); el eje longitudinal del diagrama de Poincaré (SD2), que analiza la VFC a largo plazo, correlaciona con el LF y es indicador de la

actividad parasimpática (29); iii) el ratio SD2/SD1 que se utiliza para analizar el balance autónomo y el equilibrio entre la actividad simpática y parasimpática (29).

#### Análisis estadístico

Los resultados se muestran como media y desviación estándar (DE). La normalidad de los datos se analizó mediante el test de Shapiro-Wilk, observándose que los datos no mostraban una distribución normal. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para analizar las diferencias entre los jugadores que ganaron y los que perdieron tanto en el momento PRE como en el POST. Por otro lado, se utilizó la prueba de Wilcoxon para analizar si existían diferencias entre los valores PRE partido y POST partido de forma independiente en cada uno de los grupos. El porcentaje de diferencia ( $\Delta$ . %) se calculó en cada caso mediante la siguiente fórmula:  $\Delta$ . (%) = [(media POST – media PRE) / media PRE] x 100. Se calculó el tamaño del efecto (TE) tanto para las diferencias entre grupos en cada momento como para las diferencias entre el PRE y el POST en cada uno de los grupos (30). Tamaños del efecto menores de 0,2, entre 0,2 y 0,5, entre 0,5 y 0,8 y superiores a 0,8 se consideraron triviales, bajos, moderados y altos, respectivamente. Se analizó la relación entre la duración de los partidos y las diferentes variables de la VFC mediante el coeficiente de correlación de Spearman (r). Las correlaciones obtenidas se consideraron altas cuando el valor absoluto se encontraba entre 1 y 0,70, moderadas, entre 0,69 y 0,50, bajas, entre 0,49 y 0,20 y muy bajas, entre 0,19 y 0,09 (31). La significatividad estadística se estableció en  $p < 0,05$ . El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Package for Social Sciences (versión 23,0, SPSS® Inc. Chicago, IL, EE.UU).

#### Resultados

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en los valores del dominio del tiempo de la VFC en el PRE partido y el POST partido tanto por los jugadores que ganan como por

los que pierden el partido. Ni en los valores PRE ni en los valores POST de ninguna de las variables del dominio del tiempo de la VFC se observaron diferencias significativas comparando los jugadores que ganaron el partido con los que lo perdieron ( $p > 0,05$ , TE = -0,4 a 0,28, bajo). Los parámetros media RR, SDNN, LnRMSSD y pNN50 mostraron un descenso significativo en el POST partido con respecto al PRE ( $p < 0,05$ , TE = -0,44 a -2,26, moderado a alto) tanto en el grupo de jugadores que ganaron como en el que perdió el partido. Sin embargo, la FC Media, FC Min y FC Max mostraron un aumento significativo en el POST partido con respecto al PRE ( $p < 0,05$ , TE = 1,25 a 1,7, alto) en ambos grupos. No se observaron diferencias significativas entre el PRE y el POST en la variable FC STD en ninguno de los dos grupos ( $p > 0,05$ , TE = 0,1 a 0,12, trivial).

**\*\*Tabla 1\*\***

La tabla 2 muestra los valores del dominio de la frecuencia de la VFC obtenidos tanto por los jugadores que ganan como por los que pierden el partido en el PRE y el POST partido. Ni en los valores PRE ni en los valores POST de ninguna de las variables del dominio de la frecuencia se observaron diferencias significativas comparando los jugadores que ganaron el partido con los que lo perdieron ( $p > 0,05$ , TE = -0,66 a 0,53, moderado). Las variables LF Power (log) y HF Power (log) mostraron un descenso significativo en el POST con respecto a los valores PRE partido ( $p < 0,05$ , TE = -0,43 a -0,82, moderado a alto) tanto en los jugadores que ganaron como en los que perdieron el partido. Sin embargo, el LF Power ( $ms^2$ ), HF Power ( $ms^2$ ) y HF Power (u.n.) mostraron una tendencia distinta en ambos grupos. Mientras que el LF Power ( $ms^2$ ) en el grupo que ganó el partido disminuyó significativamente en el POST con respecto al PRE ( $p < 0,05$ , TE = -0,45, moderado), en los jugadores que perdieron el partido, el LF Power ( $ms^2$ ) aumentó significativamente ( $p < 0,05$ , TE = 0,02, trivial). En cuanto a HF Power ( $ms^2$ ) y HF Power (u.n.), no se observaron cambios significativos en el POST con respecto al PRE partido

en el grupo que ganó el partido ( $p > 0,05$ , TE = -0,03 a 0,07, trivial), mientras que el grupo que perdió el partido mostró un descenso significativo ( $p < 0,05$ , TE = -0,18 a -0,51, trivial a moderado). Con respecto a LF Power (u.n.) no se observaron cambios significativos entre el PRE y el POST en el grupo que ganó el partido ( $p > 0,05$ , TE = 0,03, trivial), mientras que el grupo que perdió el partido mostró un aumento significativo ( $p < 0,05$ , TE = 0,51, moderado). No se observaron diferencias significativas entre el PRE y POST en ninguno de los dos grupos en la variable LF/HF Power ( $\text{ms}^2$ ) ( $p > 0,05$ , TE = -0,1 a -0,18, trivial).

**\*\*Tabla 2\*\***

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos tanto por los jugadores que ganan el partido como por los que pierden el partido en el PRE y en el POST partido en los valores no lineales de la VFC. Ni en los valores PRE ni en los valores POST de ninguna de las variables no lineales se observaron diferencias significativas comparando los jugadores que ganaron el partido con los que lo perdieron ( $p > 0,05$ , TE = -0,37 a 0,2, trivial a bajo). El SD1 y SD2, mostraron un descenso significativo en el POST con respecto al PRE ( $p < 0,05$ , TE = -0,38 a -0,48, bajo) tanto en los jugadores que ganaron como en los perdieron el partido. No se observó ninguna diferencia entre PRE y POST en ninguno de los dos grupos en el SD2/SD1 ( $p > 0,05$ , TE = 0,24 a 0,28, bajo).

**\*\*Tabla 3\*\***

No se obtuvo ninguna asociación significativa entre la duración del partido con las variables de VFC ni en el PRE ni en el POST en ninguno de los grupos. Únicamente se encontraron correlaciones significativas entre la duración del partido y el  $\Delta$ . (%) FC Min en el grupo que ganó ( $r = 0,375$ ,  $p < 0,05$ ) y en el que perdió el partido ( $r = 0,479$ ,  $p < 0,01$ ).

### **Discusión**

El objetivo del presente estudio fue analizar el comportamiento de la VFC de jugadores de tenis de mesa antes y después de disputar un partido, atendiendo al resultado obtenido (ganar o perder). La VFC es un herramienta útil y no invasiva que permite analizar el comportamiento del SNA (12,32) y ha sido utilizada anteriormente para analizar estados de sobre-entrenamiento, conocer las adaptaciones al entrenamiento y cuantificar el nivel de estrés pre-competitivo (23,33,34), aspectos que permiten planificar estrategias adecuadas de entrenamiento para la mejora del rendimiento deportivo. Aunque el análisis de la VFC se ha utilizado anteriormente también para comparar los valores previos y posteriores al partido en varias modalidades deportivas (9,21,35) y también en deportes de raqueta como el bádminton (8,22), no se ha realizado este tipo de análisis en jugadores de tenis de mesa. Además, el presente trabajo es el primer estudio en el que se analiza la evolución de la VFC antes y después de disputar un partido en función del resultado deportivo (ganar o perder) en tenis de mesa, habiéndose encontrado tan solo un estudio en esta línea en bádminton (25). El análisis de la VFC antes y después de los partidos permite observar cambios en el balance simpático-parasimpático, mostrando así el estado de fatiga del deportista (9) y el análisis diferenciado en función del resultado puede ser relevante debido a que ganar o perder el partido puede generar distinta fatiga, afectando así a la activación del SNA (25). En este sentido, este análisis permitiría un conocimiento más exhaustivo de la exigencia competitiva de forma diferenciada entre los que ganan y pierden el partido.

Las variables del dominio del tiempo de la VFC se han utilizado en otros deportes de raqueta tales como en el bádminton, para analizar la fatiga post partido (8,22,24), mostrando un descenso de los valores del SDNN y pNN50, mientras que se observa un aumento de las variables de la FC, posiblemente relacionado con el aumento de la fatiga

(17). Los resultados de este estudio mostraron un descenso en la media RR, SDNN, LnRMSSD y pNN50 de los valores POST con respecto a los valores PRE, tanto en los jugadores que ganan como en los que pierden el partido. Por el contrario, se apreció un aumento en la FC media, FC Min y FC Max en el POST con respecto al PRE en ambos grupos. Estos resultados coinciden con los obtenidos en estudios anteriores (8,24,36), los cuales mostraron un descenso en las variables del dominio del tiempo y un aumento en las variables de FC, asociadas al aumento de la fatiga competitiva. Además, la presente investigación aporta información diferenciada, atendiendo al resultado obtenido en el partido, coincidiendo los resultados obtenidos con un estudio anterior realizado con jugadores de bádminton (25). Estos autores encontraron descensos en las variables del dominio del tiempo de los valores POST con respecto al PRE en partidos de bádminton, tanto en los jugadores que ganaron como en los que perdieron, sin encontrarse diferencias significativas entre los grupos (25), resultados que coinciden con los obtenidos en el presente estudio ya que las variables del dominio del tiempo de la VFC no mostraron diferencias entre los ganadores y perdedores en la evolución PRE-POST de la VFC. Los resultados obtenidos sugieren que el nivel de fatiga puede haber sido parecido en ambos grupos. La ausencia de diferencias en la evolución de la VFC entre los jugadores ganadores y perdedores pueden deberse a que los partidos analizados fueron disputados entre jugadores de nivel similar, con marcadores muy ajustados y exigencia competitiva alta hasta el final de los partidos. Por lo tanto, podría ser interesante en futuros estudios analizar si la evolución de la VFC puede estar asociada a la carga de la competición y si la carga competitiva es distinta para los jugadores ganadores o perdedores.

Las variables del dominio de la frecuencia descomponen la potencia de la señal RR en diferentes componentes frecuenciales, mostrando así el estado del sistema nervioso autónomo (15). A pesar de que el análisis de las variables del dominio de la frecuencia se

ha utilizado anteriormente en otros deportes para analizar la fatiga post partido (21,24,25,35), no se ha utilizado anteriormente en tenis de mesa. Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron un descenso en el LF Power (log) y HF Power (log) comparando los valores POST con los valores PRE, tanto en los jugadores que ganan como en los que pierden el partido. Estos resultados concuerdan parcialmente con estudios anteriores en bádminton (24,25), rugby (21), baloncesto y fútbol (35). En jugadores de bádminton, se encontraron descensos en HF Power (%) comparando valores pre y post partido, pero no se obtuvo esa diferencia en LF Power (%) (24,25). Por otro lado, en jugadores de rugby (21), baloncesto y fútbol (35), aunque no diferencian entre jugadores que ganan y pierden el partido, se obtuvo un descenso en el post con respecto al pre ejercicio tanto en LF como en HF, mostrando así una activación del sistema nervioso simpático inducido por el ejercicio. Así mismo, en el presente estudio, no se observaron cambios significativos entre los valores pre y post partido en la variable LF/HF en ninguno de los dos grupos. Sin embargo, estudios anteriores encontraron un aumento significativo en esta variable en jugadores de bádminton (24,25), de fútbol o de baloncesto (35) y de atletas (36), mostrando así una mayor activación del sistema simpático después de la competición respecto a valores previos a la competición. Una de las principales novedades del presente estudio, es que analiza la evolución de la VFC de forma diferenciada atendiendo al resultado del partido (ganar o perder) en tenis de mesa. Los resultados obtenidos sugieren que las variables LF Power ( $ms^2$ ), HF Power ( $ms^2$ ), HF Power (u.n.) y LF Power (u.n.) mostraron tendencias diferentes en función del resultado del partido. En el grupo que ganó el partido, se observaron descensos en la variable LF Power ( $ms^2$ ), mientras que la variable HF Power ( $ms^2$ ) aumentaba y las variables LF Power (u.n.) y HF Power (u.n.) no variaban, comparando los valores PRE y POST partido. Por otro lado, en el grupo que perdió el partido se observó que las variables HF Power

(ms<sup>2</sup>) y HF Power (u.n.) descendían, mientras que las variables LF Power (ms<sup>2</sup>) y LF Power (u.n.) aumentaban, comparando los valores antes y después del partido. Estos resultados no coinciden con los resultados obtenidos en un estudio similar realizado con jugadores de bádminton (25), en el que observaron las mismas tendencias pre-post tanto en los jugadores que ganan como los que pierden el partido, excepto para la variable LF Power (%), que a pesar de que las diferencias pre-post no fueron significativas, en el grupo que ganaba se observaba un descenso en esta variable, mientras que en el grupo que perdía el partido se observaba un aumento. Tal y como indican estudios anteriores (7,18), es posible que estos resultados contradictorios se deban, por un lado, a que los valores del dominio de la frecuencia pueden estar afectados por los patrones de respiración, los cuáles no se controlaron en esta investigación, y por otro lado, a que el tipo de ejercicio realizado pueda afectar a las variables del dominio de la frecuencia (34), así como la atención, el estrés o el estado anímico del deportista (7,25). En este sentido, tal y como indican otros estudios (18), se recomienda que se realice el análisis de la VFC mediante el dominio del tiempo o medidas no lineales, ya que aportan datos independientemente del patrón de respiración. De cara a futuras investigaciones, convendría analizar aspectos como la gestión del estrés o la respiración, con el fin de conocer cómo afectan en los valores del dominio de la frecuencia en función del resultado del partido.

Como se ha comentado anteriormente, las variables no lineales de la VFC muestran la modulación parasimpática sin la afectación de la respiración (19). Los métodos no lineales se han utilizado anteriormente en otros deportes como herramienta de análisis de fatiga (8,22,24,25). Los resultados de este estudio muestran un descenso significativo entre el PRE y el POST en SD1 y SD2 tanto en los jugadores que ganan como en los que pierden el partido. Estos resultados concuerdan con estudios realizados anteriormente en



otros deportes de raqueta como el bádminton (8,22,24,25), en los que se produce un aumento de la actividad simpática y una reducción de la actividad parasimpática al final del partido con respecto al inicio. Sin embargo, contrariamente a los resultados obtenidos en las variables del dominio de la frecuencia, no existen diferencias entre los jugadores que ganaron y los que perdieron en las variables no lineales, coincidiendo los resultados obtenidos con un estudio anterior realizado con jugadores de bádminton (25). Estas diferencias en las tendencias observadas entre los valores de las variables del dominio de la frecuencia y de las variables no lineales de la VCF pueden ser debidas a que en los métodos no lineales los patrones de respiración no afectan a los resultados obtenidos (7,18,25), mientras que la respiración sí puede afectar a las variables del dominio de la frecuencia.

A pesar de que anteriores investigadores observaron que la duración y el tiempo de la sesión del ejercicio afectan directamente a la VFC (7), debido principalmente a la activación del sistema simpático y descenso de la actividad del sistema nervioso parasimpático, existe controversia en este aspecto. Contrariamente a los resultados expuestos en estudios previos (7), un estudio realizado con corredores de larga distancia mostró que la VFC inmediatamente post ejercicio no estaba relacionada con la duración del ejercicio (37). Sin embargo, estos autores exponen que cuanto mayor intensidad tenía el ejercicio, más tiempo debía transcurrir para que los valores de la VFC post ejercicio volvieran a los valores basales (37). En el presente estudio, a excepción de la FC Min, no se encontraron correlaciones significativas entre las variables de la VFC y la duración del partido de tenis de mesa ni en el grupo de jugadores que ganó ni en el que perdió el partido. La ausencia de asociación significativa entre la duración del partido y los parámetros de la VFC obtenida en este estudio parecen confirmar las conclusiones obtenidas en estudios anteriores (37,38), en los que se expone que, tanto en ejercicio de

carácter continuo como intermitente, la VFC puede estar influenciada en mayor medida por la intensidad del ejercicio que por su duración. Por lo tanto, en futuros estudios sería interesante controlar la evolución de la VFC y además cuantificar la intensidad del partido, para analizar si existe alguna asociación entre ambas variables.

La limitación principal de este estudio es la ausencia de investigaciones previas con las que comparar los resultados obtenidos, tan solo permitiendo comparar las diferencias pre y post partido en la VFC en función del resultado de la competición con el bádminton. Tampoco hemos encontrado ningún estudio que analizara la VFC en jugadores de tenis de mesa, teniendo que comparar los resultados obtenidos con otros deportes similares como el bádminton y otras modalidades menos similares como el fútbol, el baloncesto o el rugby. Por otro lado, los resultados se obtuvieron mediante partidos simulados, por lo que es posible que, en una competición real, el estrés psicológico, entre otros factores, pudieran afectar de distinta forma al comportamiento de la VFC. Sería conveniente que en futuros estudios se analizara si la VFC varía en función del resultado del partido en competición oficial, controlando otras variables que afectan a la VFC como la intensidad del partido, la calidad del sueño o el estrés competitivo.

### **Conclusiones**

Tal y como se ha observado en este estudio, existe un descenso en la VFC después de disputar un partido simulado de tenis de mesa, debido al esfuerzo realizado, independientemente del resultado del partido. Sin embargo, a pesar de que se observen descensos tanto en las variables del dominio del tiempo como en las variables no lineales en ambos grupos, no existe esta tendencia en las variables del dominio de la frecuencia, posiblemente debido a la afectación de la respiración en estas variables. Por otro lado, los

resultados obtenidos en el presente estudio parecen evidenciar que no existe relación entre la duración del partido de tenis de mesa y la VFC.

#### **Agradecimientos**

Los autores agradecen el apoyo del subproyecto Enfoque de método mixto en el análisis de rendimiento (en entrenamiento y competición) en el deporte de élite y academia [PGC2018-098742-B-C33] (2019-2021) [del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU), la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)], que forma parte del proyecto coordinado New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective (NARPAS\_MM) [SPGC201800X098742CV0].

#### **Bibliografía**

1. Katsikadelis M, Pililaidis T, Mantzouranis N. Test-retest reliability of the “table tennis specific battery test” in competitive level young players. *Eur Psychomot J.* 2014;6(1):3–11.
2. Zagatto AM, Morel EA, Gobatto CA. Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *J Strength Cond Res.* 2010;24(4):942–9.
3. Zagatto AM, Papoti M, Gobatto CA. Validity of critical frequency test for measuring table tennis aerobic endurance through specific protocol. *J Sport Sci Med.* 2008;7(4):461–6.
4. Melero C, Pradas de la Fuente F, Vargas C. Control biomédico del entrenamiento en tenis de mesa. Ejemplo de test de campo. *Apunt Educ Fis y Deport.*

- 2005;81(3):67–76.
5. Faber IR, Pion J, Munivrana G, Faber NR, Nijhuis-Van der Sanden MWG. Does a perceptuomotor skills assessment have added value to detect talent for table tennis in primary school children? *J Sports Sci.* 2018;36(23):2716–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2017.1316865>
  6. Abenza L, Olmedilla A, Martínez C. Proposal of psychological training integrated into sport training in two table tennis players table-tennis: an experience in the CAR Sant Cugat of Barcelona. *Inf psicológica.* 2016;112:74–94.
  7. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sport Med.* 2003;33(12):889–919. Available from: <http://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200333120-00003%5Cnpapers2://publication/uuid/022B56E6-1EFB-4E76-8D8E-F5AFE7FC4458>
  8. Garrido A, De la Cruz B, Garrido MA, Medina M, Naranjo J. Variabilidad de la frecuencia cardiaca en un deportista juvenil durante una competición de bádminton de máximo nivel. *Rev Andaluza Med del Deport.* 2009;2(2):70–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.04.003>
  9. Hernández-Cruz G, Quezada-Chacon JT, González-Fimbres RA, Flores-Miranda FJ, Naranjo-Orellana J, Rangel-Colmenero BR. Effect of consecutive matches on heart rate variability in elite volleyball players. *Rev Psicol del Deport.* 2017;26(2):9–14.
  10. Cervantes JC, Rodas G, Capdevila L. Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema.* 2009;21(4):531–6. Available from:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3320325&info=resumen&idioma=SPA>

11. Bricout VA, DeChenaud S, Favre-Juvin A. Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. *Auton Neurosci Basic Clin.* 2010;154(1–2):112–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autneu.2009.12.001>
12. Laborde S, Mosley E, Thayer JF. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Front Psychol.* 2017;8:1–18.
13. Gavrilova EA. Heart rate variability and sports. *Hum Physiol.* 2016;42(5):571–8. Available from: <http://link.springer.com/10.1134/S036211971605008X>
14. Vanderlei LCM, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy MF. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Brazilian J Med Biol Res.* 2008;41(10):854–9.
15. Rodas G, Caballido CP, Ramos J, Capdevila L. Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Arch Med del Deport.* 2008;XXV(123):41–7.
16. Bourdillon N, Schmitt L, Yazdani S, Vesin JM, Millet GP. Minimal window duration for accurate HRV recording in athletes. *Front Neurosci.* 2017;11:456.
17. Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiol Behav.* 2017;181:86–94. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.09.004>
18. Saboul D, Pialoux V, Hautier C. The impact of breathing on HRV measurements: Implications for the longitudinal follow-up of athletes. *Eur J Sport Sci.*

- 2013;13(5):534–42.
19. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Front Physiol.* 2014;5(73):1–19.
  20. Makivic B, Nikic MD, Willis MS. Heart Rate Variability (HRV) as a Tool for Diagnostic and Monitoring Performance in Sport and Physical Activities. *J Exerc Physiol.* 2013;16(3):103–27.
  21. Edmonds RC, Sinclair WH, Leicht AS. Effect of a training week on heart rate variability in elite youth rugby league players. *Int J Sports Med.* 2013;34(12):1087–92.
  22. Garrido A, De La Cruz B, Medina M, Garrido MA, Naranjo J. Heart rate variability after three badminton matches. Are there gender differences? *Arch Med del Deport.* 2011;28(144):257–64.
  23. Fortes LS, da Costa BDV, Paes PP, do Nascimento Júnior JRA, Fiorese L, Ferreira MEC. Influence of competitive-anxiety on heart rate variability in swimmers. *J Sport Sci Med.* 2017;16(4):498–504.
  24. Bisschoff CA, Coetzee B, Esco MR. Relationship between autonomic markers of heart rate and subjective indicators of recovery status in male, elite badminton players. *J Sport Sci Med.* 2016;15(4):658–69.
  25. Bisschoff CA, Coetzee B, Esco MR. Heart rate variability and recovery as predictors of elite, African, male badminton players' performance levels. *Int J Perform Anal Sport.* 2018;18(1):1–16. Available from: <http://doi.org/10.1080/24748668.2018.1437868>
  26. Plews DJ, Laursen PB, Le Meur Y, Hausswirth C, Kilding AE, Buchheit M. Monitoring training with heart rate-variability: how much compliance is needed

- for valid assessment? *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(5):783–90. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24334285>
27. Schmitt L, Regnard J, Parmentier AL, Mauny F, Mourot L, Coulmy N, et al. Typology of “fatigue” by heart rate variability analysis in elite nordic-skiers. *Int J Sports Med.* 2015;36(12):999–1007.
  28. Buchheit M, Millet GP, Parisy A, Pourchez S, Laursen PB, Ahmaidi S. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(2):362–71.
  29. Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Heal.* 2017;5:1–17. Available from: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpubh.2017.00258/full>
  30. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
  31. Salaj S, Markovic G. Specificity of jumping, sprinting, and quick change of direction motor abilities. *J Strength Cond Res.* 2011;25(5):1249–55.
  32. Lucini D, Marchetti I, Spataro A, Malacarne M, Benzi M, Tamorri S, et al. Heart rate variability to monitor performance in elite athletes: Criticalities and avoidable pitfalls. *Int J Cardiol.* 2017;240:307–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.05.001>
  33. Ravé G, Fortrat JO. Heart rate variability in the standing position reflects training adaptation in professional soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(8):1575–82.
  34. Dong JG. The role of heart rate variability in sports physiology. *Exp Ther Med.* 2016;11(5):1531–6.

35. Esco MR, Williford HN, Flatt AA, Freeborn TJ, Nakamura FY. Ultra-shortened time-domain HRV parameters at rest and following exercise in athletes: an alternative to frequency computation of sympathovagal balance. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(1):175–84. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-017-3759-x>
36. Luft CDB, Takase E, Darby D. Heart rate variability and cognitive function: Effects of physical effort. *Biol Psychol.* 2009;82(2):196–201.
37. Saboul D, Balducci P, Millet G, Pialoux V, Hautier C. A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. *Eur J Sport Sci.* 2016;16(2):172–81. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2015.1004373>
38. Stanley J, Peake JM, Buchheit M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: Implications for training prescription. *Sport Med.* 2013;43(12):1259–77.



**Tabla 1.** Parámetros descriptores de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en el dominio del tiempo pre partido (PRE) y post partido (POST), divididos por el resultado obtenido en el partido (ganar o perder).

		PRE	POST	Δ. (%)	TE
Media RR (ms)	GANAR	784,81 ± 126,01	591,59 ± 90,04**	-24,62	-2,15
	PERDER	771,68 ± 125,02	574,96 ± 87,12**	-25,49	-2,26
	Δ. (%)	-1,67	-2,81		
	TE	-0,11	-0,19		
SDNN (ms)	GANAR	41,48 ± 16,47	31,97 ± 21,76**	-22,92	-0,44
	PERDER	38,79 ± 12,96	29,23 ± 20,64**	-24,64	-0,46
	Δ. (%)	-6,49	-8,57		
	TE	-0,21	-0,13		
FC Media (latidos/min)	GANAR	78,12 ± 11,06	103,60 ± 15,02**	32,62	1,7
	PERDER	79,49 ± 11,39	106,85 ± 17,54**	34,42	1,56
	Δ. (%)	1,75	3,13		
	TE	0,12	0,18		
FC STD (latidos/min)	GANAR	5,38 ± 2,34	5,89 ± 4,09	9,44	0,12
	PERDER	5,29 ± 1,49	5,62 ± 3,21	6,24	0,1
	Δ. (%)	-1,78	-4,65		
	TE	-0,06	-0,09		
FC Min (latidos/min)	GANAR	66,34 ± 7,32	85,48 ± 12,13**	28,86	1,58
	PERDER	68,17 ± 10,15	89,84 ± 17,31**	31,8	1,25
	Δ. (%)	2,76	5,1		
	TE	0,18	0,25		
FC Max (latidos/min)	GANAR	93,93 ± 16,86	131,42 ± 23,86**	39,91	1,57
	PERDER	96,27 ± 14,04	138,08 ± 24,12**	43,44	1,73
	Δ. (%)	2,48	5,07		
	TE	0,17	0,28		
LnRMSSD (ms)	GANAR	3,37 ± 0,56	2,92 ± 0,75**	-13,31	-0,6
	PERDER	3,25 ± 0,46	2,75 ± 0,71**	-15,33	-0,71
	Δ. (%)	-3,43	-5,69		
	TE	-0,25	-0,24		
pNN50 (%)	GANAR	12,36 ± 16,75	6,21 ± 11,73**	-49,78	-0,52
	PERDER	8,75 ± 11,16	3,13 ± 7,72**	-64,27	-0,73
	Δ. (%)	-29,16	-49,61		
	TE	-0,32	-0,4		

Media RR = Media del intervalo R-R, SDNN = Desviación estándar de los intervalos R-R, FC Media = Media de la frecuencia cardíaca, FC STD = Desviación estándar de la frecuencia cardíaca, FC Min = Frecuencia cardíaca mínima, FC Max = Frecuencia cardíaca máxima, LnRMSSD = Logaritmo natural de la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos R-R, pNN50 = Porcentaje de intervalos R-R consecutivos que discrepan más de 50 milisegundos entre sí, TE = Tamaño del efecto, Δ. (%) = Porcentaje de variación.

\*\*p < 0,01 diferencias significativas con respecto al PRE.

**Tabla 2.** Parámetros descriptores de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en el dominio de la frecuencia pre partido (PRE) y post partido (POST), divididos por el resultado obtenido en el partido (ganar o perder).

		PRE	POST	Δ. (%)	TE
LF Power (ms <sup>2</sup> )	GANAR	1250,28 ± 1263,59	756,09 ± 1099,08**	-39,53	-0,45
	PERDER	948,03 ± 836,46	998,96 ± 2500,83**	5,37	0,02
	Δ. (%)	-24,17	32,12		
	TE	-0,36	0,1		
LF Power (log)	GANAR	6,74 ± 0,89	6,06 ± 1,02**	-10,15	-0,67
	PERDER	6,55 ± 0,78	5,69 ± 1,54**	-13,22	-0,56
	Δ. (%)	-2,86	-6,18		
	TE	-0,25	-0,24		
LF Power (u.n.)	GANAR	68,02 ± 15,03	68,49 ± 18,78	0,69	0,03
	PERDER	68,79 ± 14,47	76,19 ± 14,53**	10,76	0,51
	Δ. (%)	1,12	11,24		
	TE	0,05	0,53		
HF Power (ms <sup>2</sup> )	GANAR	657,82 ± 935,46	816,72 ± 2431,46	24,16	0,07
	PERDER	439,21 ± 487,93	297,09 ± 789,74**	-32,36	-0,18
	Δ. (%)	-33,23	-63,62		
	TE	-0,45	-0,66		
HF Power (log)	GANAR	5,87 ± 1,03	5,17 ± 1,63**	-12,01	-0,43
	PERDER	5,66 ± 0,88	4,36 ± 1,58**	-22,95	-0,82
	Δ. (%)	-3,68	-15,65		
	TE	-0,25	-0,51		
HF Power (u.n.)	GANAR	31,91 ± 14,99	31,44 ± 18,76	-1,49	-0,03
	PERDER	31,13 ± 14,44	23,71 ± 14,45**	-23,83	-0,51
	Δ. (%)	-2,45	-24,58		
	TE	-0,05	-0,53		
LF/HF Power (ms <sup>2</sup> )	GANAR	3,32 ± 2,51	3,03 ± 1,63	-8,72	-0,18
	PERDER	4,06 ± 2,89	3,78 ± 2,69	-6,67	-0,1
	Δ. (%)	22,31	24,93		
	TE	0,26	0,28		

LF = Baja frecuencia, HF = Alta frecuencia, LF/HF = Ratio entre LF y HF, Power (ms<sup>2</sup>) = Fuerza absoluta, Power (log) = Fuerza logarítmica, Power (u.n.) = Fuerza normalizada, TE = Tamaño del efecto, Δ. (%) = Porcentaje de variación.

\*\*p < 0,01 diferencias significativas con respecto al PRE.

**Tabla 3.** Parámetros descriptores de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en el dominio no lineal pre partido (PRE) y post partido (POST), divididos por el resultado obtenido en el partido (ganar o perder).

		PRE	POST	Δ. (%)	TE
Diagrama de Poincaré, SD1	GANAR	24,47 ± 17,16	17,85 ± 17,47**	-27,05	-0,38
	PERDER	20,45 ± 10,95	14,43 ± 12,55**	-29,46	-0,48
	Δ. (%)	-16,41	-19,17		
	TE	-0,37	-0,27		
Diagrama de Poincaré, SD2	GANAR	52,48 ± 18,41	40,96 ± 26,06**	-21,95	-0,44
	PERDER	50,45 ± 16,12	37,73 ± 26,60**	-25,21	-0,48
	Δ. (%)	-3,87	-7,88		
	TE	-0,13	-0,12		
Diagrama de Poincaré, SD2/SD1	GANAR	2,60 ± 1,01	2,86 ± 0,94	10,04	0,28
	PERDER	2,79 ± 0,92	3,05 ± 1,10	9,34	0,24
	Δ. (%)	7,1	6,43		
	TE	0,2	0,17		

SD1 = Eje transversal del diagrama de Poincaré, SD2 = Eje longitudinal del diagrama de Poincaré, SD2/SD1 = Ratio entre SD1 y SD2, TE = Tamaño del efecto, Δ. (%) = Porcentaje de variación.

\*\*p < 0,01 diferencias significativas con respecto al PRE.

### 3.6. GIZAKIEKIN LOTUTAKO IKERKETETARAKO ETIKA BATZORDEA



NAZIOARTEKO  
BIKAINASUN  
CAMPUSA  
CAMPUS DE  
EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

IKERKETAREN ARLOKO ERREKTOREORDETZA  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

#### GIZAKIEKIN ETA HAUEN LAGIN ETA DATUEKIN EGINDAKO IKERKETETARAKO UPV/EHUKO ETIKA BATZORDEAREN TXOSTENA

#### INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA PARA LAS INVESTIGACIONES CON SERES HUMANOS, SUS MUESTRAS Y SUS DATOS (CEISH) DE LA UPV/EHU

Nik, M<sup>a</sup> Jesús Marcos Muñoz andreak, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitateko Ikerketa eta Irakaskuntzako Etika Batzordeko (IIEB) idazkariak, honako hau

M<sup>a</sup> Jesús Marcos Muñoz, Secretaria de la Comisión de Ética en la Investigación y la Docencia de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (CEID)

#### ZIURTATZEN DUT:

#### CERTIFICA QUE:

Gizakiekin Egindako Ikerketetarako Etika Batzordeak (GIEB), 2014ko otsailaren 17an EHAAn argitaratutako arautegian<sup>1</sup> ezarritako baldintzak betetzen dituenak, aztertu egin du **Jon Mikel Picabea Arburu** ikaslearen Doktorego tesiaren proiektua: "Cuantificación de la carga y de la fatiga en partidos y análisis de la condición física de jugadores de tenis de mesa de distintas categorías".

Que este Comité de Ética para la Investigación con Seres Humanos (CEISH), que reúne los requisitos establecidos en el BOPV de 17 de febrero de 2014<sup>2</sup>, ha evaluado el proyecto de Tesis Doctoral del investigador: **D. Jon Mikel Picabea Arburu**: "Cuantificación de la carga y de la fatiga en partidos y análisis de la condición física de jugadores de tenis de mesa de distintas categorías".

Kontuan hartu dira honako hauek:

Considerando que,

- Doktorego tesiaren proiektuaren tutoreen oniritzia aurkeztu da (tutoreak: Javier Yanci Irigoyen y Jesús Cámara Tobalina jnk).
- Doktorego tesiaren proiektuaren diseinua, xedea eta helburu zientifikoak egokiak dira eta ikasleak lana egiteko besteko gaitasuna dauka.
- Bete egiten dira laginaren aukeraketarako baldintzak, informazioa emateko prozedura eta baimena eskuratzekoa, datu pertsonalen babesa eta Doktorego tesiaren proiektua egiteko indarrean dauden legezko baldintzak.

- Se ha presentado el Visto Bueno de los tutores del proyecto de Tesis Doctoral: D. Javier Yanci Irigoyen y Jesús Cámara Tobalina.
- El proyecto de Tesis Doctoral propone un diseño, finalidad, objetivos científicos adecuados, y una cualificación del alumno suficiente para su realización.
- La selección de la muestra, el procedimiento de información y obtención del consentimiento, la protección de los datos personales y los requisitos normativos vigentes necesarios para llevar a cabo el proyecto de Tesis Doctoral, se cumplen.

GIEBek, bai osieran, bai Lanerako Prozedura Arautuari dagokionean, UPV/EHUK 2014ko otsailaren 17an emandako erabakia betetzen du, bai eta Praktika Onei buruzko Araudia ere.

El CEISH, tanto en su composición, como en su Procedimiento Normalizado de Trabajo, cumple con el Acuerdo de la UPV/EHU de 17 de febrero de 2014 y con las Normas de Buenas Prácticas.

Horrela, bada, GIEBek, 2016ko urtarrilaren 27an egindako bileran, aipatutako Doktorego tesiaren proiektuaren **ALDERO TXOSTENA** eman du (72/2016aktan jasota dago) proiektu hori ikasleak **Jon Mikel Picabea Arburu** egin dezan Javier Yanci Irigoyen eta Jesús Cámara Tobalina jaunaren gidaritzapean.

Ha emitido **INFORME FAVORABLE** en la sesión del CEISH celebrada el 27 de enero de 2016 (recogido en su acta 72/2016), a que dicho proyecto de Tesis Doctoral sea realizado, por el alumno **Jon Mikel Picabea Arburu**, bajo la tutela de D. Javier Yanci Irigoyen y Jesús Cámara Tobalina.

Eta hala sinatu dut Leioan, 2016ko otsailaren 11an

Lo que firmo en Leioa, a 11 de febrero de 2016

M<sup>a</sup> Jesús Marcos Muñoz  
Ikerketaren Etikako teknikaria/ Técnica de Ética en la Investigación  
IIEBeko idazkaria/ Secretaria CEID/IIEB

<sup>1</sup> UPV/EHÜren ikerkuntza eta irakaskuntzaren arloan etikako organoak arautzeko arautegia.

<sup>2</sup> Reglamento por el que se regulan los órganos de ética en la investigación y la práctica docente.

BIZKAIKO CAMPUSA  
CAMPUS DE BIZKAIA  
Sarriena Auzoa, z/g  
48961 EILKA

jesu.marcos@ehu.es

### 3.7. TESIAN ZEHAR EGINDAKO FORMAKUNTZAK

- 2015/2016
  - “I jornada de Organización de Eventos Deportivos” – Asociación de Federaciones Deportivas de Álava (AFDA)
- 2016/2017
  - “Cómo usar Whatsapp y las redes sociales con menores de edad en el entorno deportivo” – Kirolaren Euskal Eskola
- 2017/2018
  - “II curso asma deporte y salud. Estrategias para la educación en asma en centros de enseñanza” – Fundadeps
- 2018/2019
  - “Entrenamiento guiado por la variabilidad de la frecuencia cardíaca” – Exercise Physiology & Training
- 2019/2020
  - “La semilla de la corrupción” – Fundación Estadio Sociedad Deportiva
- 2020/2021
  - “Herramientas y recursos de información para doctorado” – Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU/UPV)
  - “Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas” – Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
- 2021/2022
  - “La revisión sistemática de la literatura (RSL) en la investigación educativa” – Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU/UPV)