



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Valoració funcional i bioenergètica en jugadors de basquetbol júniors d'alt nivell

Daniel Moreno Doutres

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



INEFC

Institut Nacional
d'Educació Física
de Catalunya



Adscrit a la Universitat de Barcelona



**UNIVERSITAT DE
BARCELONA**

Facultat d'Educació

Universitat de Barcelona

Facultat d'Educació

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya

Centre de Barcelona

Programa de Doctorat:

Activitat Física, Educació Física i Esport

**VALORACIÓ FUNCIONAL I BIOENERGÈTICA EN
JUGADORS DE BASQUETBOL JÚNIORS D'ALT NIVELL**

Tesi presentada per: Daniel Moreno Doutres

Dirigida per: Dr. Ferran A. Rodríguez Guisado

Dr. Xavier Iglesias Reig

Tutor: Dr. Xavier Iglesias Reig

Aquesta tesi doctoral ha comptat amb el suport del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la informació i del Fons Social Europeu, expedient 2005 FI 01125, conforme a la resolució de convocatòria UNI/2418/2004 de 6 de setembre de 2004, publicada al DOGC núm. 4219 del 15 de setembre de 2004.

I. DEDICATÒRIA

A la meva família. Inici de les meves
inquietuds, destí dels meus esforços.

II. DECLARACIÓ DE L'ESTUDIANT

Jo, Daniel Moreno Doutres, declaro que el present treball de Tesi Doctoral titulat "Valoració funcional i bioenergètica en jugadors de basquetbol júnior d'alt nivell", no conté material utilitzat amb anterioritat amb cap altra fi acadèmica. Així mateix, declaro que el present treball, excepte en els casos citats, ha estat resultat del treball propi i no vulnera els drets del treball de cap altra persona o institució.

III. RESUM

El basquetbol és un esport de caràcter intermitent amb esforços i pauses de durada variable. La present recerca intenta aportar coneixement sobre les demandes del joc i les característiques dels jugadors, i es va distribuir en sis parts: 1) anàlisi de les demandes del joc en situació quasi real (prova de joc); 2) descripció de la potència aeròbica màxima ($\dot{V}O_{2max}$) mitjançant una prova incremental en pista (prova de 20 m); 3) comparació de les demandes de la situació de joc amb demandes obtingudes de la prova màxima; 4) determinació de la relació entre el PdFC (punt de deflexió de la FC) i els llindars ventilatoris (LiV_1 i LiV_2) i amb el $\dot{V}O_{2max}$; 5) valoració de la capacitat predictiva d'ambdues proves, per estimar el $\dot{V}O_{2joc}$ mitjançant la freqüència cardíaca i 6) valoració de la capacitat predictiva d'ambdues proves per estimar les demandes energètiques en joc mitjançant la freqüència cardíaca. En l'estudi van participar 30 jugadors de basquetbol pertanyents a entitats esportives catalanes. Van ser dividits per nivell entre 'internacionals' i 'no internacionals', i per rol entre *guards*, *forwards* i *centers*. Els resultats de l'estudi mostren que durant la prova de joc, els jugadors assoleixen un $\dot{V}O_{2joc}$ proper al $\dot{V}O_{2max}$, amb pics de sol·licitació màxima. S'aporten càlculs amb la metodologia dels TRIMPs per valorar la càrrega durant el joc a través de la FC. La prova de joc es demostra vàlida per estimar els valors de $\dot{V}O_2$ durant el joc real en base a l'equació de regressió individual FC- $\dot{V}O_2$ i el registre de la FC durant el joc real. Els jugadors de basquetbol júnior mostren un nivell elevat de resistència aeròbica, tot i que el nivell de potència aeròbica màxima ($\dot{V}O_{2max}$) és de nivell mitjà en comparació amb altres esports, especialment els de resistència. La prova de 20

m presenta una capacitat predictiva moderada del $\dot{V}O_{2joc}$. L'estudi de la cinètica de l'oxigen ens acostava al coneixement de dos factors importants en els esports intermitents: l'activació i la recuperació. El PdFC es va situar entre el LiV_2 i el $\dot{V}O_{2max}$. Comparant les dues proves utilitzades, es constata que tot i els pics de sol·licitació major, que poden arribar en algun punt al 100% del $\dot{V}O_{2max}$, la prova de joc no és del tot maximal, mentre que la prova de 20 m sí compleix els criteris de maximalitat. Els jugadors de nivell internacional rendeixen més i tenen majors nivells de $\dot{V}O_{2max}$ i de despesa energètica en ambdues proves. En funció del rol de joc, el grup de *guards* presenten els majors nivells de potència aeròbica, molt probablement per la major exigència física de la seva funció dins l'equip. Per la mateixa raó, el menor rendiment el mostren el grup de *centers*. Els *forwards*, en canvi, són els jugadors amb un nivell més elevat de resistència aeròbica (LiV_1 i LiV_2 situats més a prop del $\dot{V}O_{2max}$).

IV. ABSTRACT

Basketball is an intermittent sport with variable efforts and recovery periods. The aim of the present research is to provide insight about the game requirements and players' characteristics, and is divided into six sections: 1) analysis of the game requirements in simulated game situation (game test); 2) description of the maximal aerobic power (VO_{2max}) by using an incremental test (20 meters shuttle-run test); 3) comparative study of the in-game requirements and maximal test requirements; 4) determination of the relationship between the HRdP (heart rate deflection point), ventilatory thresholds (VT_1 i VT_2) and VO_{2max} ; 5) assessment of the predictive ability of both tests to obtain an estimation of the VO_{2game} with the HR (heart rate) and 6) assessment of the predictive power of both tests to obtain an in-game estimation of the energy expenditure using the HR. Thirty basketball players, belonging to Catalan basketball organizations, participated in the study. The subjects were divided into 'national team' and 'non-national team' groups according to his performance level and into 'guards', 'forwards' and 'centers' in agreement with their playing role. The results showed that when using the simulated game test, players reached a high VO_{2game} near to their VO_{2max} , with peaks of maximum demands. We provided calculations to obtain the game load by using the TRIMPs methodology. The game test has proven to be valid to estimate VO_2 values during game situations based on the HR- VO_2 individual regression and the HR recordings performed during the actual game. Junior basketball players showed a high level of aerobic performance despite their intermediate level of aerobic power (VO_{2max}). The 20 meters shuttle-run test

showed a moderate predictive ability of VO_2 game. The study of the oxygen uptake kinetics provided knowledge of two key factors in intermittent activities: on and off-transient kinetics. The HRdP stood between the VT2 and the VO_2 max. Between tests comparison revealed that, despite some specific peaks that may at some point reach 100% of VO_2 max, game test is not maximal at all while 20 meters shuttle-run test really is. National team players performed better and showed better VO_2 max levels and higher energy expenditure profile in both tests. Based on the playing role, guards showed better aerobic power, more than probably due to the higher demands of this position during the game. For this reason worse performance was showed by centers whereas, forwards were the role with the better aerobic performance profile (VT_1 and VT_2 near VO_2 max).

V. AGRAÏMENTS

La finalització d'una tesi doctoral no és només la culminació d'un treball extens, sinó també, la clausura d'un projecte i una etapa. Degut a que aquesta, s'extén durant alguns anys, moltes són les persones que, amb la seva aportació, fan que aquest projecte personal arribi a bon port. Es just, doncs, fer-ne reconeixement.

En primer lloc vull agrair als meus directors el Dr. Ferran A. Rodriguez, qui em va donar la primera empenta en la recerca, i el Dr. Xavier Iglesias, qui ha estat un gran suport en la part final, el seu temps i la transmissió de la seva sabiduria.

En segon lloc vull agrair l'Institut Nacional d'Educació Física de Barcelona, per haver posat molts dels mitjans de recerca a la meva disposició i facilitar tota la tasca experimental. Durant tot el procés de cursos de doctorat, recerca i el-laboració del document de tesi, tota la estructura de la sots-direcció de recerca ha estat cabdal en el desenvolupament de les nombroses tasques acadèmiques i administratives. Resto molt agraït a la Maribel Pérez, la Nati Arnaiz, el Dr. Javier Olivera, el Dr, Gerard Moras i el Dr. Joan Cadafau.

Mercès al Club Basquetbol Cornellà, Club Basquetbol Sant Josep Badalona, Club Esportiu Lleida Basquetbol, Club Joventut de Badalona, Unió Esportiva Manresa i Unió Esportiva Mataró, per obrir-me les portes i donar-me totes les facilitats per dur endavant la fase experimental. Moltíssimes gràcies Sergi,

Óscar, Eric, Oriol, Eduard, Marc, Carles, Edgar, Josep, Marcel, David, Marc, Oriol, Dmitry, Nacho, Gerbert, Rafa, Carlos, Marc, Josep Ma., Albert, Alberto, Pau, Phil, Marc, Ricky, Serginesam, Santi, Jaume, Jaume, Juanpi, Albert i Pere pel vostre esforç desinteressat.

El suport del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la informació i del Fons Social Europeu, i la gestió del AGAUR van permetre la meua dedicació a aquest treball gran part del seu desenvolupament.

Moltes de les preguntes a les quals he buscat donar resposta amb aquest treball han sorgit de la meua tasca entrenant jugadors de basquetbol. Tots els anys passats al Club Joventut de Badalona han estat, i són, un esenyament a tots els nivells. Per tots els que han conformat i conformen el club, el meu agraïment.

Vull recordar també tots els professors que han deixant empremta en la meua formació, primer al Col·legi Badalonés, més tard a Institut Nacional d'Educació Física de Barcelona i al Centro Olímpico de Estudios Superiores. M'agradaria remarcar la tasca dels meus professors de l'assignatura de basquetbol durant l'època universitària, els senyors Nino Buscató i Marcel·lí Massafret.

Durant el meu camí al Club Joventut de Badalona, he tingut la sort de trobar un gran company que sempre ha dipositat molta confiança en la meua persona, gràcies Sr. Jordi Martí.

Un record també per al Sr. Sergi Vives qui va escoltar i confiar i donar suport a aquest projecte.

De la meva època com a jugador de formació recordo el Sr. Fede Rodríguez (D.E.P.) qui ens va nodrir d'experiències esportives i molt personalment, el Sr. Baltasar Molina, sempre un referent de la figura d'un entrenador. De la meva època com entrenador de formació sempre estaré en deute amb la generació'85 de l'A.E. Badalonés, un laboratori d'aprenentatge i educació esportiva increïble.

En aquest viatge de descobriment, el millor l'he trobat en el camí. Són vosaltres companys del *Fantastic Four* (*Mr. Fantastic*, *Wonder Woman* i *The Rock*) els que heu demostrat que la col·laboració i discussió en la recerca són un plaer per sobre de qualsevol reconeixement. El meu record per vosaltres Dr. Busquets, Dra. Aranda i Dr. Usach. Afegeixo que sóc conscient de la llibertat que m'he pres en l'elecció dels personatges.

El meu amic Sr. Jordi Mateu, company de batalles des que èrem joves i el Dr. Xavi Peña, company i col·lega. *Anything, Anytime, Anywhere*.

En totes les històries èpiques sempre hi ha personatges amb transcendència i que canvien d'alguna manera el destí. *Helena* va aparèixer a l'inici i ha estat per ajudar-me al final. Una història que algú ja va escriure, però que va errar en el desenllaç.

He de tenir un record molt especial, a tres éssers que m'han acompanyat durant hores davant la pantalla mostrant-me incondicionalment el seu afecte, per ells també la meva eterna gratitud Dana (D.E.P.), Pablito i Lua.

En tota tasca que emprengui sempre hauran deixat una profunda marca els meus avis, que em van acompanyar a l'inici d'aquest treball, i que espero que n'estiguin tant orgullosos com jo agraït, la Sra. Mercedes Moreno (D.E.P.), la Sra. Madrona Arisa (D.E.P.) i el Sr. Francesc Doutres (D.E.P.).

Gràcies Papa (Sr. Tomàs Moreno) per ensenyar-me a descobrir la vida i mostrar-me el camí del pensament crític. Gràcies Mama (Sra. Josefa Doutres) per inculcar-me els valors d'esforç i responsabilitat amb tanta tendresa.

Toute grande passion débouche sur l'infini.

Michel Houellebecq

(L'Extensión du domaine de la lutte)

VI. ÍNDEX DE CONTINGUTS

I.	DEDICATÒRIA -----	V
II.	DECLARACIÓ DE L'ESTUDIANT -----	VII
III.	RESUM -----	IX
IV.	ABSTRACT -----	XI
V.	AGRAÏMENTS -----	XIII
VI.	ÍNDEX DE CONTINGUTS -----	XVII
VII.	ÍNDEX DE FIGURES -----	XXIII
IX.	GLOSSARI- ABREVIATURES -----	XXXI
1.	INTRODUCCIÓ -----	1
1.1.	LES CARACTERÍSTIQUES DEL JOC -----	2
1.1.1.	CARACTERÍSTIQUES ESPACIALS -----	2
1.1.2.	CARACTERÍSTIQUES TEMPORALS -----	3
1.1.3.	CARACTERÍSTIQUES DELS JUGADORS -----	6
1.2.	L'ENTRENAMENT EN BASQUETBOL -----	9
1.3.	VALORACIÓ FUNCIONAL EN JUGADORS DE BASQUETBOL ----	10
1.3.1.	LA RESISTÈNCIA EN LES ACTIVITATS INTERMITENTS -----	11
1.3.2.	LA RESISTÈNCIA EN EL BASQUETBOL -----	12

1.4. BIOENERGÈTICA EN JUGADORS DE BASQUETBOL	15
2. OBJECTIUS	17
2.1. OBJECTIU GENERAL	17
2.2. OBJECTIUS ESPECÍFICS	17
3. DISSENY DE LA INVESTIGACIÓ	19
3.1. SUBJECTES	19
3.2. PROCEDIMENTS	20
3.3. SUBJECTES	21
3.4. CRITERIS D'INCLUSIÓ	21
4. DEMANDES FISIOLÒGIQUES DEL BASQUETBOL EN SITUACIÓ DE JOC SIMULAT	23
4.1. INTRODUCCIÓ	23
4.2. OBJECTIUS	27
4.3. MATERIAL I MÈTODE	28
4.3.1. SUBJECTES	28
4.3.2. DISSENY	30
4.3.3. MATERIAL	31
4.3.4. PROTOCOL	36
4.3.5. VARIABLES D'ESTUDI	38
4.3.6. ANÀLISI DE DADES I ESTADÍSTICA	42
4.4. RESULTATS	48

4.4.1. RESPOSTA CARDIOVASCULAR -----	48
4.4.2. RESPOSTA VENTILATÒRIA -----	52
4.4.3. RESPOSTA METABÒLICA-----	57
4.4.4. RESPOSTA BIOENERGÈTICA -----	62
4.5. DISCUSSIÓ -----	67
4.5.1. RESPOSTA VENTILATÒRIA -----	71
4.5.2. RESPOSTA METABÒLICA-----	72
4.5.3. RESPOSTA BIOENERGÈTICA -----	78
4.5.4. CÀLCUL DE LA CÀRREGA MITJANÇANT ELS TRIMPS -----	84
4.6. CONCLUSIONS-----	86
5. VALORACIÓ FUNCIONAL EN JUGADORS DE BASQUETBOL: LA PROVA DE 20 M-----	89
5.1. INTRODUCCIÓ-----	89
5.2. OBJECTIUS-----	92
5.3. MATERIAL I MÈTODE -----	92
5.3.1. SUBJECTES-----	92
5.3.2. DISSENY -----	93
5.3.3. MATERIAL-----	93
5.3.4. PROTOCOL-----	95
5.3.5. VARIABLES D'ESTUDI -----	97
5.3.6. ANÀLISI DE DADES I ESTADÍSTICA -----	100
5.4. RESULTATS -----	106
5.4.1. RESPOSTA CARDIOVASCULAR -----	108
5.4.2. RESPOSTA VENTILATÒRIA -----	112

5.4.3. RESPOSTA METABÒLICA-----	117
5.4.4. RESPOSTA BIOENERGÈTICA -----	122
5.4.5. VALIDESA DE LA PROVA DE 20 M PER PREDIR EL $\dot{V}O_2$ I $\dot{V}O_2$ MAX-----	127
5.4.6. VALIDESA DE LA METODOLOGIA DE CONCONI PER OBTENIR UN LLINDAR METABÒLIC A TRAVÉS DE LA FC--	133
5.5. DISCUSSIÓ -----	136
5.6. CONCLUSIONS-----	157
 6. RELACIÓ ENTRE LES DEMANDES FISIOLÒGIQUES DELS JUGADORS EN JOC SIMULAT I EN LA PROVA DE 20 M-----	 159
6.1. INTRODUCCIÓ-----	159
6.2. OBJECTIUS -----	161
6.3. MATERIAL I MÈTODE -----	162
6.3.1. SUBJECTES-----	162
6.3.2. MATERIAL-----	162
6.3.3. VARIABLES D'ESTUDI -----	162
6.3.4. ANÀLISI DE DADES I ESTADÍSTICA -----	165
6.4. RESULTATS -----	166
6.4.1. RELACIÓ DE LES RESPOSTES CARDIOVASCULARS -----	168
6.4.2. RELACIÓ DE LES RESPOSTES VENTILATÒRIES-----	170
6.4.3. RELACIÓ DE LES RESPOSTES METABÒLIQUES-----	172
6.4.4. RELACIÓ DE LES RESPOSTES BIOENERGÈTIQUES -----	174
6.5. DISCUSSIÓ -----	180
6.6. CONCLUSIONS-----	184

7. VALIDESA DE L'ESTIMACIÓ DE LES DEMANDES BIOENERGÈTIQUES DURANT EL JOC EN BASE A LA FREQUÈNCIA CARDÍACA -----	185
7.1. INTRODUCCIÓ-----	185
7.2. OBJECTIUS -----	187
7.3. MATERIAL I MÈTODE -----	188
7.3.1. SUBJECTES -----	188
7.3.2. DISSENY -----	188
7.3.3. MATERIAL-----	191
7.3.4. VARIABLES D'ESTUDI -----	191
7.3.5. ANÀLISI DE DADES I ESTADÍSTICA -----	192
7.4. RESULTATS -----	193
7.5. DISCUSSIÓ -----	204
7.6. CONCLUSIONS-----	209
8. CONCLUSIONS GENERALS-----	211
9. LIMITACIONS, APLICACIONS I PERSPECTIVES FUTURES DE RECERCA -----	215
10. REFERÈNCIES-----	219
11. ANNEX-----	257
11.1.DESCRIPCIÓ DEL FUNCIONAMENT DEL K4B ² -----	257
11.2.METODOLOGIA: ESCALFAMENT DE LA PROVA DE 20 M-----	260

11.3.METODOLOGIA: ESCALFAMENT DE LA PROVA DE JOC SIMULAT-----	261
11.4.CRONOLOGIA DE LA PROVA DE JOC SIMULAT-----	262
11.5.CRONOLOGIA DE LA PROVA DE 20 M-----	265

VII. ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. El basquetbol és molt present al nostre país.....	1
Figura 2. Representació gràfica d'una pista oficial de basquetbol.....	3
Figura 3. El basquetbol requereix d'altres intensitats	4
Figura 4. Les diferents característiques dels jugadors defineixen el seu rol	7
Figura 5. L'entrenament del basquetbol s'orienta a desenvolupar les capacitats necessàries pel joc.....	10
Figura 6. Els desplaçaments en basquetbols són variats.....	13
Figura 7. Esquema de la cronologia de les valoracions	21
Figura 8. Les diferents accions i rols fan difícil predir les necessitats bioenergètiques en el basquetbol.....	26
Figura 9. Moment de la valoració on el joc es desenvolupa amb normalitat	31
Figura 10. Detall del muntatge de la màscara on s'emplacen la turbina i el permapure	32
Figura 11. Muntatge de l'arnès on es disposa el K4b ² i la bateria	33
Figura 12. Detall del muntatge del K4b ² : bateries i unitat receptora.....	35
Figura 13. Col·locació de l'analitzador de gasos en un dels jugadors participants	37
Figura 14. Cronograma de la prova de joc simulat.....	38
Figura 15. Muntatge del PC i connexió amb el K4b ²	43
Figura 17. Moment del joc on es produeix lluita prop de la cistella	49
Figura 18. Distribució percentual de la FC en joc.....	51
Figura 19. Jugador del grup de centers realitzant una acció durant la prova de joc simulat	56

Figura 20. La prova de joc requereix accions similars a la competició.....	61
Figura 21. El basquetbol requereix d'accions d'alta intensitat.....	70
Figura 22. El rol de <i>guard</i> apareix com el de major rendiment aeròbic.....	77
Figura 23. La despesa energètica està lligada al rol dels jugadors.....	82
Figura 24. Progressió de la càrrega en la prova de 20 m.....	95
Figura 25. Esquema del muntatge de la prova de 20 m.....	96
Figura 26. Cronograma de la prova.....	97
Figura 27. Detall de la mesura en temps real d'una prova de 20 m.....	105
Figura 28. Moment d'una prova de 20 m.....	106
Figura 29. Moment de pivot en una prova de 20 m.....	116
Figura 30. Un dels participants a l'estudi en plena prova de 20 m.....	119
Figura 31. Regressió entre les rectes executades en la prova de 20 m i el $\dot{V}O_2 \cdot kg^{-1}$	127
Figura 32. $\dot{V}O_2 \cdot kg^{-1}$ en jugadors no internacionals i internacionals durant la prova de 20 metres.....	128
Figura 33. Regressió entre les rectes executades i el $\dot{V}O_2$ en els <i>guards</i>	129
Figura 34. Moment de la recuperació després d'una prova de 20 m.....	130
Figura 35. Correlació entre les rectes executades i el consum d'oxigen en els <i>forwards</i>	131
Figura 36. Correlació entre el nombre de rectes complertades i el $\dot{V}O_2$ en els <i>centers</i>	132
Figura 37. Anàlisi de regressió entre el nombre de rectes complertades al final de la prova i el $\dot{V}O_2$ expressat en relació al pes corporal elevat als exponents 1, 2/3, 3/4.....	133

Figura 38. Correlacions entre el PdFC i la FC en la FCmax i en els LiV2 i LiV1. En discontinu es mostra la línia d'identitat teòrica entre les dues mesures....	134
Figura 39. Assessorament als tècnics amb les dades de la prova de 20 m ...	156
Figura 40. La prova de 20 m és maximal i fins a l'esgotament.....	190
Figura 41. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot kg^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de subjectes (n=30). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.....	195
Figura 42. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot kg^{-1}$ estimat mitjançant la prova de 20 m i mesurat en joc). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.	196
Figura 43. Relació entre la FC i el consum d'oxigen en joc.....	197
Figura 44. Correlació entre el $\dot{V}O_2$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors no internacionals (n = 17). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.....	198
Figura 45. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot kg^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors internacionals (n = 13). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.....	199
Figura 46. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot kg^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors <i>guards</i> (n = 13). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.....	200
Figura 47. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot kg^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors <i>forwards</i> (n = 11). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.....	201

Figura 48. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors *centers* (n = 6). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica..... 202

Figura 49. Correlació entre la FC i les demandes bioenergètiques relatives al pes durant el joc simulat..... 203

VIII. ÍNDEX DE TAULES

Taula 1: Classificació dels jugadors en funció del seu rol.	6
Taula 2. Relació de resultats en els estudis més rellevants de temps d'acció.	14
Taula 3. Característiques dels jugadors participants en l'estudi (n=30).	28
Taula 4. Freqüència cardíaca màxima (FCmax joc) i mitjana (\overline{FC} joc) de la prova de joc en funció del nivell.	50
Taula 5. Freqüència cardíaca màxima (FCmax joc) i mitjana (\overline{FC} joc) de la prova de joc en funció del rol.	50
Taula 6. Valors ventilatoris absoluts mitjans ($\overline{V}E$ joc), màxims ($\dot{V}E$ max joc) i mínims ($\dot{V}E$ min joc) de la prova de joc en funció del nivell.....	53
Taula 7. Valors ventilatoris absoluts mitjans ($\overline{V}E$ joc), màxims ($\dot{V}E$ max joc) i mínims ($\dot{V}E$ min joc) de la prova de joc en funció del rol.....	54
Taula 8. Valors de consum d'oxigen relatius al pes mitjans ($\overline{V}O_2$ joc), pic ($\dot{V}O_2$ joc) i relatius al màxim ($\dot{V}O_2$ max joc/ $\dot{V}O_2$ max), així com la càrrega en funció del temps (TRIMPs \cdot min ⁻¹) de la prova de joc en funció del nivell.....	58
Taula 9. Valors de consum d'oxigen relatius al pes mitjans ($\overline{V}O_2$ joc), pic ($\dot{V}O_2$ joc) i relatius al màxim ($\dot{V}O_2$ max joc/ $\dot{V}O_2$ max), així com la càrrega en funció del temps (TRIMPs \cdot min ⁻¹) de la prova de joc en funció del rol.....	60
Taula 10. Despesa energètica màxima absoluta (EEmax), relativa a la superfície corporal (EEmax bsa), i al pes (EEmax pes), i despesa mitjana absoluta ($\overline{E}E$), relativa a la superfície corporal ($\overline{E}E$ bsa) i al pes ($\overline{E}E$ pes) de la prova de joc en funció del nivell.	63

Taula 11. Despesa energètica màxima absoluta (EE_{max}), relativa a la superfície corporal ($EE_{max\ bsa}$), i al pes ($EE_{max\ pes}$), i despesa mitjana absoluta (\bar{EE}), relativa a la superfície corporal (\bar{EE}_{bsa}) i al pes (\bar{EE}_{pes}) de la prova de joc en funció del rol.....	65
Taula 12. Nombre de rectes recorregudes durant la prova de 20 m en funció del nivell.	107
Taula 13. Nombre de rectes recorregudes durant la prova de 20 m en funció del rol.	107
Taula 14. Mitjanes de les freqüències cardíaques màximes (FC_{max}), i de les freqüències en el llinar ventilatori 1 ($FCLiV_1$) i en el llinar ventilatori 2 ($FCLiV_2$) durant la prova de 20 m en funció del nivell.	109
Taula 15. Mitjanes de les freqüències cardíaques màximes (FC_{max}), i de les freqüències en el llinar ventilatori 1 ($FCLiV_1$) i en el llinar ventilatori 2 ($FCLiV_2$) durant la prova de 20 m en funció del rol.	110
Taula 16. Ventilació mitjana ($\bar{V}E_{20m}$), màxima ($\dot{V}E_{max\ 20m}$) i mínima ($\dot{V}E_{min\ 20m}$) durant la prova de 20 m en funció del nivell.	113
Taula 17. Ventilació mitjana ($\bar{V}E_{20m}$), màxima ($\dot{V}E_{max\ 20m}$) i mínima ($\dot{V}E_{min\ 20m}$) durant la prova de 20 m en funció del rol.	115
Taula 18. Consum d'oxigen màxim ($\dot{V}O_{2max}$), llinar ventilatori 1 (LiV_1) i la seva posició relativa respecte el màxim, llinar ventilatori 2 (LiV_2) i la seva posició respecte el màxim, la constant de temps (τ) la amplitud de la resposta de la cinètica de recuperació ($\Delta \dot{V}O_2$), dèficit acumulat d'oxigen (DAO) i dèficit acumulat d'oxigen relatiu al pes (DAO·pes) durant la prova de 20 m en funció del nivell.	118

Taula 19. Consum d'oxigen màxim ($\dot{V}O_2\text{max}$), llindar ventilatori 1 (LiV_1) i la seva posició relativa respecte el màxim, llindar ventilatori 2 (LiV_2) i la seva posició respecte el màxim, la constant de temps (τ) la amplitud de la resposta de la cinètica de recuperació ($\Delta \dot{V}O_2$), dèficit acumulat d'oxigen (DAO) i dèficit acumulat d'oxigen relatiu al pes (DAO-pes) durant la prova de 20 m en funció del rol. 120

Taula 20. Despesa energètica màxima absoluta (EE_{max}), relativa a la superfície corporal (EE_{max bsa}) i al pes (EE_{max pes}); i despesa mitjana absoluta ($\bar{E}E$), relativa a la superfície corporal ($\bar{E}E\text{bsa}$) i al pes ($\bar{E}E\text{pes}$) de la prova de 20 m en funció del nivell. 123

Taula 21. Despesa energètica màxima absoluta (EE_{max}), relativa a la superfície corporal (EE_{max bsa}) i al pes (EE_{max pes}); i despesa mitjana absoluta ($\bar{E}E$), relativa a la superfície corporal ($\bar{E}E\text{bsa}$) i al pes ($\bar{E}E\text{pes}$) de la prova de 20 m en funció del rol. 125

Taula 22. Comparació dels principals valors en tots els subjectes (n = 30) entre ambdues proves. 167

Taula 23. Freqüència cardíaca màxima segons grups de nivell. 168

Taula 24. Freqüència cardíaca màxima segons grups de rol. 168

Taula 25. Ventilació màxima segons els grups de nivell. 170

Taula 26. Ventilació màxima segons els grups de rol. 170

Taula 27. $\dot{V}O_2\text{max}$ segons els grups de nivell. 172

Taula 28. $\dot{V}O_2\text{max}$ segons els grups de rol. 172

Taula 29. Despesa energètica màxima segons els grups de nivell. 174

Taula 30. Despesa energètica màxima segons els grups de rol. 174

Taula 31. EE_{max bsa} segons els grups de nivell. 176

Taula 32. EEmax bsa segons els grups de rol.	176
Taula 33. EEmax pes segons els grups de nivell.	178
Taula 34. EEmax pes segons els grups de rol.	178

IX. GLOSSARI– ABREVIATURES

Terme	Definició	Unitats
Analitzador de gasos	Aparell que permet recollir les dades de volum i concentració de l'aire que entra i surt per les vies respiratòries, i a través dels corresponents càlculs, obtenir el consum d'oxigen i la producció de diòxid de carboni	
BMI	Del terme anglès <i>body mass index</i> . Relació entre la massa corporal i la talla al quadrat	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$
<i>centers</i>	Un dels rols del basquetbol, corresponent a jugadors que són els més grans en talla i pes, i en joc ocupen la zona més propera a cistella.	
DAO	Quantitat d'oxigen equivalent al total d'energia utilitzada per realitzar l'activitat que no provenen de reaccions que utilitzen l'oxigen atmosfèric. En exercicis intensos o maximals, comprèn tant el treball que prové dels fosfats d'alta energia, com dels processos anaeròbics	mL
DAOpes	DAO relatiu al pes	$\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$
EE	Despesa energètica en qualsevol activitat	$\text{kcal}\cdot\text{h}^{-1}$; $\text{kJ}\cdot\text{h}^{-1}$
$\bar{E}E$	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat	$\text{kcal}\cdot\text{h}^{-1}$; $\text{kJ}\cdot\text{h}^{-1}$
EEbsa	Despesa energètica en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	$\text{kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$; $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$
$\bar{E}E$ bsa	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	$\text{kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$; $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$
EEmax	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat	$\text{kcal}\cdot\text{h}^{-1}$; $\text{kJ}\cdot\text{h}^{-1}$

Terme	Definició	Unitats
EEmax bsa	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ; kJ·m ⁻² ·h ⁻¹
EEmax pes	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
EEpes	Despesa energètica en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
EĒ pes	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
FC	Nombre de batecs ventriculars per minut enregistrats amb un pulsòmetre	bpm
FC20m	FC enregistrada en qualsevol moment de la prova de 20 m	Bpm
FCjoc	FC enregistrada en qualsevol moment de la prova de joc	Bpm
FĄjoc	FC mitjana enregistrada durant la prova de joc	bpm
FCLiV ₁	FC enregistrada en el LiV ₁	bpm; %
FCLiV ₂	FC enregistrada en el LiV ₂	bpm; %
FCmax	FC màxima enregistrada en la prova de 20 m	bpm
FCmax joc	FC màxima enregistrada en la prova de joc	bpm
FECO ₂	Fracció de diòxid de carboni espirada respecte al volum espirat total	%
FEO ₂	Fracció d'oxigen espirada respecte al volum espirat total	%
<i>forwards</i>	Un dels rols del basquetbol, corresponent a jugadors que acostumen a ser mitjans en talla i pes, i en joc ocupen tant la zona propera com llunyana de cistella	

Terme	Definició	Unitats
<i>guards</i>	Un dels rols del basquetbol, corresponent a jugadors que acostumen a ser menys alts i pesats, i en joc duen la pilota i ocupen la part més llunyana a cistella	
LiV ₁	Llindar ventilatori 1, també anomenat llindar aeròbic. Es detecta per un augment del $\dot{V}E$ i el $\dot{V}CO_2$ en relació al VO_2	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; % $\dot{V}O_{2max}$
LiV ₂	Llindar ventilatori 2, també anomenat punt de compensació respiratòria. Es detecta per un augment del $\dot{V}E$ en relació al VO_2 i al $\dot{V}CO_2$ indica el punt on la incapacitat de l'organisme per abastir d' O ₂ els teixits i la hipercàpnia resultant, provoquen un augment desproporcionat de la ventilació	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; % $\dot{V}O_{2max}$
PdFC	Canvi, positiu o negatiu, respecte a la relació lineal entre la FC i el treball evident en una prova progressiva i incremental (Bodner i Rhodes, 2000)	bpm
PETCO ₂	Pressió parcial de CO ₂ (PCO ₂) determinada al final d'una exhalació. És típicament la major PCO ₂ determinada durant la fase alveolar de l'exhalació	mmHg
PETO ₂	Pressió parcial d'O ₂ (PO ₂) determinada al final d'una exhalació. És típicament la menor PO ₂ determinada durant la fase alveolar de l'exhalació	mmHg
Prova 20 m	Test dissenyat per assolir un estrès gradual al esportista	Paliers, rectes

Terme	Definició	Unitats
RPE	Mètode d'avaluació que, amb l'ajuda d'una escala numèrica, quantifica la fatiga física que una persona experimenta durant l'exercici	ua (unitats arbitràries)
STPD	Del terme anglès <i>standard temperature pressure dry</i> , condicions estàndards corresponents a 0°C, 760 mm Hg, sec	
Temps	Temps real de durada de les proves de joc o de 20 m	min:s
TRIMPs	De l'anglès <i>training impulses</i> , són una mesura de la càrrega interna de l'activitat física –a través de la FC– que relacionen les zones de treball segons la implicació metabòlica, i el temps passat en cadascuna d'elles	ua (unitats arbitràries)
TRIMPs·min ⁻¹	Valor TRIMPs relativitzat al temps (min)	ua·min ⁻¹
\dot{V}	Volum de gas per unitat de temps	L·min ⁻¹ ; mL·min ⁻¹
$\dot{V}CO_2$	Total de diòxid de carboni produït pels processos de metabolisme de l'organisme	mL·min ⁻¹
$\dot{V}E$	Volum de gas espiratori	L·min ⁻¹
$\bar{V}E_{20m}$	Volum de gas espiratori mitjà durant la prova de 20 m	L·min ⁻¹
$\bar{V}E_{joc}$	Volum de gas espiratori mitjà durant la prova de joc	L·min ⁻¹
$\dot{V}E_{max\ 20m}$	Volum de gas espiratori màxim durant la prova de 20 m	L·min ⁻¹
$\dot{V}E_{max\ joc}$	Volum de gas espiratori màxim durant la prova de joc	L·min ⁻¹

Terme	Definició	Unitats
$\dot{V}E_{min\ 20m}$	Volum de gas espiratori mínim durant la prova de 20 m	$L \cdot min^{-1}$
$\dot{V}E_{min\ joc}$	Volum de gas espiratori mínim durant la prova de joc	$L \cdot min^{-1}$
$\dot{V}O_2$	Total del O_2 utilitzat pel processos metabòlics per unitat de temps	$mL \cdot min^{-1}$; MET (3,5 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)
$\dot{V}O_{2\ 20m}$	$\dot{V}O_2$ enregistrat durant qualsevol moment de la prova de 20 m	$mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$
$\dot{V}O_{2\ joc}$	$\dot{V}O_2$ enregistrat durant qualsevol moment de la prova de joc	$mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$
$\bar{V}O_{2\ joc}$	VO_2 mitjà enregistrat durant la prova de joc	$mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$
$\dot{V}O_{2\ joc\ mesurat}$	$\dot{V}O_2$ enregistrat durant qualsevol moment de la prova de joc directament	
$\dot{V}O_{2\ joc\ predit}$	$\dot{V}O_2$ predit a partir de la FC en qualsevol moment de la prova de joc	
$\dot{V}O_{2\ max}$	Màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant un test maximal, en el treball present durant la prova de 20 m	$mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$; 1;(relació lineal) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ a/b. 1(relació no- lineal); MET
$\dot{V}O_{2\ max\ joc}$	Màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant un prova de joc	$mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$
$\dot{V}O_{2\ max\ joc/ \dot{V}O_{2\ max}}$	Relació percentual entre el màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant un prova de joc i el màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant la prova de 20 m	%

Terme	Definició	Unitats
$\Delta \dot{V}O_2$	Amplitud de la resposta de la fase ràpida de la cinètica de recuperació relativa al temps i pes. Dóna un valor de la velocitat de recuperació de l'esforç que té un esportista, calculat en la fase de recuperació més ràpida (τ)	$\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
τ	Coneguda com a constant de temps (<i>time constant</i>), expressa un valor en segons corresponent al 63% de la $\Delta \dot{V}O_2$ en la corba $\dot{V}O_2$ - temps.	

1. Introducció

El basquetbol és un esport que compta ja amb més de cent anys d'història. Des dels seus inicis, ha evolucionat notablement, arribant a comptar amb lligues professionals gairebé arreu del món i sent important allà on s'implanta. És un esport olímpic i compta amb una federació internacional (FIBA). Actualment té més de 450 milions de practicants en més de 200 països amb les seves federacions adherides a la FIBA.



Figura 1. El basquetbol és molt present al nostre país

En el nostre país el basquetbol és el tercer esport en quant a nombre de llicències en curs, només per darrere del futbol i el golf, i el segon en quant a presència als mitjans de comunicació (CSD, 2014). Recentment els èxits

internacionals dels nostres jugadors tant en clubs com en seleccions nacionals (de totes les categories) enforteixen la presència del basquetbol.

Com qualsevol esport desenvolupat, el basquetbol posseeix una reglamentació i unes característiques que delimiten les accions i la naturalesa de l'esforç.

1.1. Les característiques del joc

Les característiques i regles del joc estan delimitades per la reglamentació internacional de la Federació Internacional de Basquetbol (2008, p. 54).

1.1.1. Característiques espacials

El basquetbol es juga en una pista de 28x15 m (llarg x ample), dividida en dues parts iguals de 14x15 m.

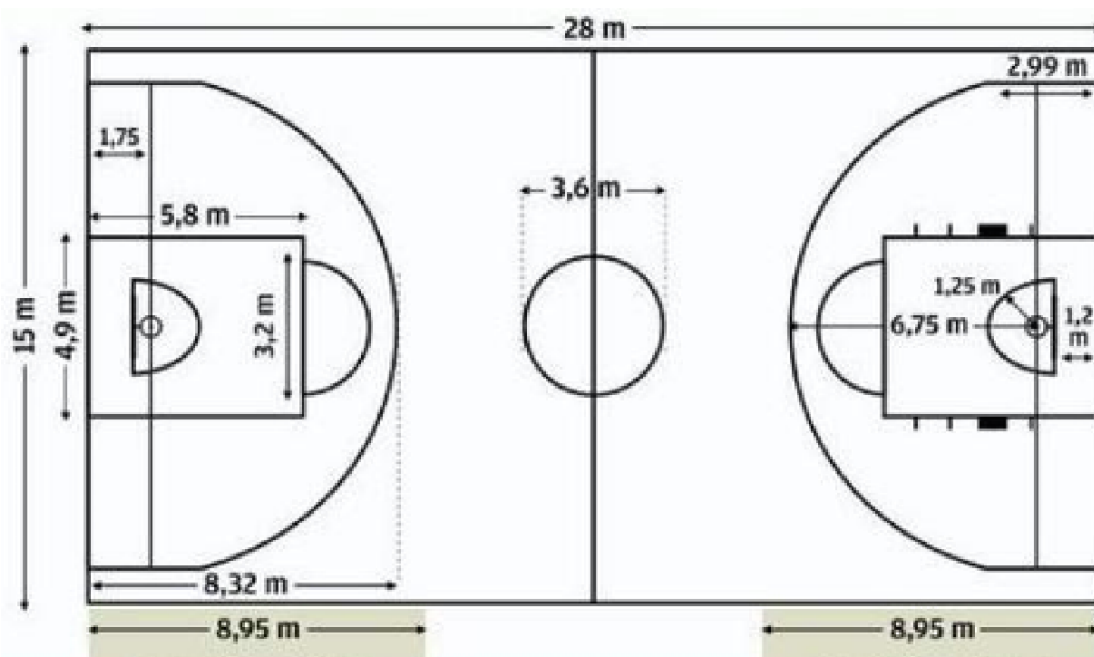


Figura 2. Representació gràfica d'una pista oficial de basquetbol

1.1.2. Característiques temporals

El reglament estableix la durada del joc, així com les limitacions temporals. El basquetbol té una durada de 40 minuts, dividits en dues parts de 20 minuts, que a la vegada es divideixen en dos períodes de 10 minuts cadascuna. Durant aquests 40 minuts hi ha diverses aturades fixes i altres subjectes a l'aplicació del reglament. Com a fixes tenim 1 minut de descans entre períodes i 10 minuts entre parts. Les variables depenen de les incidències del joc. El temps s'atura en cinc casos: quan es produeix una violació, quan es produeix una falta, quan s'encistella en els últims dos minuts de partit, quan es demana un temps mort i quan l'àrbitre l'atura per algun motiu (faltas i/o violacions). Només en el cas del temps mort la durada és establerta, que és d' un minut, i n'hi pot haver quatre per part, excepte en la segona que poden ser sis (aquesta norma canvia a la lliga professional ACB– Liga Endesa) . Les altres són variables i depenen de la situació. En el cas de la falta, si d'ella s'esdevé el llançament de tirs lliures, la pausa s'incrementa considerablement (el que succeeix sempre en les faltas de defensa a partir de la quarta falta d'equip de cada quart). Els temps morts apareixen més quant més a prop estem del final de quart. Aquestes aturades, doncs, es donen més i amb major freqüència quan més ens apropem al final dels 10:00.



Figura 3. El basquetbol requereix d'altres intensitats

Les limitacions temporals són una sèrie de normes que regulen la dinàmica del joc i la fan altament variable. En primer lloc un equip no pot estar en possessió de la pilota més de 24 s seguits. No es pot jugar la pilota més de 8 s en el camp defensiu. Hi ha una limitació de 5 s per treure de fons o banda, així com per jugar la pilota quan estem en possessió de la pilota i hem exhaurit el bot. Finalment hi ha una limitació de 3 s per estar a la zona d'atac delimitada propera a cistella. Aquesta combinació de pauses i accions de joc, conjuntament amb la limitació de l'espai, fan que el basquetbol tingui una dinàmica intermitent i variable.

No hem trobat recerques en joves jugadors de basquetbol que analitzin l'afectació de variables fisiològiques durant el joc, més enllà de la freqüència cardíaca i l'anàlisi de lactat (Matthew i Deletrat, 2009; Montgomery, Pyne i Minahan, 2010). Això fa especialment difícil l'anàlisi dels factors limitants del rendiment en els esportistes que estan a punt d'entrar en la competició adulta, i en el nostre cas, en jugadors d'un rendiment important en les edats de formació (des de infantil als 12 anys, fins al final de l'època júnior amb 18). En les categories júnior i sènior (absoluta), la reglamentació és la mateixa –excepte la zona de càrrega que no existeix en el basquetbol júnior– i la estructura del joc molt similar, ja que s'utilitzen tots els elements tècnics i tàctics i els rols son idèntics i ja molt específics (veure punt 1.1.3.).

1.1.3. Característiques dels jugadors

L'aproximació al perfil del jugador de basquetbol és molt complexa. Les característiques d'un jugador venen donades per tres factors: el propi esport, el seu rol i les seves particularitats. L'esport és un factor comú. El basquetbol és, com s'ha comentat anteriorment, una activitat intermitent que combina diferents tipus d'accions de curta i mitjana intensitat, que es poden repetir durant el joc i presenten pauses variables. El rol de joc és una conseqüència de la profunda especialització que ha experimentat aquest esport al llarg del temps. Les característiques morfològiques i habilitats capaciten a un jugador per tenir un rol o un altre. Els rols es descriuen a la taula 1. Com a factor més específic tenim les particularitats del jugador que faran que la seva dinàmica tingui unes característiques determinades.

Taula 1: Classificació dels jugadors en funció del seu rol.

5 rols espanyola	3 rols espanyola	2 rols espanyola	5 rols americana	3 rols americana	2 rols americana
Base	Base		<i>Point Guard</i>		
Escorta		Exterior	<i>Shooting guard</i>	<i>Guard</i>	<i>Guards (backcourt)</i>
Aler	Aler		<i>Small Forward</i>		
Ala-pivot		Interior	<i>Power Forward</i>	<i>Forward</i>	<i>Forwards (frontcourt)</i>
Pivot	Pivot		<i>Center</i>	<i>Center</i>	

Les característiques morfològiques dels jugadors són ben conegudes (Bayios, Bergeles, Apostolidis, Noutsos i Koskolou, 2006; Drinkwater,

Pyne i McKenna, 2008; Greene, McGuine, Levenson i Best, 1998; Jelacic, Sekulic i Marinovic, 2002; Ugarkovic, Matavulj, Kukolj i Jaric, 2002; Young i al., 2005). D'aquest coneixement es desprèn que la varietat de les característiques morfològiques és elevada, conformant un ampli espectre de tipologies de jugadors lligades a les diferents capacitats que expressen en el joc (Koklu, Alemdaroglu, Kocak, Erol i Findikoglu, 2011).



Figura 4. Les diferents característiques dels jugadors defineixen el seu rol

La funcionalitat dels jugadors de basquetbol, en canvi, és un tema de controvèrsia. A més la multitud d'accions en el basquetbol que són determinants és elevada: salts, curses, acceleracions, frenades, canvis de direcció, etc. (Ben Abdelkrim, El Fazaa i El Ati, 2007). Les variables que s'analitzen, són sovint massa genèriques i la seva relació amb el rendiment no és comprovada. En nombrosos casos els valors trobats són

molt diferents entre si, el que fa pensar que no tenen una relació directa amb el rendiment en joc, ja que jugadors amb valors alts i baixos, poden obtenir rendiment similar degut a una diferent adaptació de les seves capacitats al joc.

1.2. L'entrenament en basquetbol

El basquetbol és un esport de llarg període competitiu. La temporada dura de vuit a nou mesos, durant els quals el jugador alterna la competició setmanal, amb els entrenaments. Aquest continu de càrregues de treball fa que les adaptacions siguin, en gran mesura, conseqüència d'aquest entrenament específic.

Malgrat la investigació duta a terme en basquetbol, encara es desconeix molt de la càrrega interna que suposa la seva pràctica; l'entrenament es dissenya –major part de la càrrega– es basa en criteris empírics, fonamentals en la intuïció i l'experiència personal dels entrenadors i preparadors físics. La major part de l'entrenament es centra en el treball tècnic i estratègic, amb un control baix o nul de la càrrega d'entrenament. Hem trobat alguns casos en que s'ha desenvolupat algunes metodologies per analitzar els efectes de la càrrega post-exercici, o bé la pròpia càrrega en alguns dels indicadors (Moreno i Peña, 2013, 2015; Schelling, Calleja-Gonzalez, Torres-Ronda i Terrados, 2015). Això esdevé en un resultat de l'entrenament que és en gran mesura una incògnita en relació a les necessitats de la competició.



Figura 5. L'entrenament del basquetbol s'orienta a desenvolupar les capacitats necessàries pel joc

1.3. Valoració funcional en jugadors de basquetbol

Els requeriments fisiològics del joc del basquetbol s'han estudiat des de diferents perspectives. El millor coneixement i l'evolució dels aparells de mesura han fet que aquestes valoracions siguin cada cop més específiques.

A partir del 1970 es comença a estudiar el consum màxim d'oxigen ($\dot{V}O_2\text{max}$) en jugadors de basquetbol com indicador de la capacitat de rendiment aeròbic necessària per a aquest esport. En aquests anys, les valoracions s'han realitzat seguint diversos mètodes. Els primers estudis utilitzen un analitzador de gasos per tal de determinar el consum d'oxigen en una prova incremental en cicloergòmetre. Posteriorment s'hi introdueixen proves més específiques (Apostolidis, Nassis, Bolatoglou i Geladas, 2004;

Castagna, Impellizzeri, Rampinini, D'Ottavio i Manzi, 2008; Gocentas, Juozulynas, Obelenis, Andziulis i Landor, 2005; Hakkinen, 1993; Haritonidis, Koutlianos, Kouidi, Haritonidou i Deligiannis, 2004; Laplaud, Hug i Menier, 2004; Vaccaro, Wrenn i Clarke, 1980; Vamvakoudis i al., 2007).

1.3.1. La resistència en les activitats intermitents

Altres activitats intermitents d'alta intensitat han estat estudiades i poden ajudar-nos a comprendre els requeriments del basquetbol, sobre la que podem extraure que aquesta pot sol·licitar nivells de $\dot{V}O_2\text{max}$ (Aziz, Chia i Teh, 2000; Balsom, Seger, Sjodin i Ekblom, 1992a, 1992b; Castagna, Impellizzeri i al. , 2008; Glaister, 2005; Krstrup i al., 2003; Tabata i al., 1997), encara que hi intervenen altres factors de manera important, com les acceleracions, frenades i canvis de direcció (Aziz i al. , 2000; Bishop i Claudius, 2005; Bravo i al., 2007; Castagna, Impellizzeri i al. , 2008; Desgorces, Senegas, Garcia, Decker i Noirez, 2007; Edg, Bishop, Hill-Haas, Dawson i Goodman, 2006; Edwards, Macfadyen i Clark, 2003; Glaister, 2005; Krstrup i al., 2006; Mohr, Krstrup i Bangsbo, 2003; Tomlin i Wenger, 2002). D'aquesta manera els mecanismes de fatiga no estan associats a una sola capacitat, sinó que esdevenen d'un conjunt més ample de factors a nivell central i perifèric (Castagna, Impellizzeri i al. , 2008; Glaister, 2005; Krstrup i al. , 2003; Mohr i al. , 2003; Tomlin i Wenger, 2002; Welsh, Davis, Burke i Williams, 2002). La freqüència cardíaca també ha estat un factor clau en l'estudi dels esports, tant per la seva relació lineal amb la intensitat, com per la seva capacitat per poder

estudiar la fatiga en aquests esports, com la càrrega d'una activitat utilitzant relativitzacions amb la freqüència cardíaca màxima. Podem afirmar que una activitat intermitent, intensa i amb recuperacions incomplertes, pot elevar la freqüència cardíaca fins a nivells màxims (Alexiou i Coutts, 2008; Bishop i Claudius, 2005; Castagna, Belardinelli i al., 2006; Desgorces i al. , 2007; Edwards i al. , 2003; Krstrup i Bangsbo, 2001; Metaxas, Koutlianos, Koudi i Deligiannis, 2005; Millet, Candau, Fattori, Bignet i Varray, 2003; St Clair Gibson, Broomhead, Lambert i Hawley, 1998; Stagno, Thatcher i van Someren, 2007; Tong i Fu, 2006; Weston, Helsen, MacMahon i Kirkendall, 2004).

1.3.2. La resistència en el basquetbol

Un dels valors estudiats en jugadors de basquetbol ha estat el $\dot{V}O_2\text{max}$ com a indicador del rendiment aeròbic (Haritonidis i al. , 2004; Rodríguez Alonso, Terrados Cepeda, Pérez-Landaluce López, Fernández García i García-Herrero Suárez, 1998; Samanes Prat, 1985; Vaccaro i al. , 1980; Vamvakoudis i al. , 2007). La capacitat aeròbica, malgrat pot ser important, és encara genèrica respecte al joc i a les capacitats mostrades pels jugadors en el mateix.

Quan s'ha volgut estudiar el joc en el seu entorn els indicadors de resistència han estat diferents. El estudi del $\dot{V}O_2\text{max}$ com a indicador d'aquesta capacitat és difícil degut a la tecnologia i la naturalesa de contacte de l'esport. Una de les formes més usuals d'estudiar l'esport ha

estat l'anàlisi observacional. En aquest tipus d'anàlisi s'enregistren les accions dels jugadors i es calculen les distàncies, els temps d'acció i el nombre d'accions. Tanmateix, en aquests treballs s'estudia la capacitat del jugador d'una forma genèrica, sense tenir en compte l'especificitat del joc (Rodríguez, 1989; Rodríguez i Aragonés, 1992).



Figura 6. Els desplaçaments en basquetbols són variats

Taula 2. Relació de resultats en els estudis més rellevants de temps d'acció.

	Colli i Faina (1986)	Hernández Moreno (1988)	Cañizares y Sampedro (1993)	Barrios Suárez (2003)
Temps de mitjana de la majoria de les accions	11"-40" (42%)	1"-20" (41,4%) 21"-40" (30,7%) 11"-40" (72,1%)	1"-20" (26,6%) 21"-40" (37,5%) 1"-40" (64,1%)	1"-40" (77,7%) 11"-40" (52,6%)
Interval moda de temps en joc	11"-20"	1"-20"	21"-40"	11"-15"
Nombre d' accions	52	73		76
Temps mitjà de pausa	11"-40" (50,4%)	1"-20" (50,8%) 20"-40" (30,7%)	1"-40" (81,0%) 1"-20" (44,8%)	1"-45" (72,8%)
Nombre d'interrupcions	50	71		72

Diferents autors han relacionat alts nivells de FC amb una millor capacitat de rendiment específic (Ballor, Burke, Knudson, Olson i Montoye, 1989; Beam i Merrill, 1994; López Calbet i López Calbet, 1997; W. D. McArdle, Magel i Kyvallos, 1971; Tessitore i al., 2006; Vaquera i al., 2008). Tot i que en aquests estudis les dades provenen del joc, la FC ens informa de la implicació del sistema cardiovascular en un moment donat, però menys sensible per explicar les necessitats d'un esport altament intermitent, i de les implicacions fisiològiques en el seu transcurs.

En conseqüència, encara tenim poca informació sobre les necessitats fisiològiques dels esports variables i intermitents com el basquetbol en relació als indicadors més clàssics utilitzats en els esports de resistència.

1.4. Bioenergètica en jugadors de basquetbol

L'estudi de la despesa energètica d'una activitat és important per diversos motius. En primer lloc, la despesa energètica d'una activitat relativitzada al temps, es indicativa de la intensitat que comporta. En segon lloc, la despesa energètica de l'activitat pot facilitar pautes per a l'entrenament, així com per a l'assessorament nutricional dels jugadors de basquetbol, especialment quan les sessions són molt contínues, llargues o amb poc temps de recuperació. En tercer lloc, hem de conèixer si dins una mateixa activitat, les característiques del jugadors influencien el seu consum energètic.

La despesa energètica dels jugadors de basquetbol en joc real ha estat poc estudiada. Ballor i al. (1989), comparen diversos mètodes indirectes per a

l'estudi de la despesa energètica com són la filmació en vídeo, la freqüència cardíaca i el caltrac (acceleròmetre). Troben unes despeses d'entre 123 i 196 kcal·h⁻¹ en alumnes d'educació física que juguen a basquetbol una mitjana de 37 minuts. No hem trobat fins al moment, altres treballs que hagin estudiat el fenomen en profunditat.

2. Objectius

2.1. Objectiu General

- Determinar les característiques bioenergètiques dels jugadors de basquetbol júnior d'alt nivell competitiu.

2.2. Objectius Específics

- Caracteritzar les demandes fisiològiques, metabòliques i cardiorrespiratòries del basquetbol durant el joc simulat.
- Comparar aquestes demandes amb indicadors de càrrega interna i de capacitat funcional durant una prova inespecífica en pista.
- Conèixer les possibles diferències en quant a demandes i a capacitat funcional entre jugadors de basquetbol en funció del seu rol i nivell.
- Establir el nivell de validesa de la freqüència cardíaca com a indicador de la despesa energètica durant el joc.

3. Disseny de la investigació

Aquesta investigació és de caràcter transversal i descriptiva, amb fases d'estudi que s'emmarquen en l'estructura de les anàlisis comparatives. Per al seu desenvolupament, la present recerca comprèn sis parts: 1) anàlisi de les demandes del joc en situació quasi real; 2) descripció de la potència aeròbica màxima ($\dot{V}O_2\text{max}$) mitjançant una prova incremental en pista; 3) comparació de les demandes de la situació de joc amb demandes obtingudes de la prova màxima, 4) determinació de la relació entre el PdFC i els límits ventilatoris (LiV_1 i LiV_2) i amb el $\dot{V}O_2\text{max}$, 5) valoració de la capacitat predictiva d'ambdues proves, per a través de la FC predic el $\dot{V}O_{2joc}$ i 6) valoració de la capacitat predictiva d'ambdues proves (prova progressiva màxima i joc) per estimar les demandes energètiques en joc, mitjançant la freqüència cardíaca.

3.1. Subjectes

En l'estudi van participar 30 jugadors de basquetbol pertanyents a equips júnior d'entitats esportives catalanes (Club Basquetbol Cornellà, Club Basquetbol Sant Josep Badalona, Club Esportiu Lleida Basquetbol, Club Joventut de Badalona, Unió Esportiva Manresa i Unió Esportiva Mataró). La fase experimental es va desenvolupar entre els anys 2005 a 2008.

El criteri dels tècnics ja ha estat demostrat vàlid per ordenar el nivell dels jugadors en una investigació recent (B. Strumbelj i Erculj, 2014).

3.2. Procediments

Es van realitzar dues proves:

- 1) Una prova de joc simulat on el jugador juga a basquetbol sense limitacions durant un quart del partit (10 minuts de joc amb aturades del cronòmetre).
- 2) Una prova de pista progressiva, incremental i màxima, on es determinava el $\dot{V}O_2\text{max}$.

Ambdues valoracions es van realitzar amb els mateixos 30 subjectes per poder establir la càrrega interna específica i individualitzada durant joc i, posteriorment, comparar i relacionar ambdues proves. Entre la realització de les dues proves no va passar en cap cas més de 3 setmanes, per assegurar que el nivell aeròbic del jugador era comparable i no es veia afectat per l'entrenament específic. Així mateix, es va acordar amb els tècnics dels equips on participaven els jugadors, que no es faria entrenament específic de resistència – més enllà de l'específic a la pista – en aquesta fase. Totes les intervencions van ser realitzades en període competitiu –on els jugadors competeixen setmanalment–, per la qual cosa la majoria de la càrrega d'entrenament era dedicada al joc.

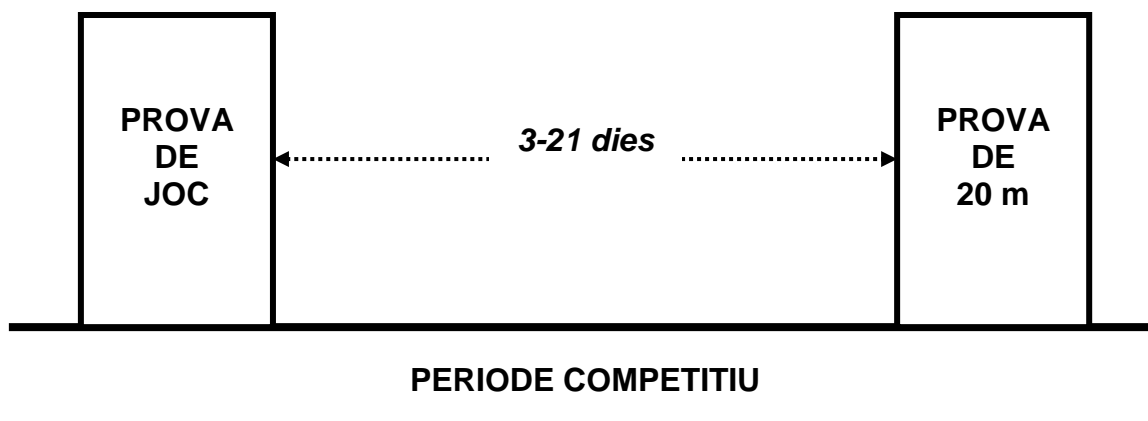


Figura 7. Esquema de la cronologia de les valoracions

En les dues valoracions els jugadors duen un analitzador de gasos portàtil K4b² (les característiques de l'aparell estan descrites a l'apartat 4.3.2). Es realitza una adaptació genèrica igual per a tots per estandarditzar les condicions d'inici. Finalment observarem la recuperació en ambdues proves en un període de 5 minuts.

3.3. Subjectes

En l'estudi van participar 30 jugadors de basquetbol pertanyents a equips júnior d'entitats esportives catalanes. La fase experimental es va desenvolupar al llarg de quatre anys.

3.4. Criteris d'inclusió

Per poder formar part del nostre estudi els jugadors havien de complir amb uns requisits:

- participar en la màxima competició autonòmica que dóna lloc al campionat estatal
- jugar a la categoria júnior
- que, a criteri dels seus tècnics, fossin jugadors de rendiment actual
- que, a criteri de tècnics i entitats, fossin jugadors de rendiment futur

El rendiment actual era necessari per que els resultats de la prova fossin significatius i comparables a d'altres jugadors amb característiques similars.

La previsió de rendiment futur era interessant, atesa la voluntat que la mostra fos comparable amb jugadors sèniors d'elit.

4. Demandes fisiològiques del basquetbol en situació de joc simulat

4.1. Introducció

Les demandes fisiològiques en els esports intermitents són encara poc conegudes. La complexitat i varietat de les diverses situacions de joc en fan difícil el seu estudi. Tot i que tenim cert coneixement de la durada de les accions, aquestes no estan delimitades sinó que pel propi desenvolupament del joc, i poden anar des d'un segon –considerant aquest com la unitat mínima– fins a diversos minuts si no hi ha interrupcions. No podem preveure, a priori, quina durada tindrà cada esforç, cada pausa ni a quina intensitat es realitzarà (Ardá Suárez, 1992; Pérez i Heredia, 1993; Tsunawake i al., 2003).

En el cas del basquetbol les primeres aproximacions durant el joc es fan indirectament. Colli i Faina (1987) realitzen un estudi observacional del basquetbol i conclouen que és un esforç intermitent amb recuperacions incomplertes, en els quals els temps d'actuació i metres recorreguts són diferents en funció del rol de joc. Carreño Clemente, López Calbet, Espino Torón, i Chavarren Cabrero (1999) analitzen les variables observacionals afegint un factor a priori nou: el nivell de joc. No observen diferències significatives entre el nombre d'accions de diferents durades.

L'estudi d'indicadors de càrrega interna és l'evolució dels estudis observacionals. La variable més estudiada ha estat la freqüència cardíaca.

Colli i Faina (1987) observen valors quasi màxims en joc (160 a 180 bpm), i menors a les pauses entre esforços (150 a 158 bpm). Carreño i al. (1999) observen FC màxims (198 bpm) en jugadors de divisió d'honor nacional el 1997. En un dels estudis més recents que hem trobat, Fernández-Río i al. (2000) observen que en jugadores de 1a divisió B les freqüències cardíaques màxims en joc són quasi màxims i difereixen lleugerament segons el rol (95,9% per les bases, 93,4% per les alers i 86,6% per les pivots).

Hem trobat poques referències al respecte de la resposta ventilatòria en joc, degut a la dificultat de la mesura en temps real durant un partit de basquetbol, amb els medis actuals. No obstant, alguns autors han utilitzat la relació lineal entre el consum d'oxigen i la freqüència cardíaca, per correlacionar la FC en joc amb la seva relació amb el consum d'oxigen en una prova incremental i màxima que realitzen en cinta rodant o cicloergòmetre (Haritonidis i al. , 2004; Montgomery i al. , 2010; Tavino, Bowers i Archer, 1995; Vaccaro i al. , 1980; Withers, Roberts i Davies, 1977). Així Blanco Herrera i de Brito Vidal (2003) relacionant la FC en jugadors cadets, determinen que la majoria de l'esforç en el basquetbol es situa per sota el segon llindar ventilatori (llindar anaeròbic o LiV_2). Tot i les conclusions d'alguns autors sobre les demandes del basquetbol, les úniques dades que hem pogut revisar en l'esmentat estudi de Blanco Herrera i de Brito Vidal, descriuen una preponderància significativa del joc per sota el llindar anaeròbic comparada amb la zona de llindar anaeròbic i superior al llindar anaeròbic.

Les tecnologies actuals fan encara difícil la mesura directa de les necessitats fisiològiques dels jugadors de basquetbol. Els canvis normatius, especialment els de l'any 2000, han augmentat la intermitència i amb això la intensitat de joc (Cormery, Marcil i Bouvard, 2008; Matthew i Delextrat, 2009), el que fa necessari que s'aportin noves dades al respecte. El present estudi intenta aprofundir en el coneixement de les demandes del joc de basquetbol.



Figura 8. Les diferents accions i rols fan difícil predir les necessitats bioenergètiques en el basquetbol

4.2. Objectius

- Determinar les demandes cardiorespiratòries del basquetbol en una situació de joc simulat.
- Establir si existeixen diferències en funció del rol dels jugadors.
- Valorar si existeixen diferències en funció del nivell competitiu dels jugadors.

4.3. Material i mètode

4.3.1. Subjectes

Els subjectes (n = 30) del present estudi van ser jugadors d'alt nivell de la categoria júnior. Tots participaven en la competició Preferent 'A' catalana, que dóna lloc al Campionat de Catalunya i als Campionats d'Espanya de basquetbol. Els subjectes van ser escollits d'entre els equips participants en funció dels criteris exposats al punt 3.1. Les seves característiques estan expressades a la Taula 3..

Taula 3. Característiques dels jugadors participants en l'estudi (n=30).

	\bar{x} (s)	Rang	IC (95%)
Edat (anys)	16,7 (0,7)	15– 18	15,3– 18,1
Talla (cms)	194 (8)	210– 179	178– 210
Pes (kg)	85,2 (12,1)	112– 65	61,5– 108,9
BMI (kg·m ⁻²)	22,7 (2,5)	29,5– 18,6	17,8– 27,6
Hores entrenament setmanals			
Tècnic (h·set ⁻¹)	7,3 (1,9)	9,5– 4,5	3,6– 11,0
Físic (h·set ⁻¹)	2,5 (0,6)	3,0– 1,5	1,3– 3,7

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s), mínims i màxims (Rang), i l'interval de confiança (95%).

Prèviament es va informar a tots els subjectes de les característiques de l'estudi i es va obtenir el consentiment per escrit dels subjectes majors de 18 anys i dels pares o tutors en el cas dels menors. L'estudi compta amb l'aprovació de l'Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya i de l'Agència de Gestió dels Ajuts Universitaris i de Recerca, i va complir amb els requisits de la Declaració de Helsinki sobre recerca en subjectes

humans ("Declaration of Helsinki. Recommendations guiding medical doctors in biomedical research involving human subjects," 1976; World Medical Association declaration of Helsinki. Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects," 1997).

4.3.2. Disseny

La prova de joc simulat consistia en que el jugador mesurat realitzés un quart de partit simulat (10 minuts), en cinc contra cinc i amb normes FIBA (2008). Els equips es conformaven o bé separant l'equip col·laborador en dos, o bé participava un segon equip de nivell equiparable. També hi va haver, si més no, un àrbitre, un operador de taula i un tècnic de càmera. L'operador de taula s'encarregava de dur el marcador i el temps de joc. El rellotge s'aturava cada cop que ho requeria la situació segons el reglament, per la qual cosa la prova tenia una durada real de 15–20 minuts. El jugador mesurat no havia d'haver realitzat cap activitat esportiva intensa en les últimes 24 hores.



Figura 9. Moment de la valoració on el joc es desenvolupa amb normalitat

4.3.3. Material

Per a les valoracions en joc simulat es va utilitzar un analitzador de gasos portàtil K4b² (Cosmed, Roma, Itàlia), un sistema de circuit obert, petit i lleuger que permet fer medicions respiració a respiració. Consta de l'unitat portàtil on estan els analitzadors d'O₂ i CO₂ i una bateria. Tot es munta en un arnés especial, on s'adapta el receptor de temperatura i de la freqüència cardíaca connectat al K4b². L'entrada i sortida d'aire –i la seva mesura– es produeixen a través d'una màscara tova de goma (Hans-Rudolph, Kansas City, MO, USA), que cobreix la boca i nas, adaptant-se

al contorn de la cara per impedir fuites. La màscara utilitzada és escollida entre varies mesures per a una millor adaptació i evitar les fuites d'aire. Aquesta màscara duu la turbina per mesurar els fluxos d'aire.

El consum d'oxigen en cada respiració, es calcula segons la fórmula:

$$\dot{V}O_2(\text{STPD}) = \dot{V}E(\text{STPD}) \cdot \left(\left(\frac{1 - (F_{E}O_2 - F_{E}CO_2)}{1 - F_{I}O_2} \right) \cdot F_{I}O_2 \right) - F_{E}O_2$$



Figura 10. Detall del muntatge de la màscara on s'emporten la turbina i el permature

On $VO_{2\text{STPD}}$ és el consum d'oxigen en condicions estàndard; $V_{E\text{STPD}}$ és el volum espiratori en condicions estàndard; $F_{E}O_2$ és la fracció espiratòria d'oxigen; $F_{E}CO_2$ és la fracció espiratòria de diòxid de carboni; i $F_{I}O_2$ és la fracció inspiratòria d'oxigen (valor de calibratge).

Els analitzadors van ser calibrats abans de cada prova, mesurant la composició de l'aire ambient (20,93% O₂ i 0,03% CO₂), i comparant-lo amb una mescla especificada pel fabricant (16% O₂ i 5% CO₂). Així mateix es calibrava l'analitzador de volum i els possibles retards entre analitzadors.

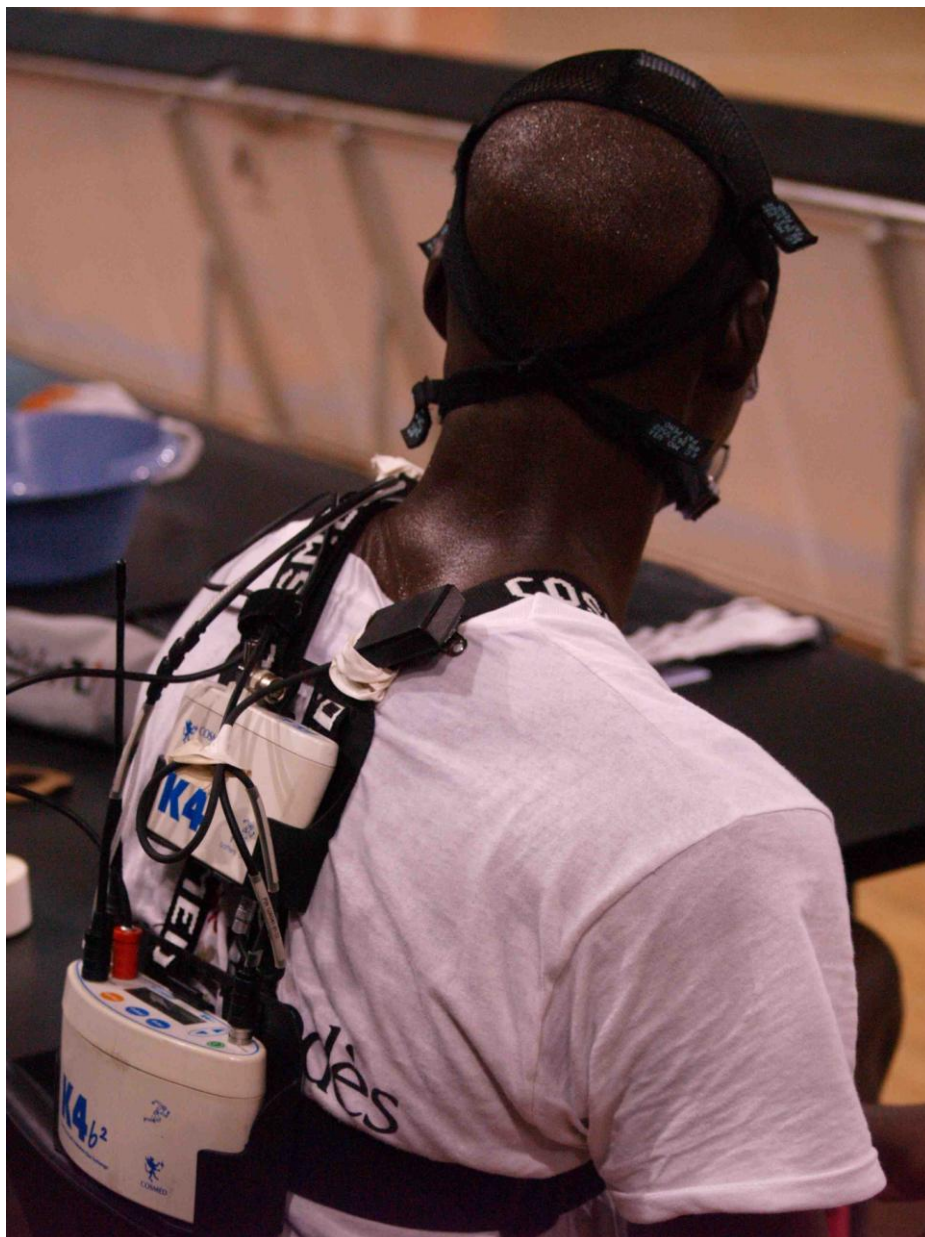


Figura 11. Muntatge de l'arnès on es disposa el K4b² i la bateria

La validesa, fiabilitat i exactitud del K4b² han estat estudiades i descrites en diversos treballs (Duffield, Dawson, Pinnington i Wong, 2004; Hausswirth, Bigard i Le Chevalier, 1997; Littlewood i al., 2002; McNaughton, Sherman, Roberts i Bentley, 2005; McLaughlin, King, Howley, Bassett i Ainsworth, 2001). En aquests estudis, es compara el nou K4b² amb d'altres sistemes considerats de referència (p.e. sac de Douglas). Rodríguez, Keskinen, Kusch, i Hoffmann (2008) eliminen la variabilitat biològica amb un disseny d'un sistema calibrador d'intercanvi de gasos simulat, que permet comparar la referència d'input de gasos conegut – volum, freqüència i percentatges de O₂ i CO₂– amb les obtingudes per l'aparell. Els resultats assenyalen que no hi ha biaixos significatius, a excepció del volum corrent –volum d'aire de cada respiració– que va ser lleugerament sobreestimat (0,081 L, 4%), però sense ser suficient per tenir una influència en l'exactitud de mesura. Els autors descriuen que la VE tendeix a sobreestimar-se (4,2%), així com el $\dot{V}O_2$ (3,6%) mentre que el VCO_2 es subestima (-2,2%). En la seva opinió, aquestes dades indiquen que el K4b² és un instrument acurat per la mesura de les variables ventilatòries al llarg de l'ample rang fisiològic durant l'exercici. Aquests resultats són consistents amb la comparació amb el sac de Douglas que efectuen McLaughlin, King, Howley, Bassett, i Ainsworth (2001).



Figura 12. Detall del muntatge del K4b²: bateries i unitat receptora

El senyal de l'analitzador de gasos s'integrava amb la del pulsòmetre Polar T-31 (Polar, Finlàndia), en un PC portàtil ACER Travelmate 5720 amb sistema operatiu Windows Vista i el software K4b2 v 7.5a per a Windows.

Per a les mesures antropomètriques es van utilitzar un tallímetre analògic Height Rod (Soehnle, Alemanya), amb una precisió de 0'01 m i una bàscula digital autocalibrable amb quatre sensors de pes Carry (Korona, Regne Unit), amb una precisió de 0,1 kg.

4.3.4. Protocol

Abans d'iniciar la prova el jugador va ser mesurat i pesat. Posteriorment, al jugador se li va muntar la motxilla amb l'analitzador de gasos. En aquest moment el jugador va completar una adaptació general i posteriorment una adaptació específica amb pilota (descrits a l'annex). La durada d'aquesta adaptació fou de 15 minuts. En finalitzar, cada entrenador de cadascun dels dos equips disposava d'un minut per donar les instruccions de joc pertinents. Seguidament començava la prova.



Figura 13. Col·locació de l'analitzador de gasos en un dels jugadors participants

La prova es desenvolupava en un camp de joc reglamentari de 28x15 m seguint les normes oficials de la FIBA i durant un període de joc de 10 minuts de joc real amb aturada del cronòmetre quan la pilota no es podia jugar segons el reglament (FIBA, 2008). El marcador s'iniciava amb 0-0 i es finalitzava guanyant o perdent el partit, per la qual cosa s'afegien factors emocionals que podríem trobar en qualsevol situació real de joc. Un cop finalitzada la prova, el jugador restava 5 minuts en repòs per observar-ne la recuperació.

Durant la prova cada equip era dirigit per un entrenador. Un o dos assistents de taula controlaven el temps de joc i l'anotació. El control del joc l'efectuaven un o dos àrbitres. Es disposava de dos tècnics, un que controlava el PC, i un per a la filmació, que era mòbil. La càmera es va

disposar de manera que el pla enregistrava mitja pista amb la cistella inclosa. En tot moment el tècnic seguia el jugador mesurat, independentment de la situació de la pilota.

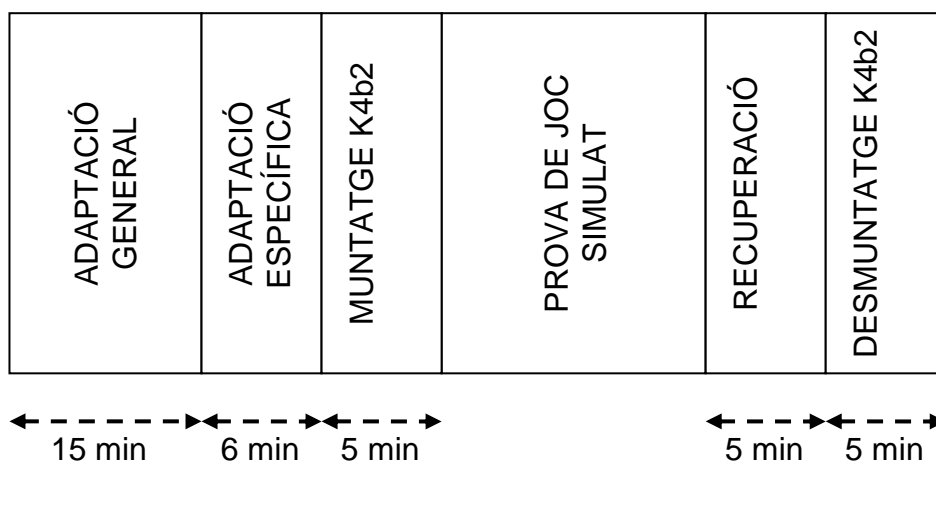


Figura 14. Cronograma de la prova de joc simulat

En un període d'una a tres setmanes el jugador realitzava un prova incremental fins l'esgotament per determinar el $\dot{V}O_2\text{max}$ i trobar els llindars ventilatoris (veure punt 5).

4.3.5. Variables d'estudi

Variables independents

Es consideren dues variables categòriques com a variables independents d'aquesta recerca: el rol de joc i el nivell competitiu. Tal com s'ha establert als objectius, es vol determinar si hi ha diferències entre jugadors que participen de diferents rols, i que, per tant, realitzen accions diferents d'intensitats diverses. Dins les diverses classificacions de rols (veure Taula 1), s'ha escollit l'americana de tres nivells (*guards*, *forwards* i *centers*), ja que és la més acceptada i usada en la literatura (Ben Abdelkrim i al. , 2007; Cormery i al. , 2008; Delextrat i Kraiem, 2013; Gocentas, Jascaniniene, Poprzecki, Jaszczanin i Juozulynas, 2011; Jelacic i al. , 2002; Koklu i al. , 2011; Ostojic, Mazic i Dikic, 2006; Sallet, Perrier, Ferret, Vitelli i Baverel, 2005; B. Strumbelj i al., 2014; Vučković i al., 2010). En el cas del nivell, es vol establir si en categoria júnior, els jugadors de més alt nivell rendeixen amb uns valors diferents dels de menor nivell. El criteri per separar tots dos va estar la internacionalitat. Si un jugador participava en la categoria júnior en la selecció estatal del seu país d'origen, es categoritza com a 'internacional', mentre que la resta ho eren com a 'no internacionals'.

Variabls dependents

Terme	Definició	Unitats
EEbsa	Despesa energètica en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	$\text{kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$; $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$
$\bar{E}Ebsa$	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	$\text{kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$; $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$
EEmax	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat	$\text{kcal}\cdot\text{h}^{-1}$; $\text{kJ}\cdot\text{h}^{-1}$

Terme	Definició	Unitats
EEmax bsa	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ; kJ·m ⁻² ·h ⁻¹
EEmax pes	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
EEpes	Despesa energètica en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
EĒpes	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
FĀCjoc	FC mitjana enregistrada durant la prova de joc	bpm
FCjoc	FC enregistrada en qualsevol moment de la prova de joc	bpm
FCLiV ₁	FC enregistrada en el LiV ₁	bpm; %
FCLiV ₂	FC enregistrada en el LiV ₂	bpm; %
FCmax joc	FC màxima enregistrada en la prova de joc	bpm
Temps	Temps real de durada de les proves de joc o de 20 m	min:s
TRIMPs	De l'anglès <i>training impulses</i> , són una mesura de la càrrega interna de l'activitat física –a través de la FC– que relacionen les zones de treball segons la implicació metabòlica, i el temps passat en cadascuna d'elles	ua (unitats arbitràries)
TRIMPs·min ⁻¹	Valor TRIMPs relativitzat al temps (min)	ua·min ⁻¹
V̄Ejoc	Volum de gas espiratori mitjà durant la prova de joc	L·min ⁻¹
V̄Emax joc	Volum de gas espiratori màxim durant la prova de joc	L·min ⁻¹
V̄Emin joc	Volum de gas espiratori mínim durant la prova de joc	L·min ⁻¹
V̇O ₂ joc	V̇O ₂ enregistrat durant qualsevol moment de la prova de joc	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹
V̄O ₂ joc	V̇O ₂ mitjà enregistrat durant la prova de joc	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹

Terme	Definició	Unitats
$\dot{V}O_2\text{max}$	El màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant un test maximal, en el treball present durant la prova de 20 m	$\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; (relació lineal); $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-a/b}\cdot\text{min}^{-1}$ (relació no-lineal); MET (3,5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)
$\dot{V}O_2\text{max joc}$	Màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant un prova de joc	$\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
$\dot{V}O_2\text{max joc}/\dot{V}O_2\text{max}$	Relació percentual entre el màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant un prova de joc i el màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant la prova de 20 m	%

4.3.6. Anàlisi de dades i estadística

Un cop obtingudes les dades van ser processades en primer lloc amb el software K4b2 V7.5a amb el que es va obtenir el suavitzat de la prova (per reduir-ne la fluctuació natural entre respiracions) amb el càlcul de la mitjana entre respiracions cada 15 s. Un cop obtinguts aquests valors es va extraure la part no útil de la prova: el repòs (abans de la prova) i la recuperació post-esforç. Amb aquestes dades es va observar el $\dot{V}O_2\text{max}$ del joc, la FCmax en la fase de valoració i els altres valors durant la prova. Es va comparar el $\dot{V}O_2\text{max}$ en el joc amb el valor de $\dot{V}O_2\text{max}$ trobat en cada subjecte durant una prova incremental i fins a l'esgotament descrita al capítol 5.

S'ha incorporat la distribució percentual de la FC durant el quart de partit analitzat per tal d'observar la implicació del sistema cardiovascular en el basquetbol.

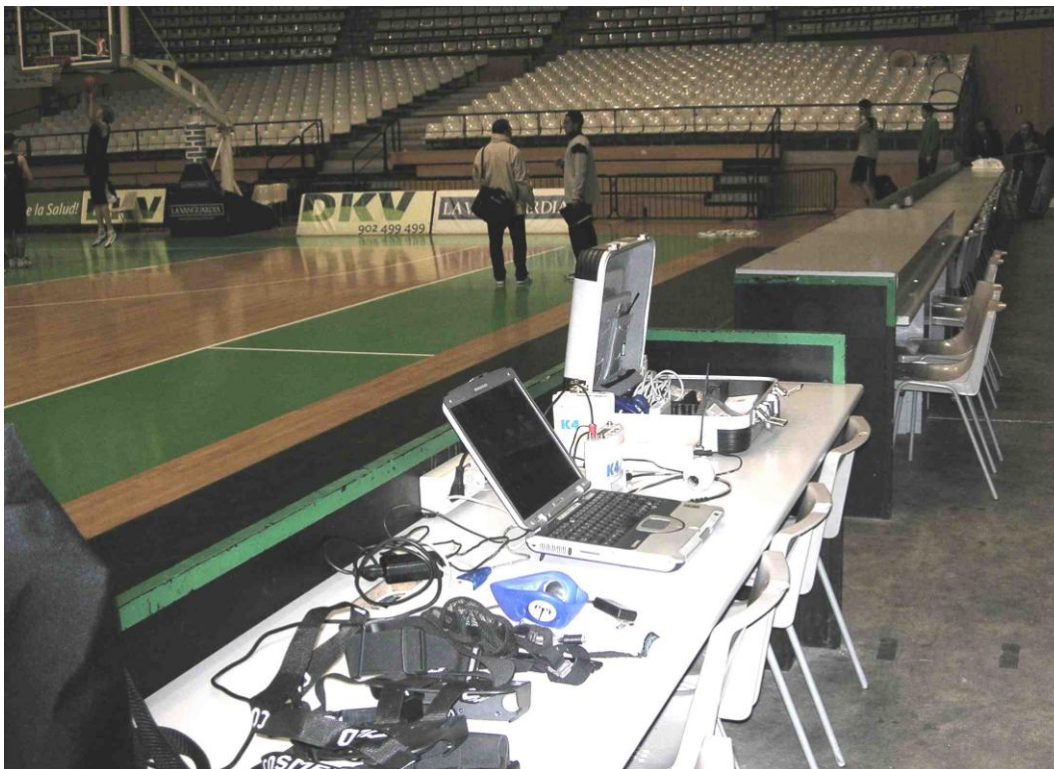


Figura 15. Muntatge del PC i connexió amb el K4b²

Amb la obtenció de la FC hem pogut calcular els TRIMPs. De l'anglès *training impulses*, els TRIMPs són una mesura de la càrrega interna de l'activitat física que relacionen les zones de treball segons la implicació metabòlica, i el temps passat en cadascuna d'elles (Akubat i Abt, 2011; Alexiou i Coutts, 2008; Banister i Calvert, 1980; Borresen i Lambert, 2007; Desgorces i al. , 2007; Foster, Hoyos, Earnest i Lucia, 2005; Padilla, Mujika, Orbananos i Angulo, 2000; Padilla i al., 2001; Padilla, Mujika, Santisteban, Impellizzeri i Goirieta, 2007, 2008; Rodriguez-Marroyo, Garcia Lopez, Juneau i Villa, 2007; Scanlan, Wen, Tucker, Borges i Dalbo, 2014; Scanlan, Wen, Tucker i Dalbo, 2014; Stagno i al. , 2007; Wallace, Slattery i Coutts, 2014; Wallace, Slattery, Impellizzeri i Coutts, 2014) . Recentment s'han utilitzat en els esports intermitents com el basquetbol constituint un element vàlid de quantificació de la càrrega (Alexiou i

Coutts, 2008; Lambert i Borresen, 2010; Scanlan, Wen, Tucker, Borges i al. , 2014; Scanlan, Wen, Tucker i Dalbo, 2014; Stagno i al. , 2007; Tumilty, 1993). Amb els valors de llindar (LiV1 i LiV2) que trobem a la prova de 20 m (veure punt 5), podem observar quant temps passa el jugador en joc a cadascuna de les tres zones metabòliques: per sota el LiV1, la zona de transició entre llindars, i per sobre el LiV2. Aquesta informació és cabdal per al càlcul dels TRIMPSs. La informació sobre els llindars ventilatoris de cada jugador l'obtenim amb la prova de 20m (veure apartat 5). El llindar ventilatori 1 (LiV1) és l'inici dels canvis metabòlics, on trobem un creixement del VE i del $\dot{V}CO_2$ per sobre del creixement en $\dot{V}O_2$. El llindar ventilatori 2 (LiV2) correspon al conegut com a punt de compensació respiratòria, on la incapacitat de l'organisme per suplir d'O₂ els teixits i la hipercàpnia resultant, provoquen un augment desproporcionat de la ventilació. Per al càlcul dels TRIMPs ens basem en la metodologia de Faria, Parker i Faria (2005). En el cas present s'ha introduït una modificació atès que els temps totals reals de la prova són variables, depenent de quantes aturades del cronòmetre s'hagin produït, i així poder comparar entre subjectes. S'han relativitzat els TRIMPs totals al temps de joc per establir el valor TRIMPs·min⁻¹. El procediment complet és el següent: si un TRIMPs és una càrrega interna d'un minut per sota el LiV₁, i en la present anàlisi s'obtenen dades mitjanes cada 15 s, cada punt equival a 0,25 TRIMPs. En la zona de transició, cada punt és 0,5 TRIMPs, i per sobre el LiV₂, cada punt és 0,75 TRIMPs –equivalent a 1 TRIMPs per cada minut per sota el LiV₁, 2 TRIMPs per cada minut en la zona de transició i 3 TRIMPs per sobre del LiV₂ segons el model de Faria, Parker i

Faria—. El sumatori total és la càrrega interna de la prova per al jugador. Finalment dividim aquest resultat per el nombre de minuts que ha estat jugant i obtenim el valor desitjat de TRIMPs·min⁻¹. Els valors de LiV₁ i LiV₂ per a cada subjecte es troben segons la metodologia descrita al punt 5.3.

Els càlculs de consum energètic es van realitzar segons la metodologia de Elia i Livessey (1992) basats en el mètode de Weir aplicat per Zavala per a pacients clínics (Weir, 1949; Zavala, 1989). La fórmula per calcular el consum és:

$$EE \text{ (kcal}\cdot\text{min}^{-1}) = 3,78 \dot{V}O_2 \text{ (L}\cdot\text{min}^{-1}) + 1,24 \dot{V}CO_2 \text{ (L}\cdot\text{min}^{-1})$$

Un cop obtinguda la EE, es va calcular la despesa de la prova relativitzada al pes del subjecte i a la durada diferent de cada experiment, seguint la metodologia descrita per Rossi i al. (1984) de forma que obtenim un factor expressat en kcal·min⁻¹·kg⁻¹ que ens serveix per estimar la despesa energètica del exercici en jugadors de basquetbol.

Per a l'anàlisi estadística vam utilitzar el paquet estadístic SigmaStat 3.5 per a Windows. Vam realitzar les comparacions de totes les variables, tenint en compte els dos factors (variables independents) esmentats. Per a l'anàlisi de cadascuna de les variables independents amb el factor 'rol de joc' es va utilitzar una prova ANOVA d'una via. L'ANOVA és una prova que assumeix dues característiques de la mostra: la seva normalitat i la homogeneïtat de variàncies dels grups. En els casos que la variable no es

distribuïa de manera normal (segons la prova de Kolmogorov–Smirnov) o les variàncies no eren homogènies (segons la prova de Levene), s'executa la prova ANOVA de rangs de Kruskal–Wallis. El nivell de significació es va establir en $p \leq 0,05$ i s'indiquen els valors exactes de p . Quan una prova ANOVA esdevé estadísticament significativa, és necessari la realització de proves post–hoc per a contrastar les diferències entre grups. En el cas present s'ha escollit la prova de Holm–Sidak per ser més sensible per trobar diferències i és recomanada com a primera opció davant d'altres com la de Bonferroni o Tukey (menor probabilitat de tenir un error de tipus II). A l'efectuar les comparacions, el valor de p calculat es compara amb un valor ajustat de p que depèn del valor de p que s'ha establert de la prova (en el aquest cas 0,05) i del nombre de comparacions que es van efectuar (una per cada grup, un total de 3). En el cas de que no es compleixin els supòsits de normalitat o igualtat de variàncies, es va utilitzar una prova Anova de Kruskal–Wallis en rangs. Es mostren els valors de p i l'estadístic F .

Per a l'anàlisi de les variables independents amb el factor 'nivell' es va utilitzar una prova t per a mesures independents, ja que només es comparaven dos grups. A l'igual que en el cas de l'ANOVA, la prova t necessita que les dades compleixin amb la normalitat i la igualtat de variàncies. En aquells casos en que els valors de la variable no es distribuïen de forma normal, es va utilitzar la prova de rangs de Mann–Whitney. El nivell de significació establert va ser de $p \leq 0,05$. Es mostren

els valors exactes de p i l'interval de confiança (95%) de la diferència entre els grups.

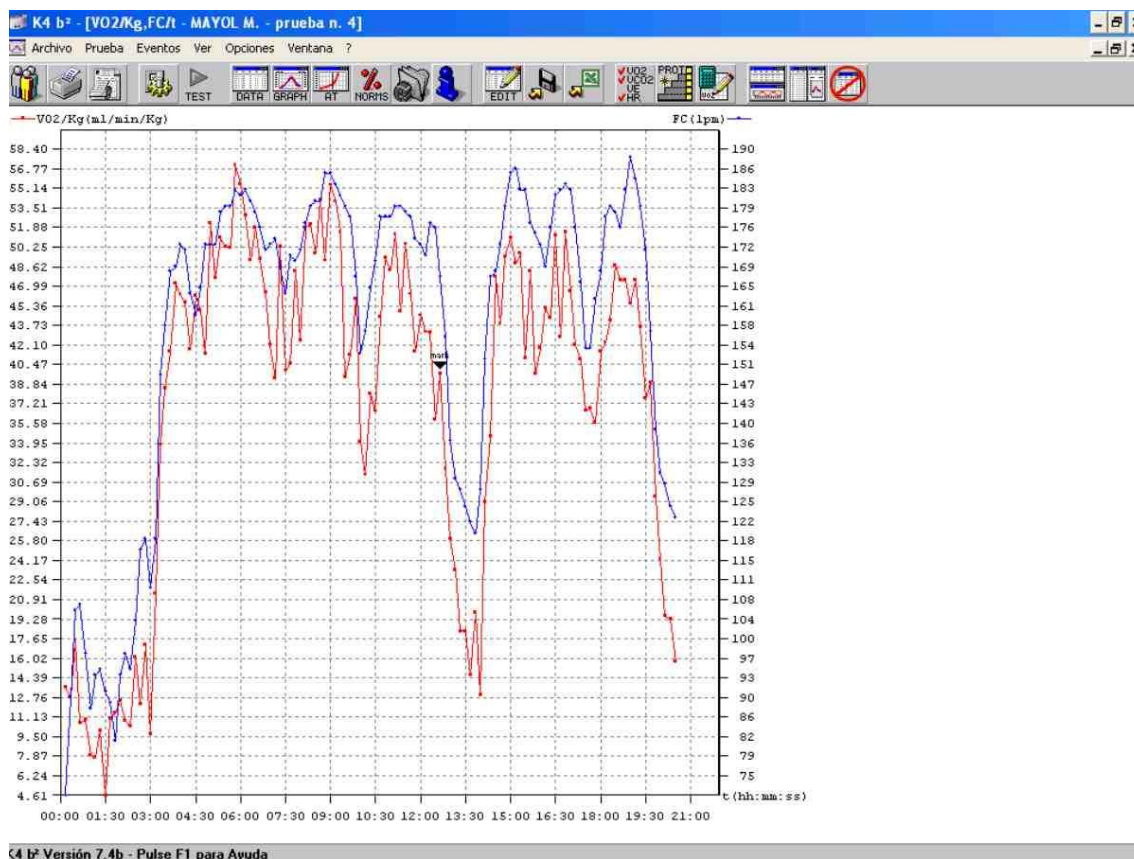


Figura 16. Freqüència cardíaca i VO2 durant una prova de joc simulat en el software K4b²

4.4. Resultats

Tot i que la durada del joc és coneguda, la durada en temps total no. En el nostre cas, als 10:00 min de joc li corresponen $14:56 \pm 1:49$ (IC 95%: 12:22– 18:30) min de temps total, el que suposa un increment de vora el 50%, degut a les aturades pròpies del joc que comporten una aturada del cronòmetre. En la figura 16 s'il·lustra una prova de joc on el subjecte completa normalment el quart reglamentari de basquetbol. La dinàmica variable és la que provoca el joc. S'observa clarament la recuperació durant un temps mort (1:00 min) i l'activació posterior.

4.4.1. Resposta cardiovascular

La FC evoluciona de forma similar al $\dot{V}O_2$ (veure Figura 16). Durant la prova s'observen clarament les fluctuacions que provoca el joc així com la gran pausa que suposa un temps mort. Es va obtenir una $\overline{FC}_{\text{joc}}$ per a tots els jugadors de 161 ± 10 (IC 95%: 141– 181) bpm amb un pic mitjà de 174 ± 9 (IC 95%: 156– 192) bpm. Es van analitzar els resultats agrupats segons nivell i rol.



Figura 17. Moment del joc on es produeix lluita prop de la cistella

Taula 4. Freqüència cardíaca màxima (FCmax joc) i mitjana ($\bar{F}C_{joc}$) de la prova de joc en funció del nivell.

	No internacionals (n=17)		Internacionals (n=13)		Valor de p	Valor de t	IC (95%)
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
FCmax joc (bpm)	180 (8)	154– 185	182 (11)	156– 191	0,647	0,462	-1,5 -7,1– 4,2
$\bar{F}C_{joc}$ (bpm)	163 (8)	149– 175	159 (12)	139– 174	0,311	1,031	3,8 -3,8– 11,4

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s), mínims i màxims (Rang), valors de probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança de la diferència (95%).

 Taula 5. Freqüència cardíaca màxima (FCmax joc) i mitjana ($\bar{F}C_{joc}$) de la prova de joc en funció del rol.

	Guards (n=11)		Forwards (n=13)		Centers (n=6)		Valor de p	Valor de F
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang		
FCmax joc (bpm)	173 (8)	154– 185	175 (9)	165– 191	172 (11)	156– 183	0,309	1,227
$\bar{F}C_{joc}$ (bpm)	158 (10)	149– 175	162 (11)	154– 175	166 (9)	139– 169	0,262	1,407

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s), mínims i màxims (Rang), valors de probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (F) i l'interval de confiança de la diferència (95%).

Com es pot apreciar a la Taula 4, no s'observen diferències de les FC ni pic ni mitjana en funció del nivell. Tampoc la inclusió del factor rol detecta diferències entre els grups (Taula 5).

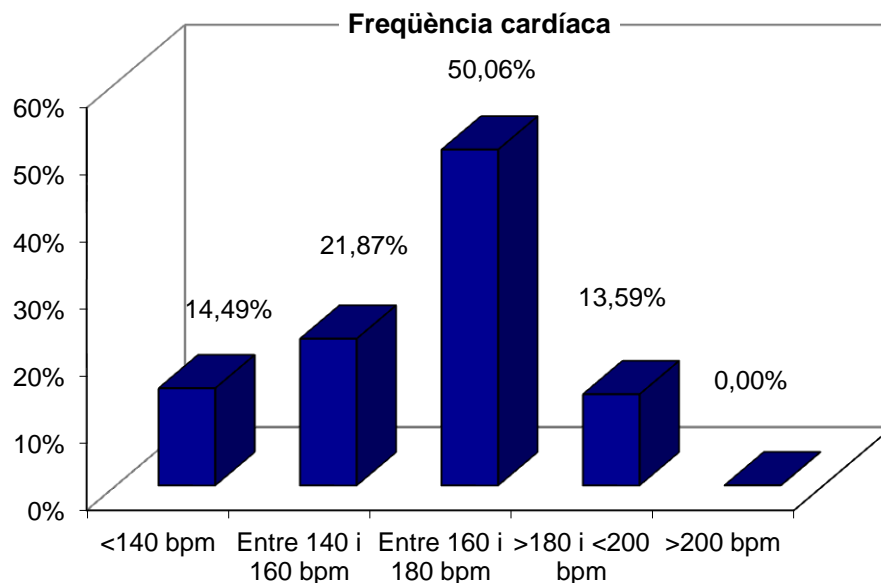


Figura 18. Distribució percentual de la FC en joc

En la mostra la FC màx teòrica mitjana correspon a 194 bpm (segons l'equació d'Inbar i al. (1994). S'observa que la majoria dels esforços (63,6%) es situen per sobre el 80% d'aquesta FC màx teòrica, el que ens indica que el joc simulat presenta unes característiques d'intensitat elevades que fan romandre aquest valor també elevat durant el joc.

4.4.2. Resposta ventilatòria

Es va analitzar la resposta ventilatòria durant la prova de joc simulat. Els jugadors de basquetbol júnior van mostrar uns valors absoluts de $\bar{V}E_{\text{joc}}$ de 90 ± 18 (IC 95%: 54,8– 196,9) $L \cdot \text{min}^{-1}$, $\dot{V}E_{\text{max}} \text{ joc}$ de 125 ± 21 (IC 95%: 83,4– 288,6) $L \cdot \text{min}^{-1}$ i una $\dot{V}E_{\text{min}} \text{ joc}$ de 33 ± 12 (IC 95%: 9,0– 50,6) $L \cdot \text{min}^{-1}$.

Taula 6. Valors ventilatoris absoluts mitjans ($\bar{V}E_{joc}$), màxims ($\dot{V}E_{max\ jog}$) i mínims ($\dot{V}E_{min\ jog}$) de la prova de joc en funció del nivell.

	No internacionals (n=17)		Internacionals (n=13)		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
$\bar{V}E_{joc}$ (L·min ⁻¹)	84 (20)	41– 114	96 (10)	83– 121	0,045	62,000* (T = 250)	
$\dot{V}E_{max\ jog}$ (L·min ⁻¹)	118 (23)	58– 155	135 (14)	115– 163	0,027	2,334	-17,1 -32,1– -2,1
$\dot{V}E_{min\ jog}$ (L·min ⁻¹)	32 (12)	13– 49	33 (13)	21– 62	0,853	0,187	-0,9 -10,2– 8,5

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s), mínims i màxims (Rang), valors de probabilitat (p), l'estadístic (t) i l'interval de confiança de la diferència mitjana al 95% (valor inferior–valor superior).

*Prova de Mann–Whitney per a distribucions no–paramètriques

Taula 7. Valors ventilatoris absoluts mitjans ($\bar{V}E_{joc}$), màxims ($\dot{V}E_{max\text{ joc}}$) i mínims ($\dot{V}E_{min\text{ joc}}$) de la prova de joc en funció del rol.

	<i>Guards</i> (n = 13)		<i>Forwards</i> (n = 11)		<i>Centers</i> (n = 6)		Valor de p	Valor de F
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang		
$\bar{V}E_{joc}$ (L·min ⁻¹)	84 (16)	46– 112	88 (18)	41– 107	104 (15)	83– 121	0,058	5,688*
$\dot{V}E_{max\text{ joc}}$ (L·min ⁻¹)	121 (20)	83– 163	123 (24)	58– 141	139 (18)	115– 159	0,214	1,631
$\dot{V}E_{min\text{ joc}}$ (L·min ⁻¹)	30 (7)	20– 42	30 (14)	13– 52	45 (11)	32– 62	0,023	4,326 ^{a,c-b,c}

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (p) i de l'estadístic (F).

a=*guards*; b=*forwards*; c=*centers*

* Prova ANOVA en rangs de Kruskal–Wallis per a distribucions no paramètriques

S'observen diferències significatives en els valors ventilatoris mitjans i màxims, constatant que la ventilació durant la prova és major en el grup d'internacionals respecte al de no internacionals.

En quant als valors absoluts només s'observen diferències entre el grup de *centers* respecte als altres grups (*forwards* i *guards*), $\dot{V}E_{\text{min}}$ joc. El valor de ventilació mitjana absoluta mostra una tendència ($p = 0,058$), al no ser la diferència significativa ($p \leq 0,05$) no s'estableixen les comparacions entre grups, tot i que podem observar valors més elevats en el grup de *centers*.



Figura 19. Jugador del grup de centers realitzant una acció durant la prova de joc simulat

4.4.3. Resposta metabòlica

En la prova de joc simulat la $\bar{V}O_{2joc}$ obtinguda va ser $34,2 \pm 4,2$ (IC 95%: 26,0– 42,4) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, amb un $\bar{V}O_{2joc}$ de $45,6 \pm 6,0$ (IC 95%: 33,8– 57,4) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Aquest valor representa un $89,2 \pm 9,8\%$ del valor obtingut en una prova maximal en pista. La càrrega en TRIMPs per a tots els subjectes va ser de $1,31 \pm 0,33$ $ua \cdot min^{-1}$.

Taula 8. Valors de consum d'oxigen relatius al pes mitjans ($\bar{V}O_{2joc}$), pic ($\dot{V}O_{2joc}$) i relatius al màxim ($\dot{V}O_{2max\ joc}/\dot{V}O_{2max}$), així com la càrrega en funció del temps (TRIMPs·min⁻¹) de la prova de joc en funció del nivell.

	No internacionals (n=17)		Internacionals (n=13)		Valor de <i>p</i>	Valor de <i>t</i>	IC (95%)
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
$\dot{V}O_{2joc}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	43,1 (6,2)	31,5– 55,1	48,8 (3,8)	44,0– 56,8	0,007	2,901	-5,68 -9,69– -1,67
$\dot{V}O_{2max\ joc}/\dot{V}O_{2max}$ (%)	88,7 (10,4)	67,2– 102,7	89,9 (9,4)	69,5– 103,1	0,748	0,324	-1,19 -8,71– 6,33
$\bar{V}O_{2joc}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	32,6 (4,4)	23,4– 39,4	36,2 (2,8)	32,3– 42,4	0,017	2,535	-3,57 -6,46– -0,69
TRIMPs·min ⁻¹ (ua·min ⁻¹)	1,34 (0,34)	1,00– 2,39	1,28 (0,33)	1,00– 2,00	0,402	131* (T = 181)	

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (*p*), de l'estadístic (*t*) i de l'interval de confiança de la diferència mitjana al 95% (valor inferior–valor superior).

* Prova de Mann–Whitney per a distribucions no paramètriques.

Els valors de $\dot{V}O_{2joc}$ i $\bar{V}O_{2joc}$ es mostren significativament majors en el grup d'internacionals respecte al de no internacionals, suggerint que el consum és més elevat durant qualsevol moment del joc en un jugador de major nivell. Els valors de càrrega interna i de consum relatiu al màxim, semblen no diferir entre els dos grups.

Taula 9. Valors de consum d'oxigen relatius al pes mitjans ($\bar{V}O_{2joc}$), pic ($\dot{V}O_{2joc}$) i relatius al màxim ($\dot{V}O_{2max\ joc}/\dot{V}O_{2max}$), així com la càrrega en funció del temps ($TRIMPs \cdot min^{-1}$) de la prova de joc en funció del rol.

	<i>Guards</i> (n=13)		<i>Forwards</i> (n=11)		<i>Centers</i> (n=6)		Valor de p	Valor de F
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang		
$\dot{V}O_{2joc}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	48,0 (5,5)	40,9– 56,8	44,7 (4,4)	35,3– 53,6	41,8 (7,7)	31,5– 50,6	0,084	2,720
$\dot{V}O_{2max\ joc}/\dot{V}O_{2max}$ (%)	92,5 (7,8)	78,3– 103,1	85,3 (11,0)	67,2– 100,3	89,2 (10,4)	76,7– 102,7	0,209	1,659
$\bar{V}O_{2joc}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	35,9 (3,6)	31,4– 42,4	33,2 (8,5)	26,6– 38,7	32,1 (6,3)	23,4– 37,6	0,222	0,314*
$TRIMPs \cdot min^{-1}$ (ua·min ⁻¹)	1,29 (0,20)	1,00– 1,68	1,22 (0,29)	1,00– 1,79	1,54 (0,54)	1,00– 2,39	0,230	2,942*

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (p) i de l'estadístic (F).

*Prova ANOVA en rangs de Kruskal–Wallis per a distribucions no paramètriques.



Figura 20. La prova de joc requereix accions similars a la competició

Els resultats de la Taula 9 no mostren cap diferència significativa entre cap dels valors. Es pot observar una tendència en el $\bar{V}O_{2joc}$ ($p = 0,084$), on els *guards* mostren un $\bar{V}O_{2joc}$ no significativament més elevat, mentre que el grup de *centers*, mostren els valors més baixos.

4.4.4. Resposta bioenergètica

La EEmax (en intervals de 15s) per un jugador de basquetbol junior en joc és de 1166 ± 159 (IC 95%: 854– 1478) kcal·h⁻¹ o 4879 ± 665 (IC 95%: 3573– 6184) kJ·h⁻¹. Expressat en relació a la superfície corporal tenim que la EEmax bsa és 541 ± 64 (IC 95%: 416– 666) kcal·m⁻²·h⁻¹, el que suposa uns 2264 ± 268 (IC 95%: 1741– 2787) kJ·m⁻²·h⁻¹. En relació a la massa corporal tenim la EEmax pes $13,8 \pm 1,9$ (IC 95%: 10,1– 17,5) kcal·kg⁻¹·h⁻¹ o $57,7 \pm 7,9$ (IC 95%: 42,3– 73,2) kJ·kg⁻¹·h⁻¹. Els valors mitjans d'aquestes variables per a tota la prova són 877 ± 123 (IC 95%: 636– 1118) kcal·h⁻¹, 408 ± 45 (IC 95%: 320–496) kcal·m⁻²·h⁻¹ i $10,4 \pm 1,3$ (IC 95%: 7,9– 12,9) kcal·kg⁻¹·h⁻¹ respectivament, o el que és el mateix 3669 ± 515 (IC 95%: 2661– 4678) kJ·h⁻¹, 1707 ± 188 (IC 95%: 1339– 2075) kJ·m²·h⁻¹ i $43,5 \pm 5,4$ (IC 95%: 33,1– 54,0) kJ·kg⁻¹·h⁻¹

Taula 10. Despesa energètica màxima absoluta (EEmax), relativa a la superfície corporal (EEmax bsa), i al pes (EEmax pes), i despesa mitjana absoluta ($\bar{E}\bar{E}$), relativa a la superfície corporal ($\bar{E}\bar{E}$ bsa) i al pes ($\bar{E}\bar{E}$ pes) de la prova de joc en funció del nivell.

	No internacionals (n=17)		Internacionals (n=13)		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
EEmax (kcal·h ⁻¹)	1109 (153)	826– 1431	1240 (140)	1011– 1545	0,023	2,405	-130,7
(kJ·h ⁻¹)	4640 (640)	2456– 5987	5188 (586)	4230– 6464			
EEmax bsa (kcal·m ⁻² ·h ⁻¹)	519 (69)	419– 645	569 (44)	477– 644	0,030	2,286	-50,0
(kJ·h ⁻¹ ·m ²)	2171 (289)	1753– 2699	2381 (184)	1996– 2694			
EEmax pes (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	13,6 (2,3)	9,1– 17,4	14,1 (0,4)	12,7– 15,6	0,050	2,053	-1,34
(kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	57,0 (9,6)	38,1– 72,8	59,0 (1,7)	53,1– 65,3			
$\bar{E}\bar{E}$ (kcal·h ⁻¹)	841 (131)	636– 1052	926 (95)	767– 1135	0,059	1,972	-84,9
(kJ·h ⁻¹)	3519 (548)	2661– 4402	3874 (397)	3209– 4749			
$\bar{E}\bar{E}$ bsa (kcal·m ⁻² ·h ⁻¹)	388	321– 477	428	384– 469	0,094	242*	
(kJ·m ⁻² ·h ⁻¹)	1623	1343– 1996	1791	1607– 1962			
$\bar{E}\bar{E}$ pes (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	10,2 (1,7)	7,0– 13,0	10,7 (0,7)	9,7– 12,4	0,056	1,992	-0,93
(kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	42,7 (7,1)	29,3– 54,4	44,8 (2,9)	40,6– 51,9			

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}), desviació estàndard (s), valors mínims i màxims (Rang), i els valors de probabilitat (p), de l'estadístic (t) i de l'interval de confiança de la diferència mitjana al 95% (valor inferior–valor superior).

* Prova de Mann–Whitney per a distribucions no paramètriques.

S'observa en els resultats diferències significatives en tots els valors màxims, tant absoluts (EE_{max}), com relatius a la superfície corporal (EE_{max} bsa) o la massa (EE_{max} pes). En tots els casos els consums energètics són majors en el grup de jugadors internacional. En quant als valors mitjos no es constaten diferències estadísticament significatives ni en absolut, ni en relació a la superfície corporal ni al pes ($p = 0,059$; $p = 0,094$ i $p = 0,056$) tot i observar algunes tendències no significatives.

Taula 11. Despesa energètica màxima absoluta (EEmax), relativa a la superfície corporal (EEmax bsa), i al pes (EEmax pes), i despesa mitjana absoluta ($\bar{E}E$), relativa a la superfície corporal ($\bar{E}Ebsa$) i al pes ($\bar{E}Epes$) de la prova de joc en funció del rol.

	<i>Guards</i> (n=13)		<i>Forwards</i> (n=11)		<i>Centers</i> (n=6)		Valor de p	Valor de F
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang		
EEmax (kcal·h ⁻¹)	1118 (148)	826– 1338	1168 (110)	971– 1312	1266 (229)	991– 1545	0,178	1,879
(kJ·h ⁻¹)	4678 (619)	3456– 5598	4887 (460)	4063– 5489	5297 (958)	4146– 6464		
EEmax bsa (kcal·m ² ·h ⁻¹)	558 (65)	419– 645	528 (43)	440– 573	527 (91)	419– 644	0,440	0,846
(kJ·h ⁻¹ ·m ²)	2335 (272)	1753– 2699	2209 (180)	1841– 2397	2205 (381)	1753– 2694		
EEmax pes (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	14,8 (1,7)	9,1– 17,4	13,3 (1,1)	10,9– 14,7	12,6 (2,4)	9,1– 15,1	0,021	4,443 ^{a,c}
(kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	61,9 (7,1)	38,1– 72,8	55,6 (4,6)	45,6– 61,5	52,7 (10,0)	38,1– 63,2		
$\bar{E}E$ (kcal·h ⁻¹)	833 (100)	636– 964	873 (106)	713– 1012	982 (149)	781– 1135	0,042	3,587 ^{a,c}
(kJ·h ⁻¹)	3485 (418)	2661– 4033	3653 (444)	2983– 4234	4109 (623)	3268– 4749		
$\bar{E}Ebsa$ (kcal·m ⁻² ·h ⁻¹)	416 (43)	321– 477	398 (42)	325– 448	409 (58)	321– 465	0,621	0,485
(kJ·m ⁻² ·h ⁻¹)	1741 (180)	1343– 1996	1665 (176)	1360– 1874	1711 (243)	1343– 1946		
$\bar{E}Epes$ (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	11,1 (1,2)	9,6– 13,0	10,0 (1,1)	8,1– 11,5	9,8 (1,6)	7,0– 11,3	0,055	3,237
(kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	46,4 (5,0)	40,2– 54,4	41,8 (4,6)	33,9– 48,1	41,0 (6,7)	29,3– 47,3		

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (p) i de l'estadístic (F).

a= *guards*; b=*forwards*; c=*centers*.

En les comparacions per posicions, les úniques diferències significatives s'estableixen en la despesa màxima relativa al pes ($E_{\text{Emax pes}}$) i en la despesa mitjana absoluta ($\bar{E}\bar{E}$), diferenciant-se entre el grup de *guards* i de *centers*. En el consum mig relatiu al pes ($\bar{E}\bar{E}_{\text{pes}}$) s'observa una tendència, encara que la diferència no s'estableix al nivell marcat ($p \leq 0,05$), el grup de *guards* mostra una mitjana superior als altres dos.

Es va calcular el factor calòric inversament proporcional al pes i al temps per poder aplicar en futurs treballs de camp. Es va obtenir un factor de càlcul de $0,1733 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per a la totalitat dels subjectes. Per als no internacionals $0,1700 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ i $0,1783 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per als internacionals. Per posicions trobem factors de $0,1850 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per als *guards*, $0,1667 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per als *forwards*, i $0,1633 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per al grup de *centers*.

4.5. Discussió

Resposta cardiovascular

La FC, sovint ha estat utilitzada com un indicador de la intensitat de l'exercici, degut a la seva relació amb la intensitat i variables metabòliques com el consum d'oxigen (Giliam, 1996).

En el nostre estudi trobem que la FC_{max} en joc és superior al 85% FC_{max} teòrica (174 ± 9 bpm). En relació a la FC_{max} en joc, la $\bar{F}C_{joc}$ es situa entorn del 80% (161 ± 10 bpm). Com s'observa, la distribució de la FC durant el joc es situa en nivells molt elevats, per sobre aquest llindar del 85%, el que fa pensar en una alta sol·licitació cardiovascular per cobrir les demandes aeròbiques i compensar el dèficit en els esforços més anaeròbics (accions de molt alta intensitat o de força) com ara les accions de bloc durant pocs segons entre dos jugadors prop de cistella o la velocitat de cursa en el contraatac i els salts.

En els estudis que descriuen FC en joc (Beam i Merrill, 1994; Blanco i de Brito Vidal, 2003; Colli i Faina, 1987; López Calbet i López Calbet, 1997; McInnes, Carlson, Jones i McKenna, 1995; Narazaki, Berg, Stergiou i Chen, 2008; Rodriguez-Alonso, Fernandez-Garcia, Perez-Landaluce i Terrados, 2003; Torres-Ronda, Ric, Llabres-Torres, de Las Heras i Schelling, 2016; Vaquera i al. , 2008) els resultats són força homogenis, tot i la varietat de perfils de jugadors presents en aquests treballs (amateurs, professionals,

dones). La \overline{FC}_{joc} està entre el 80 i el 85% de la FC_{max} teòrica. Les FC_{max} d'altres estudis semblen lleugerament superiors a la del present estudi. Així McInnes, Carlson, Jones i McKenna (1995), descriu una FC_{max} de 180 ± 7 bpm en vuit jugadors de basquetbol d'elit. López Calbet i López Calbet (1997) troben FC_{max} superiors, probablement degut a que la seva mostra són jugadors més joves (categoria cadet, ≤ 16 anys). No obstant, en un estudi més recent, Narazaki, Berg, Stergiou, i Chen (2008) observen una de $164,3 \pm 7,9$ bpm, en jugadors universitaris de segona divisió. En aquest mateix treball la FC_{max} descrita és també major a la nostra $192,3 \pm 7,6$ bpm. En un estudi en jugadors professionals s'ha trobat FC_{max} en joc de 195 bpm el que suposava un 97% de la FC_{max} teòrica, el que és una dada molt elevada, tot i que cal remarcar que els partits on s'han pres les dades corresponen a la pre-temporada on els jugadors no están encara al seu millor nivell de rendiment i podria suposar un esforç major per respondre a les demandes del joc (Torres-Ronda i al. , 2016).

Un dels factors pels que les FC_{max} registrades són inferiors a la dels altres estudis pot ser la durada limitada de la prova. Tal com assenyalen Vaquera i al. (2008) i Narazaki, Berg, Stergiou, i Chen (2008), la FC augmenta amb els quarts de joc, i per tant amb la durada de l'exercici, el que duu a pensar que la recuperació entre quarts no és del tot complerta i hi ha una major implicació del sistema cardiovascular per mantenir l'esforç. En sentit contrari apunten les conclusions de Ben Abdelkrim, Castagna, El Fazaa, Tabka i El Ati (2009), on els valors més alts de FC es troben a la primera part de la competició, associats a una glucòlisi major, mentre que a la segona part, l'augment de la lipòlisi duu a una disminució de la FC. En la nostra prova

només s'ha completat un quart de joc, sense fatiga prèvia, que pot ser un dels factors diferenciadors en el disseny que ens duguin a resultats diferents amb d'altres estudis que comprenen un esforç més llarg en temps. D'altra banda, considerant l'experiència de Montgomery i al. (2010), podem estar segurs que les condicions de competició eleven la FC per sobre de les condicions d'entrenament ofensiu, defensiu o en espai reduït.

En el present estudi l'anàlisi per nivell no revela diferències significatives ni en la FC_{max} en joc ni en la \overline{FC}_{joc} . No s'han trobat treballs de camp que comparin diferents nivells en una mostra similar. No obstant Rodríguez-Alonso i al. (2003) descriuen diferències en el laboratori en dos grups de jugadors, un d'internacional i un d'estatal, sent el primer el de FC majors. Encara que l'estudi de Rodríguez-Alonso i al. incorpora dos grups d'alt nivell, hi ha una diferència d'edat que la fa més heterogènia. La mostra aquí presentada, en ser tota de nivell elevat i participant en la mateixa competició, podria ser més homogènia, el que implicaria una menor probabilitat de detectar diferències estadísticament significatives.

L'anàlisi per rol tampoc mostra diferències significatives. En les anàlisis de la FC en joc Vaquera i al. (2008) troben diferències entre els tres grups, sent el grup de *guards* el que presenta FC més elevades, i el de *forwards* el que mostra valors més baixos. Rodríguez-Alonso i al. (1997) en laboratori amb un grup de dones també troben diferències a favor dels *guards*, però en el seu cas, els *centers* són els que mostren menor FC, probablement degut a l'evident diferència en el tipus de joc entre homes i dones. En altres estudis,

tampoc s'han trobat diferències entre els grups (López Calbet i López Calbet, 1997).



Figura 21. El basquetbol requereix d'accions d'alta intensitat

La manca de diferències en funció del rol pot ser degut, en primer lloc, al fet que l'especialització en joc júnior és menor que en el basquetbol professional, el que fa que les diferents accions siguin més compartides entre rols, i els esforços més similars; en segon lloc, la mostra més petita que van utilitzar Vaquera i al. en el seu estudi ($n = 8$), pot ser fàcilment homogènia intragrupalment i heterogènia intergrupala, ja que parlem de

grups de dos o tres jugadors. En qualsevol cas sembla raonable que la FC que indica la intensitat relativa i no absoluta, no diferenciï entre els subjectes.

4.5.1. Resposta ventilatòria

La ventilació respon a l'exercici de forma paral·lela a la intensitat, fins a l'intensitat màxima o propera a la màxima, per la qual cosa es considera un indicador important de la intensitat de l'exercici amb una sol·licitació important del sistema locomotor. La resposta ventilatòria mitjana obtinguda en la present prova és elevada, el que indica una alta sol·licitació de la ventilació per cobrir les demandes del joc. La $\dot{V}E_{\max}$ joc arriba a nivells força elevats ($125 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$), mentre que la $\dot{V}E_{\min}$ joc es situa en valors molt per sobre del repòs (Astrand, Rodahl, Dahl i Stromme, 2003; Wilmore i Costill, 2008). Aquesta evidència indica una implicació elevada del sistema ventilatori que es reflexa en els valors $\dot{V}E_{\max}$ joc, $\dot{V}E_{\min}$ joc, i $\bar{V}E_{\text{joc}}$.

Per nivells s'observa valors més elevats en el grup d'internacionals, tant en el valor $\dot{V}E_{\max}$ joc com $\bar{V}E_{\text{joc}}$. Això suposa entendre unes majors necessitats en aquest grup, derivades, no només d'un requeriment d'un major nivell de treball, sinó també d'una demanda augmentada degut a les majors proporcions del grup (més massa, majors necessitats absolutes).

Atenent als rols, es troben també unes diferències a favor del grup de *centers* que es revelen significatives només en la ventilació mínima. Tal com s'ha comentat abans, les importants diferències de massa d'aquest grup respecte als *forwards* i *guards*, impliquen una major demanda ventilatòria.

No s'han trobat dades específiques similars en jugadors de basquetbol i grups de nivell o rol per poder comparar amb els presents resultats.

4.5.2. Resposta metabòlica

Un dels paràmetres més importants de l'anàlisi en joc és el $\dot{V}O_{2joc}$, atès que en exercici, un rendiment aeròbic alt es relaciona amb una capacitat major per realitzar esforços intermitents amb una menor acumulació de fatiga (M. Buchheit, Hader i Mendez-Villanueva, 2012; Panissa i al., 2014).

En el present estudi el valor $\bar{V}O_{2joc}$ és de $34,2 \pm 4,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Els valors màxims són de $45,6 \pm 6,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, el que suposa un $89,2 \pm 9,8\%$ del $\dot{V}O_{2max}$ individual, arribant per tant en alguns casos, a valors al voltant del 100%. Els valors presentats situen el basquetbol en un nivell mitjà de rendiment aeròbic i coincideixen amb d'altres estudis que hem pogut trobar a la bibliografia (Landers, 1986; Narazaki i al. , 2008).

Narazaki i al.(2008) descriuen valors mitjans de $36,9 \pm 2,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en un estudi similar, tot i que no descriuen els valors màxims de joc. McInnes i al. (1995), i Rodríguez–Alonso i al. (2003), estudien els valors de $\dot{V}O_2\text{max}$ en una cinta rodant, i registren la FC en joc, encara que no correlacionen els valors per estimar un $\dot{V}O_2\text{joc}$. Per una altra banda Crisafulli i al. (Crisafulli i al., 2002), desenvolupen una prova específica de pista en jugadors de basquetbol en la que es demana 5 accions consecutives d'alta intensitat, una dinàmica que intenta simular els paràmetres del joc. En aquesta, observen una mitjana de valors pic de $\dot{V}O_2$ de $45,32 \pm 8,19 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Com s'ha comentat anteriorment, si comparem amb d'altres esports d'equip, es pot afirmar que el rendiment aeròbic és mig (Withers i al. , 1977), tot i que la majoria d'esports que es juguen en espais i característiques similars, tenen consums semblants (Barbero Álvarez i Barbero Álvarez, 2003; Boyle, Mahoney i Wallace, 1994; Gómez Píriz i Soto Gil, 2004; Pérez i Heredia, 1993). No obstant els alts valors de $\dot{V}O_2$ en relació al $\dot{V}O_2\text{max}$ (89%), indiquen que la sol·licitació del sistema aeròbic és elevada. Tal com demostren Demarie, Koralsztein i Billat (2000) el $\dot{V}O_2\text{max}$ es sol·licita amb un exercici intermitent al 50% de la intensitat de la diferència entre el llindar làctic –moment en el qual augmenta exponencialment la producció làctica a una mateixa intensitat, en el model d'un sol llindar– i el $\dot{V}O_2\text{max}$ d'un exercici continu. Balsom i al. en dos estudis sobre intermitència (1992a, 1992b), dissenyen dos protocols per investigar l'efecte de les recuperacions (30, 60 i 120 s), i de les càrregues (15, 30 i 40 m), molt similars a la dinàmica del basquetbol (Cañizares i

Sampedro, 1993; Colli i Faina, 1987; Carreño Clemente i al., 1999). Els autors conclouen que les recuperacions incomplertes afecten especialment a la capacitat de mantenir la potència; només en els últims esforços, amb la recuperació més curta, la potència inicial queda afectada. En l'estudi troben valors similars de $\dot{V}O_2\text{max}$ en els esforços mitjos (30 m) i llargs (40 m), però menors en els més curts (68%, 66% i 53% respectivament). En el cas de diferents recuperacions, amb un esforç fix de 15x40 m, les recuperacions més llargues (120 i 60 s) assoleixen un $\dot{V}O_2$ del 52 i 57% del $\dot{V}O_2\text{max}$, mentre que la recuperació més curta (30 s) assoleix un 66%. Aquests resultats concorden amb els trobats per (Christmass, Dawson, i Arthur, 1999; Christmass, Dawson, Passeretto, i Arthur, 1999) on descriuen valors propers al 70% del $\dot{V}O_2\text{max}$ en tres dinàmiques diferents 6:9 s, 12:18 s i 24:36 s (treball:pausa). Aquests valors, encara que inferiors als presentats aquí, ja serien suficients per augmentar el $\dot{V}O_2\text{max}$. Tabata i al. (1997), amb una càrrega superior (20:10 s amb velocitat de 170% de la velocitat en el $\dot{V}O_2\text{max}$ o $v\dot{V}O_2\text{max}$), sí assoleix valors de $\dot{V}O_2\text{max}$ i $DAO\text{max}$ (dèficit acumulat d'oxigen màxim), mentre que amb una intensitat superior (30 s al 200% $v\dot{V}O_2\text{max}$) no assoleix aquests valors màxims degut a la major recuperació (2 min).

Vamvakoudis i al. (2007), observen un augment del $\dot{V}O_2\text{max}$ arran de la pràctica del basquetbol en jugadors joves, mentre que McKenzie (1985) observa diferències en joves practicants de basquetbol i estudiants d'educació física, a favor dels primers. Més recentment, Carvalho, Coelho—e—Silva, Eisenmann, i Malina (2013) han relacionat la pràctica del basquetbol en jugadors joves, amb un major $\dot{V}O_2\text{max}$ que relacionen amb

una major presència de massa magra, un major % de massa greixosa i una millora del rendiment aeròbic. Així mateix, s'ha demostrat la millora de valors relacionats amb la cinètica del $\dot{V}O_2$, mentre que altres valors relacionats amb el metabolisme anaeròbic romanen inalterats durant la temporada (Hoffman i al., 2005). Aquests resultats són suportats per diverses recerques que comparen els valors previs i posteriors a la temporada sense entrenament específic de resistència, que ens duu a pensar que la pràctica del basquetbol augmenta el rendiment aeròbic i el manté a un nivell mitjà (Caterisano, Patrick, Edenfield i Batson, 1997; Coleman, Kreuzer, Friedrich i Juvenal, 1974; Hakkinen, 1993; Hoffman, Fry, Howard, Maresch i Kraemer, 1991; Hunter, Hilyer i Forster, 1993; Krusturp i al. , 2003; Laplaud i al. , 2004; Tavino i al. , 1995) .

En els estudis més recents sobre els valors de $\dot{V}O_2$ en jugadors de basquetbol semblen aportar informació més rellevant. Tal com indiquen alguns autors (Cormery i al. , 2008; Drinkwater i al. , 2008; Matthew i Delextrat, 2009), arran dels canvis reglamentaris de l'any 2000 (FIBA, 2008) les demandes dels jugadors han canviat. El fet de passar d'atacs de 30 s, com a màxim, a 24 s i de 10 s en el propi camp a 8 s, ha dut un augment en el nombre d'accions i en conseqüència en la velocitat del joc. Concretament, de 67 possessions a la temporada 1999–2000, a 75 possessions a la 2000–2001, mantenint-se estable, fins a les 74 possessions de la 2013–2014 (Samaniego, 2014). Això propicia, en opinió dels autors citats, que els jugadors tinguin nivells superiors de condició física. La dinàmica intermitent passaria a més esforços tot i que de menor

durada i recuperacions també menors. En la successió dels mateixos arribarà la fatiga (Balsom i al. , 1992a, 1992b).

Els jugadors internacionals mostren un consum màxim major que els no internacionals ($p = 0,007$). Existeix una diferència entre els dos grups de $\approx 5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ que sembla prou important com per comportar una diferència de rendiment en el joc simulat. No s'han trobat comparacions similars en la literatura, ja sigui en joc real o simulat. Altres autors han fet comparacions per nivell en jugadors de basquetbol i proves inespecífiques (Rodríguez Alonso, 1997; Rodríguez Alonso i al. , 1998; Sallet i al. , 2005). Els resultats que mostren no són similars als presents, ja que mentre que Sallet, Perrier, Ferret, Vitelli, i Baverel i Rodríguez-Alonso i al. troben major consum en jugadors de menor nivell que ens els de major nivell, els nostres resultats indiquen el contrari. Hem de comentar que la mostra dels estudis de Rodríguez-Alonso i al. son dones, i que Sallet i al., consideren que malgrat la significació estadística, la diferència de les mitjanes no ens fa pensar que el perfil no sigui homogeni entre els grups. Els presents resultats són clarament diferents, indicant diferències en funció del nivell.

En el present estudi els *guards* semblen tenir un rendiment aeròbic major ($\bar{V}O_{2\text{joc}}$, $\dot{V}O_{2\text{max joc}}$ i $\dot{V}O_{2\text{max joc}}/\dot{V}O_{2\text{max}}$) encara que les diferències no són significatives. Hem d'interpretar cautelosament el resultat negatiu ($p = 0,084$) en la comparació del consum pic com a conseqüència de la baixa potència d'aquestes comparacions (potència $1-\beta$ per ANOVA = 0,318, per $\alpha = 0,05$). Els *centers* mostren el menor $\dot{V}O_{2\text{max joc}}$ i $\bar{V}O_{2\text{joc}}$, mentre mostren un $\dot{V}O_{2\text{max joc}}/\dot{V}O_{2\text{max}}$ per sobre els *forwards*.

En l'anàlisi de la capacitat de resistència per posicions, la majoria dels autors coincideixen a assenyalar el *guard* com a rol amb major rendiment aeròbic, per sobre dels *forwards* i els *centers* (Leaders, 1986; Vaccaro i al., 1980; Ostojic, Mazic, i Dikic, 2006; Vaquera, Rodríguez–Marroyo, Ávila, Morante, i Villa, 2003; Cormery i al., 2008), encara que les anàlisis són en proves genèriques. Els estudis revisats no aporten informació al respecte en joc real o simulat.



Figura 22. El rol de *guard* apareix com el de major rendiment aeròbic

Sembla doncs, que els *guards* assoleixen un major nivell de rendiment aeròbic durant el joc. Això es deu probablement a que són els que intervenen durant més temps ja que s'encarreguen de dur la pilota d'un camp a l'altre o defensar al jugador que ho fa. El fet paradoxal que el grup

de *centers* mostri un percentatge més elevat de consum en joc en relació al màxim es pot atribuir a que el tipus d'accions de força isomètrica màxima o quasi-màxima (bloc de rebot, *body-check*, *bumps*, etc.) són més constants i poden desenvolupar el $\dot{V}O_2$ per un augment del deute d'oxigen degut a la naturalesa anaeròbica dels esforços. No obstant, aquests tipus d'activitats no desenvolupen el $\dot{V}O_2$ en la mateixa mesura que aquells en que la sol·licitació aeròbica és més important. Recentment algunes investigacions apunten al rol de *forward* com el que realitza més treball d'alta intensitat durant el joc (Moreno i Peña, 2013) o com el que acumula més fatiga tant posterior al partit com durant la temporada (Moreno i Peña, 2015; Schelling i al. , 2015)

4.5.3. Resposta bioenergètica

El valor de $\bar{E}\bar{E}$ és de $877 \pm 123 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1}$, la $\bar{E}\bar{E}_{bsa}$ $408 \pm 45 \text{ kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ i la $\bar{E}\bar{E}_{pes}$ $10,4 \pm 1,3 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Els consums màxims $-E\bar{E}_{max}$, $E\bar{E}_{max}$ bsa i $E\bar{E}_{max}$ pes s'eleven aproximadament un 30% per sobre els mitjans, per assolir valors màxims de $1166 \pm 159 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1}$, $541 \pm 64 \text{ kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, $13,8 \pm 1,9 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$.

En el basquetbol, el consum per unitat de temps és major que en d'altres activitats de caire aeròbic i intensitat mitjana (Ainsworth i al., 1993; Consolazio, Johnson i Pecora, 1963; W. McArdle, Katch i Baltimore, 2001; Passmore, 1955). Això es deu a una major oxidació glucídica en els exercicis intermitents d'alta intensitat comparat amb els exercicis continus (Christmass, Dawson, Goodman i Arthur, 2001; Christmass, Dawson,

Passeretto i Arthur, 1999). Tal com s'ha comprovat, la pràctica del basquetbol augmenta la EE en repòs al llarg d'una temporada, lligat a la pèrdua de massa greixosa i augment de la massa muscular i la força (Silva i al., 2012). En un conegut estudi, Ainsworth i al. (1993), fan un compendi de les despeses energètiques de les diferents activitats calculades en MET (1 MET = 1 kcal·kg⁻¹·h⁻¹, en població normal). Ho fan recollint una sèrie de dades d'altres estudis publicats i no publicats. Al joc del basquetbol li assignen uns 8,0 MET. Ballor i al.(1989), també utilitzen els MET com a descriptiu de la despesa energètica –utilitzem la equivalència MET vs. kcal expressada anteriorment–. Ho fan en dues proves, una classe d'educació física de basquetbol i, per una altra banda, una simulació de basquetbol utilitzant una cinta rodant per caminar i córrer, i la zona adjacent per altres moviments com per exemple els salts. Utilitzen 3 mesures, el Caltrac (acceleròmetre), enregistrament de la FC i l'anàlisi de vídeo, trobant 4,2 ± 1,3 kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 5,0 ± 1,8 kcal·kg⁻¹·h⁻¹ i 3,1 ± 0,9 kcal·kg⁻¹·h⁻¹ respectivament en la classe d'educació física, i 4,9 ± 0,3 kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 6,1 ± 0,9 kcal·kg⁻¹·h⁻¹ i 3,8 ± 0,0 kcal·kg⁻¹·h⁻¹ en la simulació de basquetbol. També incorporen una anàlisi de VO₂ en la simulació de basquetbol que dóna 5,2 ± 0,6 kcal·kg⁻¹·h⁻¹. Tot i ser diferents estadísticament, totes mostren una correlació forta. En un altre estudi, Schmitz i al. (2005) enregistren un consum de 415 ± 82 kcal·h⁻¹ en una prova de llançaments a cistella. Prèviament Rossi i al. (Rossi i al., 1984) correlacionen la despesa energètica mesurada indirectament per anàlisi de gasos en un cicloergòmetre amb la freqüència cardíaca. S'utilitza aquesta relació, per a través de la FC enregistrada en joc, estimar el consum energètic per calorimetria indirecta, que estimen per al

basquetbol en $0,134 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Recentment, Silva i al. (2013) han estudiat amb el mètode de l'aigua doblement marcada el consum diari en joves jugadors de l'equip nacional de basquetbol portuguès, estimant una despesa d'activitat diària (restant l'activitat basal de la despesa total) de $12778 \pm 2575 \text{ kJ}\cdot\text{d}^{-1}$ o $3052 \pm 615 \text{ kcal}\cdot\text{d}^{-1}$ i un ratio de despesa total (basal + diària) respecte a la basal de $2,9 \pm 0,5$. La comparació amb les presents dades resulta difícil, per la diferència en la magnitud de temps d'enreregistrament, tot i que la pràctica esportiva sembla cabdal alhora de augmentar les necessitats energètiques. En el present estudi, la $\overline{E\dot{E}}_{\text{pes}}$ és més elevat, de $684 \pm 97 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Altres autors fan càlculs amb un factor de conversió corresponent al quocient respiratori mig, així Iglesias (1997) aplica $4,838 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1}$ a un valor fix $R = 0,83$ per la limitació instrumental del seu estudi (manca de registres de CO_2).

Els valors dels estudis esmentats, són tots inferiors als trobats en aquesta recerca. Un dels motius principals pot ser la qualitat de la mostra. Mentre que per exemple Ballor i al. (1989) i Schmitz i al. (2005) estudien una mostra de la població general, la nostra mostra i la població d'origen és d'alt rendiment i altament especialitzada en aquest esport. En el cas de l'estudi de Rossi i al. (1984), dos factors poden explicar les diferències. En primer lloc, es produeix en una època en que el basquetbol era prou diferent com perquè les diferències fossin notables. D'altra banda, mentre que ells infereixen la despesa energètica arran de la relació $\text{FC} - \dot{V}\text{O}_2$ en una prova en cicloergòmetre, nosaltres la podem obtenir dels valors ventilatoris directament durant el joc. Ballor i al. (1989) descriuen una

sota-estimació del 20–25% en la mesura energètica amb la freqüència cardíaca.

En les comparacions per nivell, el grup d'internacionals sembla fer una major despesa energètica màxima durant el joc, i no només en termes absoluts –en aquest cas podria deure's a la diferència de pes corporal–, sinó també en relació a la superfície corporal i el pes. De forma similar, es mostra una tendència a una major despesa mitjana en el grup d'internacionals que, malgrat no ser estadísticament significativa, cal indicar que la baixa potència estadística de la prova ($1-\beta < 0,800$ per a $p \leq 0,05$) pot portar a refusar diferències quan realment existeixen (error de tipus II). No s'han trobat altres estudis que efectuïn comparacions similars.

Quan s'observen les comparacions per rol, la despesa mitjana absoluta dels *centers* és major. Això es deu a la diferència de pes entre aquests jugadors i la resta. Quan relativitzem a la superfície corporal, cap dels rols sembla desprendre més, però quan relativitzem al pes corporal, els *guards* mostren diferències en la despesa màxima i una tendència no significativa estadísticament en la despesa mitjana. Una vegada més cal prendre aquest resultat negatiu amb cautela degut a la baixa potència estadística.

Tot i que Elia i Livesey (1992) raporten un error de menys del 5% en la mesura indirecta a través de la ventilació, en la present prova no es mantenen condicions estàndards per al mesurament bioenergètic (Elia i Livesey, 1988, 1992; Livesey i Elia, 1988; Swyer, 1991). Els valors obtinguts en la prova de joc tenen menys error degut a que valoren els

gasos directament i s'assumeixen menys supòsits que poden resultar erronis (Elia i Livesey, 1992; Swyer, 1991). Tampoc es mesura consums en població amb alteracions del metabolisme o en condicions climàtiques –en l'estudi s'han fet en pistes cobertes– o de fatiga extremes, per la qual cosa es pot concloure que les fonts d'error en quant a la mostra o condicions, son més reduïdes.

Els resultats de la despesa energètica concorden amb els d'altres variables i s'observa una major despesa d'energia dels jugadors de més nivell, i per rols, una major despesa en els *guards*.



Figura 23. La despesa energètica està lligada al rol dels jugadors

4.5.4. Càlcul de la càrrega mitjançant els TRIMPs

Els mètode dels TRIMPs ha estat desenvolupat inicialment per Bannister i Calvert (1980). Algunes recerques en esports intermitents ja l'utilitzen i el recomanen com a un mètode vàlid (Foster i al., 2001; Scanlan, Wen, Tucker i Dalbo, 2014; Stagno i al. , 2007; Wallace, Slattery i Coutts, 2014). En contra Akubat i Abt (2011) assenyalen que la intermitència en l'exercici pot afectar la relació establerta en un exercici continu per als TRIMPs, encara que la metodologia que utilitzen és de caràcter metabòlic (lactat sanguini) i no ventilatori com és el nostre cas. En canvi, Lambert i Borresen (2010) confirmen que el mètode és adequat en tant que es controlin els factors ambientals i fisiològics. Recentment Wallace, Slattery, Impellezeri i Coutts (2014), s'han posicionat en contra de l'ús dels TRIMPs i a favor dels mètodes de percepció interna de l'esforç (RPE). En la seva recerca, comparen 10 esportistes recreacionals (5 homes i 5 dones) en cicloergòmetre. La mostra petita, i el mode d'exercici, que pot ser poc conegut i específic per als subjectes, són font de variabilitat que fa disminuir la potència dels càlculs que s'hi esdevenen. Altres recerques també es decanten per el RPE o modificacions del mateix per sobre dels models basats en la FC (Scanlan, Wen, Tucker, Borges i al. , 2014). En aquest cas, es va trobar una correlació moderada però significativa tant en els models FC com en els RPE, encara que els autors troben major sensibilitat als canvis en el volum de l'entrenament mesurat amb la metodologia RPE. Aquest fet, no exclou ni la validesa ni la fiabilitat del mètode, aplicades a les dades dels jugadors de basquetbol júnior presentades i basades en una resposta prou específica com es la cursa,

acceleracions i desacceleracions, accions que tenen presència important en el basquetbol. Recenment Scanlan, Fox, Borges, Dascombe i Dalbo (2016) troben una bona correlació entre el càlcul de la càrrega interna amb TRIMPs i el recompte d'acions d'alta intensitat com a càrrega extena en jugadors de basquetbol d'alt nivell júnior.

En base al càlcul $\text{TRIMPs} \cdot \text{min}^{-1}$, els jugadors de basquetbol estudiats assoleixen un valor mitjà de $1,31 \pm 0,33 \text{ ua} \cdot \text{min}^{-1}$, situant-se en la zona de transició aeròbic-anaeròbic, o entre els LiV_1 i LiV_2 . No hem trobat diferències entre rols, encara que s'observa una tendència a favor dels *centers* ($1,59 \text{ ua} \cdot \text{min}^{-1}$), enfront dels *guards* i *forwards* ($1,29$ i $1,22 \text{ ua} \cdot \text{min}^{-1}$). Per nivell, tot i que les diferències tampoc són estadísticament significatives, la mitjana dels jugadors no internacionals ($1,34 \text{ ua} \cdot \text{min}^{-1}$) per sobre de la dels internacionals ($1,28 \text{ ua} \cdot \text{min}^{-1}$), contrasta amb les diferències que trobem en el $\bar{V}\text{O}_{2\text{joc}}$ i en el $\dot{V}\text{O}_{2\text{joc}}$ a favor dels internacionals, suggerint una menor afectació de la fatiga amb un major rendiment, que seria explicat per la posició més alta dels llindars en el grup dels internacionals (veure Taula 18).

4.6. Conclusions

En els jugadors de basquetbol d'elit en categoria júnior, s'enregistren FCmax elevades durant el joc, que conjuntament amb la distribució dels diferents valors de FC, indiquen una implicació alta del sistema cardiovascular i una alta intensitat relativa de l'esforç. La \overline{FC}_{joc} trobada és lleugerament menor que en altres estudis, probablement degut a la durada limitada de la prova utilitzada per la valoració. No és una variable diferenciadora ni per nivell ni per rol.

El $\dot{V}O_2max$ en joc és molt elevat, proper al màxim individual. La seva dinàmica intermitent requereix nivells elevats de potència aeròbica, encara que ho fa d'una manera moderada si ho comparem amb d'altres esports que depenen en major mesura d'aquesta qualitat, com poden ser certes o d'altres especialitats relacionades amb la resistència.

El $\overline{V}O_{2joc}$ és similar al descrit en altres estudis de basquetbol o d'esports amb característiques similars. En els *centers* és menor que en els altres rols, i els *guards*, tot i no ser una diferència estadísticament significativa, s'observa una tendència a ser el rol amb major consum.

El consum energètic ha resultat major que el descrit per altres recerques que han emprat altres mètodes per calcular-lo. El grup d'internacionals consumeix més relativament, comparat amb el grup de no internacionals.

Els *guards*, tal com en el consum d'oxigen, mostren una tendència no significativa vers una major despesa energètic relativa.

5. Valoració funcional en jugadors de basquetbol: la prova de 20 m

5.1. Introducció

L'estudi de la capacitat de resistència ha estat un pilar fonamental en la recerca del rendiment esportiu. Amb el pas del temps, s'han desenvolupat diverses metodologies, de laboratori i de camp, per intentar descriure aquesta capacitat i el seu rol en el rendiment dels esportistes.

Un dels objectius de la recerca en aquest àmbit ha estat la cerca de mètodes de valoració ràpids, econòmics i fiables. En el basquetbol s'han aplicat diverses proves, per valorar la resistència dels jugadors (Apostolidis i al. , 2004; Bale, 1991; Crisafulli i al., 2002; Drinkwater i al. , 2008; Samanes Prat, 1985). El paràmetre més usual per predir la capacitat de resistència d'un esportista és el $\dot{V}O_2\text{max}$. Aquest paràmetre és reconegut com un indicador estàndard en fisiologia de l'exercici tant per valorar la condició aeròbica, com per definir les intensitats relatives d'entrenament.

Molts estudis han descrit els valors de $\dot{V}O_2\text{max}$ obtinguts en el laboratori i el basquetbol no n'ha estat una excepció. Els valors enregistrats en jugadors júnior i sènior masculins de nivell nacional estan entre 46 i 65 mL·kg⁻¹·min⁻¹. Comparat amb d'altres esports, els valors descrits per al basquetbol son mitjans (Aziz, Chia i Teh, 2005).

Els valors relativament discrets de $\dot{V}O_2\text{max}$ en jugadors de basquetbol generen una discussió entre els autors sobre quina és la naturalesa de

l'esforç en aquest esport. Mentre un grup considera que és un esport predominantment anaeròbic (Crisafulli i al. , 2002; Dal Monte, Gallozi, Lupo, Marcos i Menchinelli, 1987), altres consideren que és fonamentalment aeròbic (Apostolidis i al. , 2004; Herrero i Cuadrado, 2004; Laplaud i al. , 2004), tot i que la majoria es decanten per considerar-lo un esport aeròbic amb moments d'esforç anaeròbic (Colli i Faina, 1987; McInnes i al. , 1995; Riezebos, Paterson, Hall i Yuhasz, 1983; Vaquera, Rodríguez-Marroyo, Ávila, Morante i Villa, 2003).

En el cas del basquetbol, el $\dot{V}O_2\text{max}$ és un valor interessant com a descriptor de la capacitat de resistència associada als esforços intermitents, tal com diversos autors consideren (Bell, Cooper, Cobner i Longville, 1994; Hakkinen, 1993; Riezebos i al. , 1983; Sallet i al. , 2005). La prova de 20 m (Leger, Lambert, Goulet, Rowan i Dinelle, 1984) té unes característiques que aconsellen el seu ús. En primer lloc hem d'assenyalar que podem emprar la mateixa pista que utilitzen els jugadors per jugar i entrenar. En segon lloc, els desplaçaments en cursa i la dinàmica d'arrencades i frenades amb canvis de sentit són molt específics, ja que es produeixen sovint del basquetbol (McInnes i al. , 1995). S'ha demostrat també, la relació entre el $\dot{V}O_2\text{max}$ i les activitats intermitents d'alta intensitat amb un perfil similar al del basquetbol (M. Buchheit i al. , 2012). Algunes recerques, han trobat valors de $\dot{V}O_2\text{max}$ majors en proves de 20 m en pista per sobre de proves similars en cinta rodant (Tsiaras i al., 2010). I per últim, la distància de 20 m és molt similar als desplaçaments que es produeixen en el joc en pista oficial de 28 m de llarg per 15 m d'ample (Cañizares i Sampedro, 1993; Colli i Faina, 1987; Crisafulli i al. , 2002; McInnes i al. , 1995). D'altra

banda, el valor de $\dot{V}O_2\text{max}$ té una forta relació amb les activitats de resistència amb moviments ràpids, curts i amb canvis de direcció freqüents, com poden ser els esports d'equip (Gholamali i Damirchi, 2012).

Els nous analitzadors de gasos portàtils permeten obtenir dades més específiques en proves realitzades en diferents condicions. També permeten mesurar el $\dot{V}O_2$ respiració a respiració durant una prova de manera directa, millorant el coneixement que es pot obtenir mitjançant d'altres tècniques com la retroextrapolació de la corba de recuperació de l'oxigen (di Prampero i Lafortuna, 1989; Rodriguez i al. , 2008).

Algunes estudis sobre esports intermitents han incorporat a l'estudi del $\dot{V}O_2\text{max}$ del càlcul dels llindars ventilatoris LiV_1 i LiV_2 (Baiget, 2008; Baiget, Fernandez-Fernandez, Iglesias i Rodriguez, 2014; Iglesias, 1997; Silla, 1998). Els LiV_1 i LiV_2 són un valor vàlid i acceptat per determinar zones d'intensitat de diferent implicació metabòlica (Anderson i Rhodes, 1989; Neary, MacDougall, Bachus i Wenger, 1985; Poole i Gaesser, 1985; Reybrouck, Ghesquiere, Weymans i Amery, 1986). Alguns esports usen aquests valors per definir les característiques de l'esforç necessari per a la seva pràctica a diferents nivells (Baiget, 2008; Iglesias, 1997; Silla, 1998). En el cas del basquetbol hem trobat dades en adolescents que situen un únic LiV al voltant del 77% del $\dot{V}O_2\text{max}$ (Apostolidis i al. , 2004; Blanco i de Brito Vidal, 2003).

En el present estudi hem volgut aportar més informació per determinar d'una manera més consistent el perfil metabòlic dels jugadors de basquetbol.

5.2. Objectius

- Determinar el rendiment aeròbic de jugadors de basquetbol de categoria júnior d'alt nivell.
- Establir quines diferències existeixen en el rendiment aeròbic entre jugadors de diferent nivell competitiu.
- Establir quines diferències existeixen en el rendiment aeròbic entre jugadors de diferent rol.

5.3. Material i mètode

5.3.1. Subjectes

Els subjectes del present estudi ($n = 30$) van ser jugadors d'alt nivell de la categoria júnior. Les seves característiques, criteris d'inclusió a l'estudi així com els procediments de consentiment i aprovació de la recerca estan descrits al punt 4.3.1.

Prèviament es va informar a tots els subjectes de les característiques de l'estudi i es va obtenir el consentiment per escrit dels majors de 18 anys i dels pares o tutors en el cas dels menors. L'estudi compta amb l'aprovació de l'Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya i de l'Agència de Gestió dels Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR), i va complir amb els

requisits de la Declaració de Helsinki sobre recerca en subjectes humans ("Declaration of Helsinki. Recommendations guiding medical doctors in biomedical research involving human subjects," 1976; World Medical Association declaration of Helsinki. Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects," 1997).

5.3.2. Disseny

Anteriorment a la prova els jugadors van ser mesurats i pesats. Seguidament realitzaven un escalfament genèric (descriu a l'annex 11.3). Durant la recuperació de l'escalfament se li colocava l'analitzador de gasos al jugador. Cinc minuts després s'iniciava la prova. Es tracta d'una prova incremental, progressiva i fins a l'esgotament. L'individu corre al ritme que marquen els senyals sonors fins que abandona o és eliminat per no poder continuar el ritme. Aleshores, reposa durant cinc minuts en els quals s'enregistra la recuperació cardiorespiratòria.

5.3.3. Material

Per a les valoracions en joc simulat es va utilitzar un analitzador de gasos portàtil K4b² (Cosmed, Roma, Itàlia).

Les característiques de l'analitzador de gasos, de la bàscula, del tallímetre, del sistema informàtic, així com del pulsòmetre es descriuen al punt 4.3.3.

El ritme de la prova venia marcat mercès a uns senyals sonors enregistrats en un arxiu mp3 que es reproduïa en un equip portàtil amb dos altaveus. Els esmentats senyals apareixen a una freqüència creixent, segons descriuen els creadors de la prova (Leger i Gadoury, 1989; Leger i al. , 1984; Leger, Mercier, Gadoury i Lambert, 1988).

5.3.4. Protocol

Cadascun dels subjectes va completar una prova incremental, màxima i fins a l'esgotament amb l'objectiu de determinar el $\dot{V}O_2\max$. La prova es collida va ser el test de 20 m de Leger i Boucher (Leger i al. , 1984).

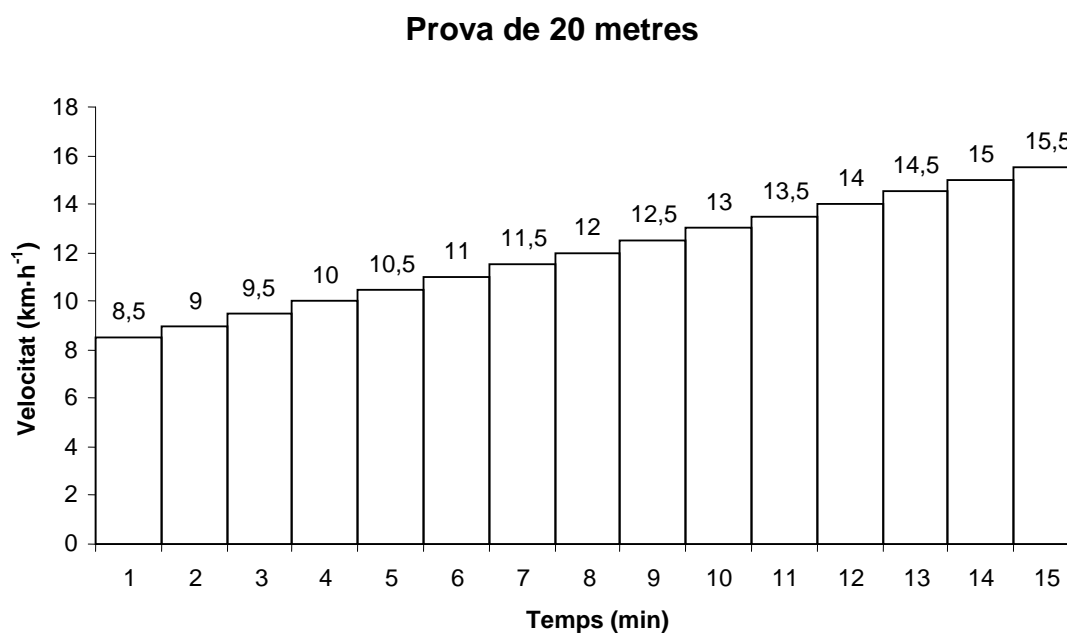


Figura 24. Progressió de la càrrega en la prova de 20 m

Es va desenvolupar en una pista de basquetbol homologada, on es va marcar un carril de 20 m de llargada per 1 m d'amplada. El jugador havia de córrer pel carril d'inici a fi de manera contínua fent coincidir les anades i tornades amb un senyal acústic. La prova s'iniciava a una velocitat de 8,5 km·h⁻¹ amb increments de 0,5 km·h⁻¹ cada minut i fins a l'esgotament. La prova es considerava finalitzada quan el subjecte no podia continuar o bé

no podia mantenir la velocitat de cursa durant dues rectes seguides (no arribava a l'espai d'1m de tolerància).

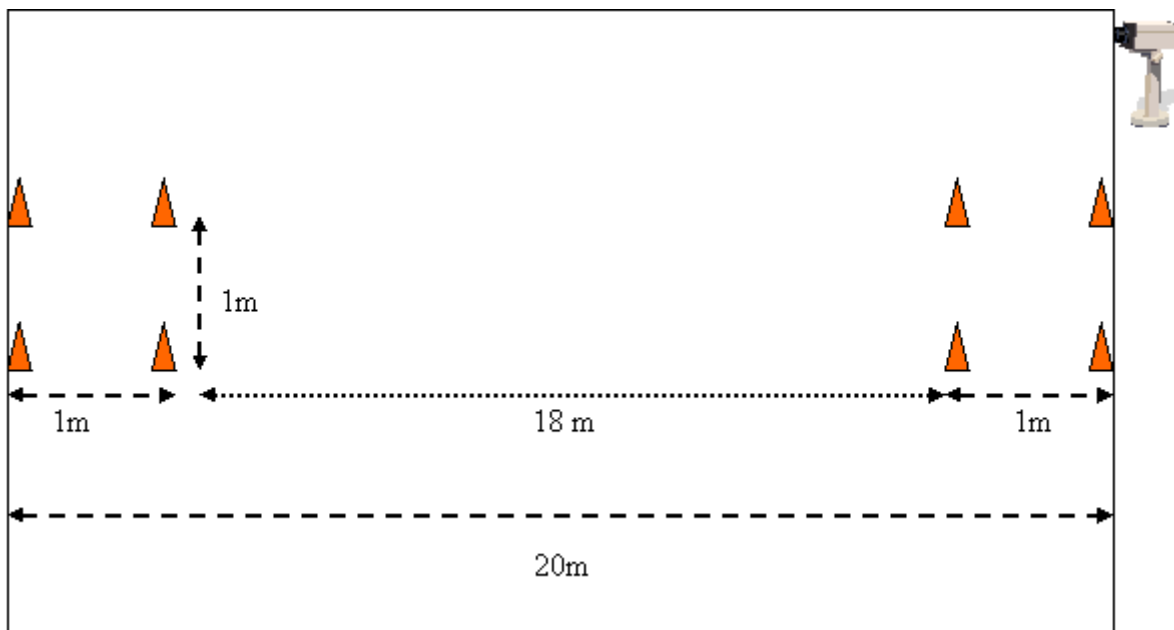


Figura 25. Esquema del muntatge de la prova de 20 m

La prova es considera màxima quan: el $\dot{V}O_2$ no augmentava o disminuïa lleugerament amb un nou increment d'intensitat, la FC era major al 85% de la FCmax estimada o la $R > 1,15$ (Davis, 1995).

Durant cada prova van ser necessaris almenys dos tècnics. El primer controlava la prova i el segon s'encarregava de la transmissió de dades al PC, a més s'encarregava de la filmació de la prova que va efectuar-se des d'un punt fix, des d'on es podia gravar amb un plànol fix.

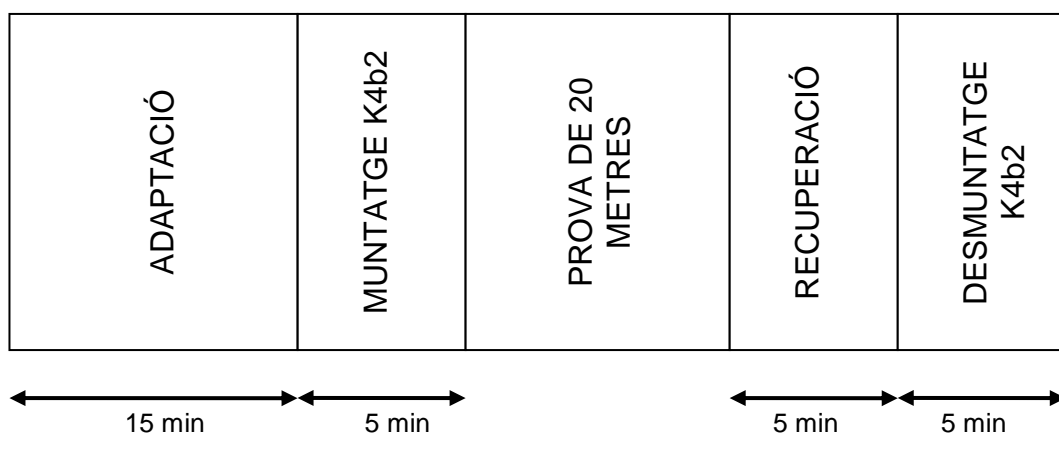


Figura 26. Cronograma de la prova

5.3.5. Variables d'estudi

Variables independents

Tal com es va fer en l'estudi de la prova de joc s'han incorporat dues variables categòriques que actuen com a factors d'anàlisi (veure punt 4.3.5). Els factors intersubjectes són igualment el rol de joc (*guard*, *forward* i *center*) i el nivell (internacional i no internacional).

Variables dependents

Terme	Definició	Unitats
DAO	Quantitat d'oxigen equivalent al total d'energia utilitzada per realitzar l'activitat que no provenen de reaccions que utilitzen l'oxigen atmosfèric. En exercicis intensos o maximals, comprèn tant el treball que prové dels fosfats d'alta energia, com dels processos anaeròbics	mL
DAOpes	DAO relatiu al pes	mL·kg ⁻¹
$\bar{E}E$	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat	kcal·h ⁻¹ ; kJ·h ⁻¹
EEbsa	Despesa energètica en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ; kJ·m ⁻² ·h ⁻¹
$\bar{E}Ebsa$	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ; kJ·m ⁻² ·h ⁻¹
EEmax	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat	kcal·h ⁻¹ ; kJ·h ⁻¹
EEmax bsa	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ; kJ·m ⁻² ·h ⁻¹
EEmax pes	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
EEpes	Despesa energètica en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
$\bar{E}Epes$	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
FC20m	FC enregistrada en qualsevol moment de la prova de 20 m	Bpm
FCLiV ₁	FC enregistrada en el LiV ₁	bpm; %
FCLiV ₂	FC enregistrada en el LiV ₂	bpm; %
FCmax	FC màxima enregistrada en la prova de 20 m	bpm
LiV ₁	Llindar ventilatori 1, també anomenat llindar aeròbic. Es detecta per un augment del $\dot{V}E$ i el $\dot{V}CO_2$ en relació al $\dot{V}O_2$	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; % $\dot{V}O_{2max}$
LiV ₂	Llindar ventilatori 2, també anomenat punt de compensació respiratòria. Es detecta per un augment del $\dot{V}E$ en relació al $\dot{V}O_2$ i al $\dot{V}CO_2$ indica el punt on la incapacitat de l'organisme per abastir d' O ₂ els teixits i la hipercàpnia resultant, provoquen un augment desproporcionat de la ventilació	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; % $\dot{V}O_{2max}$

Terme	Definició	Unitats
PdFC	Canvi, positiu o negatiu, respecte a la relació lineal entre la FC i el treball evident en una prova progressiva i incremental (Bodner i Rhodes, 2000)	bpm
Prova 20 m	Un test dissenyat per assolir un estrès gradual al esportista	Paliers, rectes
Temps	Temps real de durada de les proves de joc o de 20 m	min:s
$\bar{V}E_{20m}$	Volum de gas espiratori mitjà durant la prova de 20 m	L·min ⁻¹
$\dot{V}E_{max\ 20m}$	Volum de gas espiratori màxim durant la prova de 20 m	L·min ⁻¹
$\dot{V}E_{min\ 20m}$	Volum de gas espiratori mínim durant la prova de 20 m	L·min ⁻¹
$\dot{V}O_{2max}$	Màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant un test maximal, en el treball present durant la prova de 20 m	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; (relació lineal) mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ (relació no-lineal); MET (3,5 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
$\Delta \dot{V}O_2$	Amplitud de la resposta de la fase ràpida de la cinètica de recuperació relativa al temps i pes. Dóna un valor de la velocitat de recuperació de l'esforç que té un esportista, calculat en la fase de recuperació més ràpida (τ).	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹
τ	Coneguda com a constant de temps (<i>time constant</i>), expressa un valor en segons corresponent al 63% de la $\Delta \dot{V}O_2$ en la corba $\dot{V}O_2$ - temps.	s

5.3.6. Anàlisi de dades i estadística

Un cop enregistrades les dades les es van analitzar amb el software K4b2 V7.5a procedint al suavitzat de la prova (per reduir-ne la fluctuació natural cicles respiratoris). Per això es va realitzar la mitjana dels valors enregistrats 15 s. A continuació, es varen extreure les parts no útils de la prova: el repòs i la recuperació, així com el primer minut de la prova ja que el retard de la cinètica d'oxigen a l'inici de la prova ($8,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) fa que els valors alterin la linerealitat del primer segment de la prova. Amb la fase útil que restava es van trobar els lindars ventilatori 1 i 2 (LiV_1 i LiV_2) pel mètode de l'equivalent ventilatori (Wasserman, Hansen, Sue i Whipp, 1999). El LiV_1 es detecta quan:

- l'equivalent ventilatori d'oxigen $\left(\frac{\dot{V}E}{\dot{V}O_2}\right)$ augmenta sense increment

concomitant de l'equivalent ventilatori del diòxid de carboni $\left(\frac{\dot{V}E}{\dot{V}CO_2}\right)$

- augmenta la PETO_2 sense increment de la PETCO_2

Aquests valors incrementals són típics de la fase de tamponament isocàpnic, on l'acidosi metabòlica produïda per un augment del metabolisme anaeròbic encara pot ser compensada per la presència de HCO_3^- sense que es produeixi una davallada massa gran del pH que provoqui la hiperventilació.

Posteriorment es determinà el llindar ventilatori 2 (LiV_2) posterior a la fase de tamponament isocàptic (Wasserman i al. , 1999). Aquest LiV_2 succeeix quan es detecta un augment de $\left(\frac{\dot{V}E}{\dot{V}CO_2}\right)$ amb un increment associat de $PETCO_2$. Aquest llindar es coneix com a punt de compensació respiratòria. L'acidosi augmenta i el HCO_3^- sanguini no pot tamponar l'excès de ions H^+ , produïnt-se una hipercàpnia que es detectada pels quimiorceptors i que estimula intensament la ventilació pulmonar. La $PaCO_2$ baixa reflectint l'esforç de la ventilació per fer front a l'acidosi làctica.

La inspecció visual per detectar els llindars es va realitzar per dos observadors per separat, i comparades posteriorment fins arribar a un consens. Les mitjanes cada 15 s redueixen les fluctuacions i ajuden a determinar els canvis ventilatoris clarament.

El càlcul del DAO i de la cinètica d'oxigen (τ) es realitza segons la solució de la fórmula següent (Jones i Poole, 2005) i el càlcul de la seva constant de temps de la fase ràpida de la cinètica de recuperació o *off-transient kinetics* (63,3% del màxim de la resposta):

$$\dot{V}O_2(t) = \dot{V}O_2(b) + A(1 - e^{-\frac{(t-TD)}{\tau}})$$

On: $\dot{V}O_2(t)$ és el consum d'oxigen en qualsevol moment de temps, $\dot{V}O_2(b)$ és el consum d'oxigen a la línia de base (repòs), A és l'amplitud de la resposta de consum, i $A(1 - e^{-\frac{(t-TD)}{\tau}})$ és la funció exponencial de

disminució del consum d'oxigen durant la fase ràpida de la cinètica de recuperació.

Es considera que la resposta de la cinètica de recuperació a exercicis intensos per sobre el LiV té una forma doblement exponencial. La fase I o fase ràpida –que comprèn la major part de l'amplitud de la resposta– es depenent del nivell de $\dot{V}O_2$, mentre que la fase II o component lent sembla independent (Cunningham, Croix, Paterson, Ozyener i Whipp, 2000; Kilding, Challis, Winter i Fysh, 2005; Lai i al., 2012; Ozyener, Rossiter, Ward i Whipp, 2001).

Per definir la validesa de la prova de 20 m es va elaborar la regressió entre el $\dot{V}O_2$ i el nombre de rectes de la prova. Per una major concordança entre les dades dels diferents subjectes es va establir el recompte de rectes en un minut com a punt de referència. Es van elaborar les regressions per grups de nivell i rol per observar si les correlacions són més fortes a l'homogeneïtzar la mostra.

Per al càlcul dels consums d'oxigen relatius no proporcionalment lineals al pes o $\dot{V}O_2\text{max}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-a/b}\cdot\text{min}^{-1}$), es van incorporar els valors al·lomètrics proposats per Astrand i Rodahl (Astrand i al. , 2003), que corresponen als exponents $a/b = 2/3$ o $3/4$. S'ha incorporat aquesta anàlisi per descartar la possible influència no al·lomètrica del pes en la mostra estudiada, tal com proposa l'anàlisi dimensional de Gunther (1975) i proposen altres autors (Bergh, Sjodin, Forsberg i Svedenhag, 1991; Sjodin i Svedenhag, 1992; Tanner, 1949; Welsman, Armstrong, Nevill, Winter i Kirby, 1996). No

obstant la discussió és oberta al respecte i no ofereix seguretat per decantar-se per aquesta opció, el que concorda amb d'altres recerques (Cureton i Sparling, 1980; Cureton i al., 1978; Keren, Epstein, Magazanik i Sohar, 1981). Per aquesta raó, la resta de càlculs al respecte ha estat realitzada amb el valor clàssic de $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, ja que és la forma més comú en la literatura.

Es van explorar les dades de FC per trobar el punt de deflexió de la FC (PdFC) segons la metodologia descrita per Mikulic i al. (2011) en un estudi amb remers, basada en la metodologia de Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti, i Codeca (1982) i que també ha estat utilitzada en tennistes per Baiget, Fernandez-Fernandez, Iglesias i Rodriguez (2015). En cada prova es va analitzar la mitjana de FC cada 15" per determinar el PdFC per dos avaluadors experimentats per separat. El PdFC s'identifica en el punt on la pendent de la relació lineal de la FC amb el temps, decau. En el moment de la inspecció visual no es disposava dels valors corresponents al LiV_1 ni al LiV_2 . Les dades examinades visualment es van corroborar amb una anàlisi de regressió. En aquest cas, el PdFC s'identifica amb l'últim punt que determina el conjunt on la seqüència de dades de FC respecte al temps, obté el major valor del coeficient de regressió de Pearson (r). Posteriorment, es va comparar el resultat de la FC en el PdFC amb la FC corresponent al $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$, al LiV_1 i al LiV_2 . Els càlculs de consum energètic es van realitzar segons la metodologia explicada al punt 4.3.6.

Per a l'anàlisi estadística es va utilitzar el paquet estadístic SigmaStat 3.5 per a Windows. Es van realitzar les comparacions de totes les variables,

tenint en compte els dos factors (variables independents) esmentats. Per a l'anàlisi de cadascuna de les variables independents amb el factor 'rol de joc' vam utilitzar una prova ANOVA d'una via. En els casos que la variable no es distribuïa de manera normal (prova de Kolmogorov–Smirnov) o no es complia la homocedasticitat entre grups (prova de Levene), s'executa la prova ANOVA de rangs de Kruskal–Wallis. El nivell de significació és va establir en $p \leq 0,05$ i es reporten els valors exactes de p. Es va escollir la prova post–hoc de Holm–Sidak per determinar quines diferències s'establien entre els grups, en el cas que el resultat de l'ANOVA fos significatiu. Per a l'anàlisi de les variables independents amb el factor 'nivell' es va utilitzar una prova t per a mesures independents, ja que només es comparaven dos grups. En aquells casos en que els valors de la variable no es distribuïen de forma normal (prova de Kolmogorov–Smirnov), es va utilitzar la prova de rangs de Mann–Whitney. El nivell de significació va ser establert igualment en $p \leq 0,05$. Es mostren els valors exactes de p i l'interval de confiança (95%) de la diferència entre els grups.

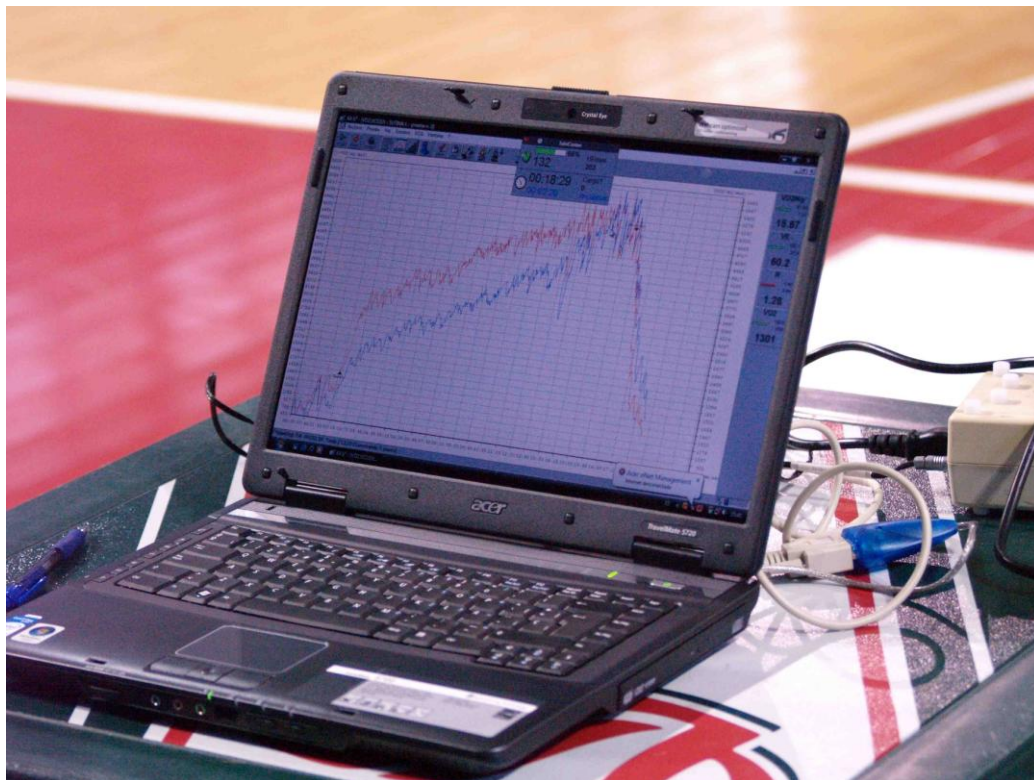


Figura 27. Detall de la mesura en temps real d'una prova de 20 m

5.4. Resultats

La durada mitjana de la prova de 20 m va ser de $10:48 \pm 1:18$ (IC 95%: 8:15– 13:21) min:s. Els subjectes van completar una mitjana de 103 ± 14 (IC 95%– 76; 130) rectes durant la prova.



Figura 28. Moment d'una prova de 20 m

Taula 12. Nombre de rectes recorregudes durant la prova de 20 m en funció del nivell.

	No internacionals (n=17)		Internacionals (n=13)		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
Rectes	97 (12)	67–117	112 (13)	90–131	0,003	3,209	-14,7 (-24,1– -5,3)

Es mostren els valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims Rang. de probabilitat (p), de l'estadístic (t) i de l'interval de confiança de la diferència mitjana al 95% (valor inferior–valor superior).

Taula 13. Nombre de rectes recorregudes durant la prova de 20 m en funció del rol.

	Guards (n=13)		Forwards (n=11)		Centers (n=6)		Valor de p	Valor de F
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang		
Rectes	106 (9)	86– 118	108 (15)	90– 131	89 (14)	67– 107	0,016	4,882 ^{a,c; b,c}

Es mostren els valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (p) i de l'estadístic (F).

a = guards, b = forwards, c = centers

Els jugadors internacionals van complertar un nombre de rectes significativament major durant la prova de 20 m en comparació amb els no internacionals ($p = 0,003$). Si tenim en compte el factor rol la prova post-hoc ens revela diferències entre el grup de *guards* i *centers*, i entre el grup de *forwards* i *centers*. No s'observen diferències entre els *guards* i els *forwards*.

5.4.1. Resposta cardiovascular

La FCmax per als jugadors de basquetbol júnior en la prova de 20 m és de 188 ± 7 (IC 95%: 174– 202) bpm. La FC en el llindar ventilatori 1 (FCLiV₁) és de 174 ± 7 (IC 95%: 160– 188) bpm, mentre que la FC LiV₂ va ser de 182 ± 7 (IC 95%: 168– 196) bpm.

Taula 14. Mitjanes de les freqüències cardíques màximes (FCmax), i de les freqüències en el llindar ventilatori 1 (FCLiV₁) i en el llindar ventilatori 2 (FCLiV₂) durant la prova de 20 m en funció del nivell.

	No internacionals (n=17)		Internacionals (n=13)		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
FCmax (bpm)	187 (8)	172– 199	189 (7)	179– 203	0,053	3,275	-1,5 -7,1– 4,2
FC LiV ₁ (bpm)	174 (8)	162– 185	175 (5)	168– 186	0,715	0,369	-0,9 -6,0– 4,2
FCLiV ₂ (bpm)	182 (7)	169– 195	183 (6)	173– 191	0,727	0,353	-0,8 -5,9– 4,2

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims Rang. Es mostren els valors de probabilitat (p), de l'estadístic (t) i de l'interval de confiança de la diferència mitjana al 95% (valor inferior–valor superior).

Taula 15. Mitjanes de les freqüències cardíaques màximes (FCmax), i de les freqüències en el llindar ventilatori 1 (FCLiV₁) i en el llindar ventilatori 2 (FCLiV₂) durant la prova de 20 m en funció del rol.

	<i>Guards</i> (n=13)		<i>Forwards</i> (n=11)		<i>Centers</i> (n=6)		Valor de p	Valor de F
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang		
FCmax (bpm)	187 (8)	172– 193	189 (7)	180– 203	188 (7)	177– 190	0,595	0,538
FCLiV ₁ (bpm)	173 (7)	163– 186	178 (6)	168– 185	171 (6)	162– 180	0,031	3,982 ^{b-c}
FCLiV ₂ (bpm)	180 (6)	169– 190	186 (6)	173– 195	180 (5)	172– 186	0,037	3,719 ^{a-b}

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (p) i de l'estadístic (F).

a= *guards*; b=*forwards*; c= *centers*

En la FCmax no es van observar diferències ni en funció del nivell, ni del rol. En el cas de la comparació per nivell, els internacionals semblen tendir a una FCmax lleugerament més elevada ($p = 0,053$). Les comparacions per nivell per a la FCLiV₁ i la FC LiV₂, no revelen diferències significatives. Si es comparen aquestes variables en funció del rol de joc trobem diferències en la FC LiV₂ entre els *forwards* i els *guards*, més elevada en els primers. En el cas de la FC LiV₁, la comparació revela diferències entre els *forwards* i els *centers*, amb majors valors en els primers..

5.4.2. Resposta ventilatòria

La $\bar{V}E_{20m}$ fou de 105 ± 15 (IC 95%: 76– 134) $L \cdot \text{min}^{-1}$, amb una $\dot{V}E_{\text{max}}$ 20m de 161 ± 28 (IC 95%: 106– 216) $L \cdot \text{min}^{-1}$ i una $\dot{V}E_{\text{min}}$ 20m de 62 ± 10 (IC 95%: 42– 82) $L \cdot \text{min}^{-1}$.

Taula 16. Ventilació mitjana ($\bar{V}E_{20m}$), màxima ($\dot{V}E_{max\ 20m}$) i mínima ($\dot{V}E_{min\ 20m}$) durant la prova de 20 m en funció del nivell.

	No internacionals (n=17)		Internacionals (n=13)		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
$\bar{V}E_{20m}$ (L·min ⁻¹)	99 (13)	76– 128	112 (15)	81– 141	0,021	2,452	-12,3 -22,6– -2,0
$\dot{V}E_{max\ 20m}$ (L·min ⁻¹)	149 (25)	110– 202	177 (24)	140– 225	0,004	3,159	-28,03 -46,2– -9,9
$\dot{V}E_{min\ 20m}$ (L·min ⁻¹)	58	48– 76	68	42– 73	0,558	96 (T=216,5)*	

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims Rang. Es mostren els valors de probabilitat (p), de l'estadístic (t) i de l'interval de confiança de la diferència mitjana al 95% (valor inferior–valor superior).

* prova de Mann–Whitney per a distribucions no–paramètriques

En quant a la ventilació, tenint en compte el factor nivell, s'observen diferències en els valors tant mitjans com màxims absoluts. Els jugadors internacionals assoleixen una $\dot{V}E_{max\ 20m}$ i $\bar{V}E_{20m}$ més elevada en una prova màxima com la dels 20 m.

Taula 17. Ventilació mitjana ($\bar{V}E_{20m}$), màxima ($\dot{V}E_{max\ 20m}$) i mínima ($\dot{V}E_{min\ 20m}$) durant la prova de 20 m en funció del rol.

	<i>Guards</i> (n = 13)		<i>Forwards</i> (n = 11)		<i>Centers</i> (n = 6)		Valor de <i>p</i>	Valor de <i>F</i>
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang		
$\bar{V}E_{20m}$ (L·min ⁻¹)	96 (11)	76– 118	108 (10)	91– 121	118 (18)	89– 141	0,003	7,383 ^{a,c}
$\dot{V}E_{max\ 20m}$ (L·min ⁻¹)	139	110– 180	161	114– 193	151	123– 224	0,038	6,558
$\dot{V}E_{min\ 20m}$ (L·min ⁻¹)	57 (9)	42– 68	65 (8)	52– 73	70 (7)	56– 76	0,005	6,466 ^{a,c-b,c}

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (*p*) i de l'estadístic (*F*).

a= *guards*; b=*forwards*; c= *centers*

En la comparació per rols de la variable $\dot{V}E_{max}$ 20m, malgrat el valor de significació estadística $p = 0,038$, la prova post-hoc no detecta diferències entre els grups, on els *forwards* son els que presenten un valor mitjà més elevat i els *guards* el menor. En la ventilació absoluta mitjana i mínima ($\bar{V}E_{20m}$ i $\dot{V}E_{min}$ 20m), trobem diferències entre els *centers* i els *guards*. En el cas de la ventilació mínima, les anàlisis demostren també diferències entre els *centers* i els *forwards*.



Figura 29. Moment de pivot en una prova de 20 m

5.4.3. Resposta metabòlica

En els jugadors de basquetbol júnior estudiats hem enregistrat un $\dot{V}O_{2max}$ de $51,4 \pm 7,4$ (IC 95%: 37,0– 66,0) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. El LiV_1 es troba a $44,4 \pm 6,1$ (IC 95%: 32,3– 56,3) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, corresponent a $86,2 \pm 3,0$ (IC 95%: 80,3– 92,1) % del màxim. El LiV_2 es situa a $48,0 \pm 7,0$ (IC 95%: 34,3– 61,7) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, un $93,1 \pm 2,2$ (IC 95%: 88,8– 97,4)% del màxim. La constant de temps τ per a la recuperació és de 79 ± 18 (IC 95%: 44– 114) s, mentre que el DAO de la recuperació és de 4255 ± 1233 (IC 95%: 1838– 6672) mL, i el $DAO \cdot pes^{-1}$ de $50,6 \pm 15,4$ (IC 95%: 20,4– 80,8) $mL \cdot kg^{-1}$.

Taula 18. Consum d'oxigen màxim ($\dot{V}O_2\text{max}$), llindar ventilatori 1 (LiV_1) i la seva posició respecte el màxim, llindar ventilatori 2 (LiV_2) i la seva posició respecte el màxim, la constant de temps (τ) la amplitud de la resposta de la cinètica de recuperació ($\Delta \dot{V}O_2$), dèficit acumulat d'oxigen (DAO) i dèficit acumulat d'oxigen relatiu al pes (DAO-pes) durant la prova de 20 m en funció del nivell.

	No internacionals (n=17)		Internacionals (n=13)		Valor de p	Valor de t	IC 95%
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
$\dot{V}O_2\text{max}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	49,0 (7,5)	34,1– 66,0	54,7 (6,1)	45,3– 64,1	0,033	2,239	-5,73 -10,98– -0,49
LiV_1 (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	42,0 (6,0)	29,8– 51,1	47,3 (5,0)	40,5– 55,1	0,016	2,573	-5,27 -9,46– -1,07
% $\dot{V}O_2\text{max}$	86,0 (3,1)	77,5– 91,7	86,5 (3,1)	78,9– 89,8	0,622	0,498	-0,57 -2,89– 1,76
LiV_2 (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	45,5 (7,2)	30,9– 60,9	51,2 (5,5)	41,6– 60,1	0,025	2,374	-5,72 -10,66– -0,78
% $\dot{V}O_2\text{max}$	92,7 (2,3)	89,0– 96,4	93,6 (2,1)	90,7– 96,7	0,300	1,057	-0,86 -2,54– 0,81
τ (s)	32,0 (9,9)	19,9– 58,9	35,5 (8,3)	19,4– 49,8	0,312	-1,029	-3,50 -10,50– 3,46
$\Delta \dot{V}O_2$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	79 (18)	44– 112	79 (19)	55– 119	0,896	0,132	0,9 -12,9– 14,7
DAO (mL)	4068 (1244)	1690– 6633	4499 (1198)	3190– 7113	0,347	0,956	-431 -1356– 493
DAO-pes (mL·kg ⁻¹)	48,8 (16,3)	23,8– 76,2	53,0 (14,3)	35,4– 76,2	0,462	0,736	-4,25 -15,93– 7,43

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (p), de l'estadístic (t) i de l'interval de confiança de la diferència mitjana al 95% (valor inferior–valor superior).

Les diferències en els valors $\dot{V}O_2\text{max}$, LiV_1 i LiV_2 s'estableixen en funció del nivell de joc. Els jugadors júnior de basquetbol internacionals tenen un consum pic més elevat en la prova de 20 m ($p = 0,033$), i en els límits 1 i 2 ($p = 0,16$ i $p = 0,25$) respecte al grup de jugadors no internacionals.



Figura 30. Un dels participants a l'estudi en plena prova de 20 m.

Taula 19. Consum d'oxigen màxim ($\dot{V}O_2\text{max}$), llindar ventilatori 1 (LiV_1) i la seva posició relativa respecte el màxim, llindar ventilatori 2 (LiV_2) i la seva posició respecte el màxim, la constant de temps (τ) la amplitud de la resposta de la cinètica de recuperació ($\Delta \dot{V}O_2$), dèficit acumulat d'oxigen (DAO) i dèficit acumulat d'oxigen relatiu al pes (DAO·pes) durant la prova de 20 m en funció del rol.

	<i>Guards</i> (n=13)		<i>Forwards</i> (n=11)		<i>Centers</i> (n=6)		Valor de <i>p</i>	Valor de <i>F</i>
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang		
$\dot{V}O_2\text{max}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	52,0 (5,2)	41,9– 60,0	53,1 (7,8)	43,7– 66,0	47,4 (10,3)	34,1– 64,1	0,306	1,236
LiV_1 (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	44,8 (5,1)	35,4– 53,0	45,4 (5,4)	38,2– 55,0	41,3 (8,9)	29,8– 55,1	0,402	0,942
% $\dot{V}O_2\text{max}$	86,0 (3,4)	78,9– 91,7	85,9 (3,4)	77,5– 89,4	87,3 (1,4)	85,9– 89,8	0,646	0,444
LiV_2 (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	48,4 (5,1)	37,9– 55,4	49,6 (6,9)	41,1– 60,9	44,1 (10,3)	30,9– 60,1	0,307	1,235
% $\dot{V}O_2\text{max}$	92,9 (2,5)	90,3– 96,7	93,5 (1,9)	91,0– 96,4	92,8 (2,6)	89,0– 95,9	0,765	0,270
τ (s)	81 (22)	44– 119	76 (16)	55– 112	80 (14)	61– 114	0,810	0,213
$\Delta \dot{V}O_2$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	33,2 (10,4)	19,4– 58,9	35,7 (8,3)	23,7– 49,8	30,1 (8,6)	19,8– 42,1	0,501	0,709
DAO (mL)	4019 (1248)	1690– 6693	4280 (1196)	2120– 6322	4717 (1292)	3567– 7113	0,527	0,656
DAO·pes (mL·kg ⁻¹)	53,2 (16,7)	25,2– 87,3	49,3 (15,5)	23,8– 76,2	47,4 (13,6)	34,8– 69,1	0,709	0,348

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims Rang. Es mostren els valors de probabilitat (*p*) i de l'estadístic (*F*).

Les anàlisis en funció del rol de joc no revelen diferències significatives entre cap dels valors absoluts de consum d'oxigen ($\dot{V}O_{2max}$, LiV_1 i LiV_2) ni de consum relatiu al màxim ($\% \dot{V}O_{2max}$), ni els mesurats en la recuperació ($\Delta \dot{V}O_2$, τ , DAO i DAO_{pes}).

5.4.4. Resposta bioenergètica

Els jugadors de basquet tenen una $EEmax$ en la prova de pista de 20 m de 1346 ± 228 (IC 95%: 899–1793) $kcal \cdot h^{-1}$ o 5632 ± 954 (IC 95%: 3761–7502) $kJ \cdot h^{-1}$, equivalent a una $EEmax$ bsa 625 ± 88 (IC 95%: 453–797) $kcal \cdot m^2 \cdot h^{-1}$, 2615 ± 368 (IC 95%: 1895–3335) $kJ \cdot m^2 \cdot h^{-1}$ i a una $EEmax$ pes de $16,0 \pm 2,4$ (IC 95%: 11,3–20,7) $kcal \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$, que són $66,9 \pm 10,0$ (IC 95%: 4,37–86,6) $kJ \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$. La $\bar{E}E$ és de 1095 ± 172 (IC 95%: 758–1432) $kcal \cdot h^{-1}$, que són 4581 ± 720 (IC 95%: 3171–5991) $kJ \cdot h^{-1}$, per a la $\bar{E}E$ bsa 508 ± 63 (IC 95%: 385–631) $kcal \cdot m^2 \cdot h^{-1}$ o 2125 ± 264 (IC 95%: 1611–2640) $kJ \cdot m^2 \cdot h^{-1}$, i per a la $\bar{E}E$ pes $13,0 \pm 1,7$ (IC 95%: 9,7–16,3) $kcal \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$, que representen $54,4 \pm 7,1$ (IC 95%: 40,6–68,2) $kJ \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$.

Taula 20. Despesa energètica màxima absoluta (EEmax), relativa a la superfície corporal (EEmax bsa) i al pes (EEmax pes); i despesa mitjana absoluta ($\bar{E}E$), relativa a la superfície corporal ($\bar{E}Ebsa$) i al pes ($\bar{E}Epes$) de la prova de 20 m en funció del nivell.

	No internacionals (n=17)		Internacionals (n=13)		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
EEmax (kcal·h ⁻¹)	1259 (198)	900– 1699	1460 (221)	1177– 1980	0,014	2,616	-130,7 -242,1– -19,4
(kJ·h ⁻¹)	5268 (828)	3766– 7109	6109 (925)	4925– 8284			
EEmax bsa (kcal·m ² ·h ⁻¹)	590 (85)	408– 724	671 (71)	592– 822	0,010	2,754	-50,0 -94,9– -5,2
(kJ·h ⁻¹ ·m ²)	2469 (356)	1707– 3029	2807 (297)	2477– 3439			
EEmax pes (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	15,1 (2,5)	10,1– 19,1	17,1 (1,6)	14,3– 19,7	0,019	2,497	-1,34 -2,67– 0,00
(kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	63,2 (10,5)	42,3– 79,9	71,5 (6,7)	59,8– 82,4			
$\bar{E}E$ (kcal·h ⁻¹)	1033 (137)	801– 1349	1177 (185)	924– 1651	0,021	2,446	-84,9 -173,2– 3,3
(kJ·h ⁻¹)	4322 (537)	3351– 1349	4925 (774)	3866– 6908			
$\bar{E}Ebsa$ (kcal·m ⁻² ·h ⁻¹)	484 (59)	378– 578	540 (55)	487– 686	0,014	2,633*	
(kJ·m ⁻² ·h ⁻¹)	2025 (247)	1582– 2418	2259 (230)	2038– 2870			
$\bar{E}Epes$ (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	12,4(1,8)	8,9– 15,3	13,8 (1,2)	11,7– 16,0	0,025	2,365	-0,93 -1,88– 0,03
(kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	51,9 (7,5)	37,2– 64,0	57,7 (5,0)	49,0– 66,9			

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (p), de l'estadístic (t) i de l'interval de confiança de la diferència mitjana al 95% (valor inferior–valor superior).

*Prova de Mann–Whitney per a distribucions no–paramètriques

Les proves t o Mann–Whitney revelen diferències en tots els paràmetres de despesa energètica en funció del nivell. Tant els absoluts màxim i mitjà (EE_{max} i \bar{EE}), com en els relatius a la superfície corporal màxim i mitjà (EE_{bsa} i \bar{EE}_{bsa}) i els màxims i mitjans relatius al pes (EE_{pes} i \bar{EE}_{pes}) mostren valors més elevats en el grup d'internacionals.

Taula 21. Despesa energètica màxima absoluta (EEmax), relativa a la superfície corporal (EEmax bsa) i al pes (EEmax pes); i despesa mitjana absoluta ($\bar{E}\bar{E}$), relativa a la superfície corporal ($\bar{E}\bar{E}$ bsa) i al pes ($\bar{E}\bar{E}$ pes) de la prova de 20 m en funció del rol.

	<i>Guards</i> (n=11)		<i>Forwards</i> (n=13)		<i>Centers</i> (n=6)		Valor de p	Valor de F
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang		
EEmax (kcal·h ⁻¹) (kJ·h ⁻¹)	1237 (155) 5176 (649)	1004– 1599 4201– 6690	1410 (204) 5899 (854)	900– 1673 3766– 7000	1468 (323) 6142 (1351)	1152– 1980 4820– 8284	0,057	3,201
EEmax bsa (kcal·m ² ·h ⁻¹) (kJ·h ⁻¹ ·m ²)	616 (59) 2577 (247)	499– 728 2088– 3046	643 (100) 2690 (418)	408– 759 1707– 3176	612 (126) 2561 (527)	496– 822 2075– 3439	0,707	0,351
EEmax pes (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) (kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	16,3 (1,4) 68,2 (5,9)	13,2– 17,8 55,2– 74,5	16,2 (2,9) 67,8 (12,1)	10,1– 19,7 42,3– 82,4	14,6 (2,9) 61,1 (12,1)	10,8– 19,2 45,2– 80,3	0,320	1,190
$\bar{E}\bar{E}$ (kcal·h ⁻¹) (kJ·h ⁻¹)	1006 (115) 4209 (481)	801– 1257 3351– 5259	1136 (123) 4753 (515)	834– 1312 3489– 5489	1214 (262) 5079 (1096)	975– 1651 4079– 6908	0,024	4,275 ^{a,c}
$\bar{E}\bar{E}$ bsa (kcal·m ⁻² ·h ⁻¹) (kJ·m ⁻² ·h ⁻¹)	501 (45) 2096 (188)	398– 572 1665– 2393	518 (60) 2167 (251)	378– 595 1582– 2489	506 (103) 2117 (431)	409– 686 1711– 2870	0,820	0,199
$\bar{E}\bar{E}$ pes (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) (kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	13,3 (1,1) 55,6 (4,6)	11,0– 14,6 46,0– 61,1	13,0 (1,8) 54,4 (7,5)	9,4– 15,4 39,3– 64,4	12,1 (2,5) 50,6 (10,5)	8,9– 16,0 37,2– 66,9	0,375	1,016

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors de probabilitat (p) i de l'estadístic (F).

a= guards; b= forwards; c= centers

Tenint en compte el factor rol, el $\bar{E}\bar{E}$ apareix com l'únic factor diferencial. Els *centers* mostren un consum més elevat que els *guards* ($p=0,024$). En cap de les altres variables s'observen diferències estadísticament significatives.

Es van realitzar els càlculs per obtenir el cost energètic de l'activitat proporcional al pes i al temps resultant un cost de $0,2167 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per a la totalitat dels jugadors. El cost per al grup no internacionals és de $0,2067 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, mentre que per al grup d'internacionals és de $0,2300 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, entre ambdós es van establir diferències significatives ($p = 0,025$). Segons les posicions obtenim $0,2217 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per als *guards*, $0,2167 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per als *forwards* i $0,2017 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per als *centers* sense diferències estadísticament significatives entre els tres grups.

5.4.5. Validesa de la prova de 20 m per predir el $\dot{V}O_2$ i $\dot{V}O_{2max}$

Es van realitzar les anàlisis de regressions lineals entre el nombre d'interval·s de 20 m (rectes) complertades a la prova de 20 m i el $\dot{V}O_2$ a cada minut. La recta de regressió resultant permet predir el $\dot{V}O_2$ mitjançant el resultat de la prova en rectes. Posteriorment hem separat els resultats totals per grups de nivell i rol.

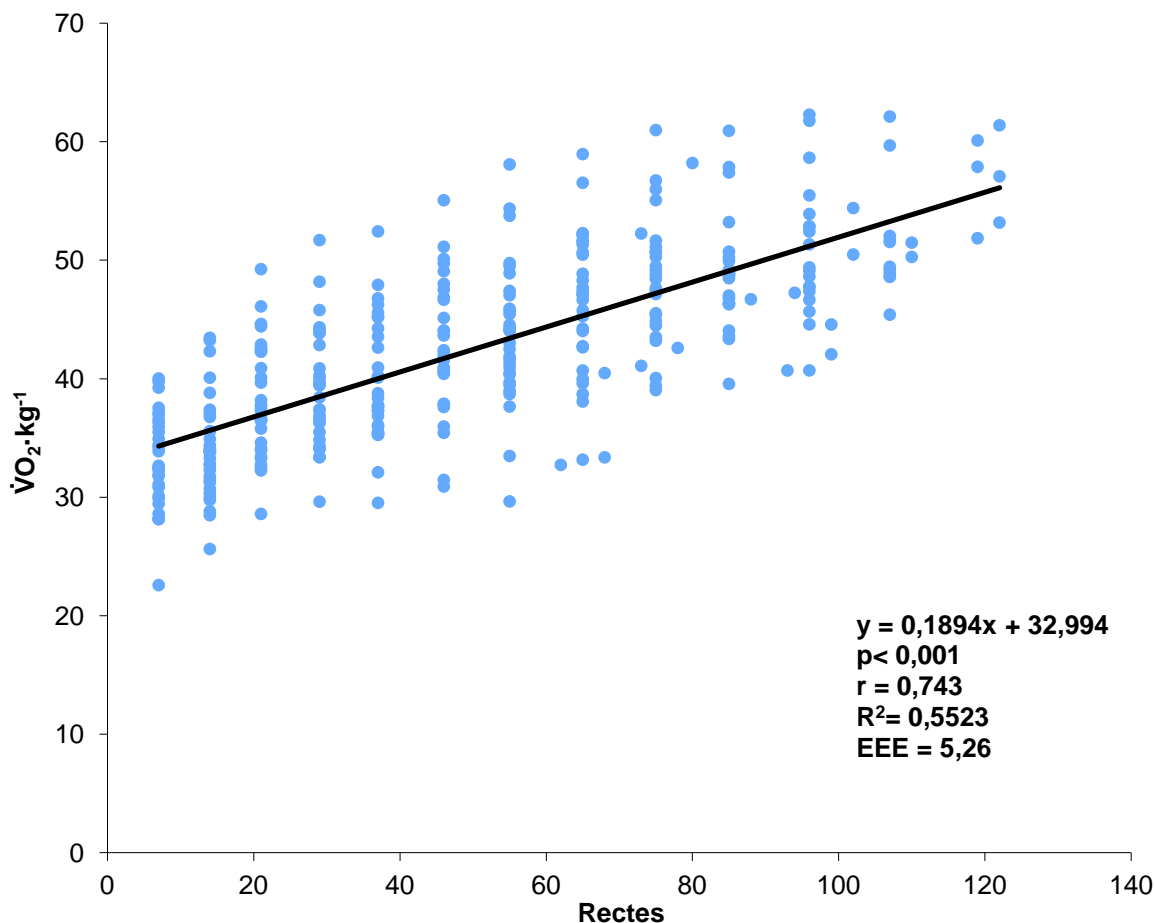


Figura 31. Regressió entre les rectes executades en la prova de 20 m i el $\dot{V}O_2$ -kg⁻¹

L'equació resultant és $\dot{V}O_2 = 0,1894 \cdot \text{rectes} + 32,994 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ té una capacitat predictiva moderada ($R^2 = 0,552$) i un error estàndard elevat (EEE = $5,26 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

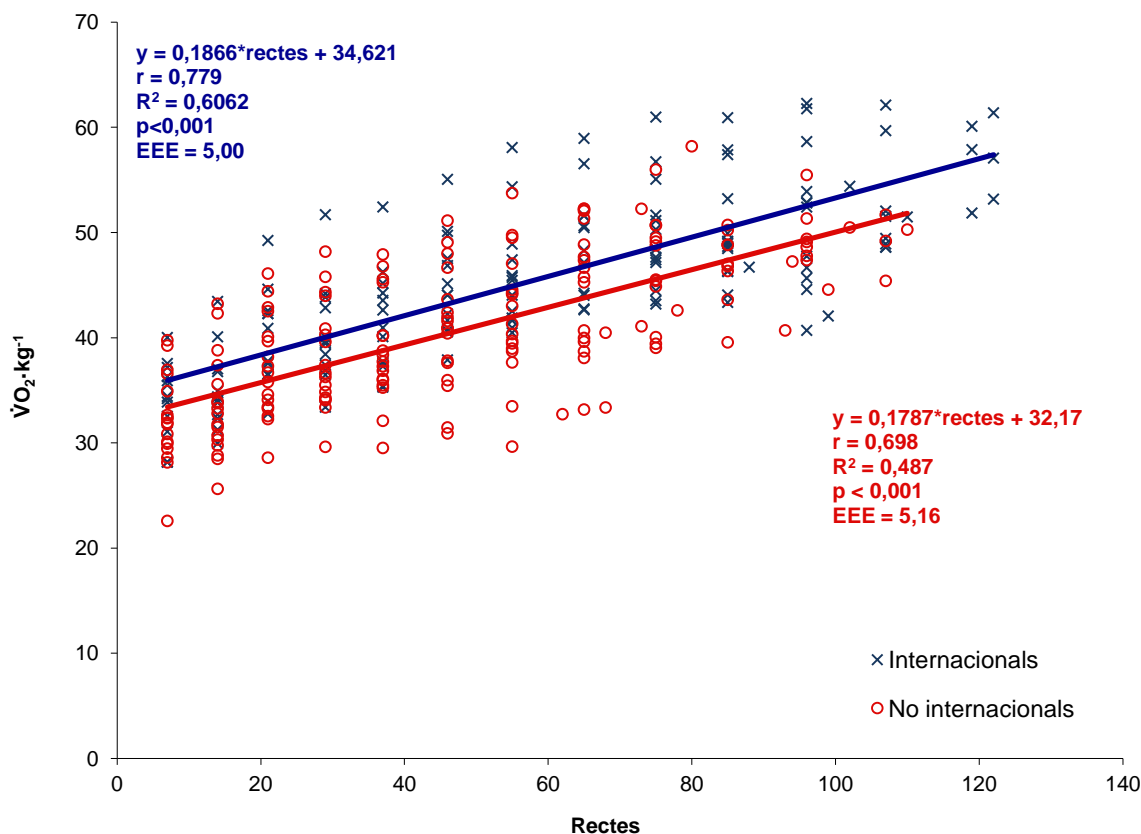


Figura 32. $\dot{V}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ en jugadors no internacionals i internacionals durant la prova de 20 metres

L'anàlisi dels grups per nivell aporta dues equacions similars per a la predicció del $\dot{V}O_2$ a partir de les rectes completades en una prova de 20 m. Ambdues correlacions són fortes, encara que és major la dels internacionals ($R^2 = 0,607$ vers a $R^2 = 0,487$). Ambdós errors també són elevats, $5,2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ per als no internacionals i $5,0 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ per als internacionals. Les dues equacions predictives són molt similars a

la de la totalitat dels subjectes, $\dot{V}O_2 = 0,1787 \cdot \text{rectes} + 32,17 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ per als no internacionals i $\dot{V}O_2 = 0,1866 \cdot \text{rectes} + 34,621 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ per als internacionals. S'observa un major consum relatiu per als internacionals al mateix nombre de rectes.

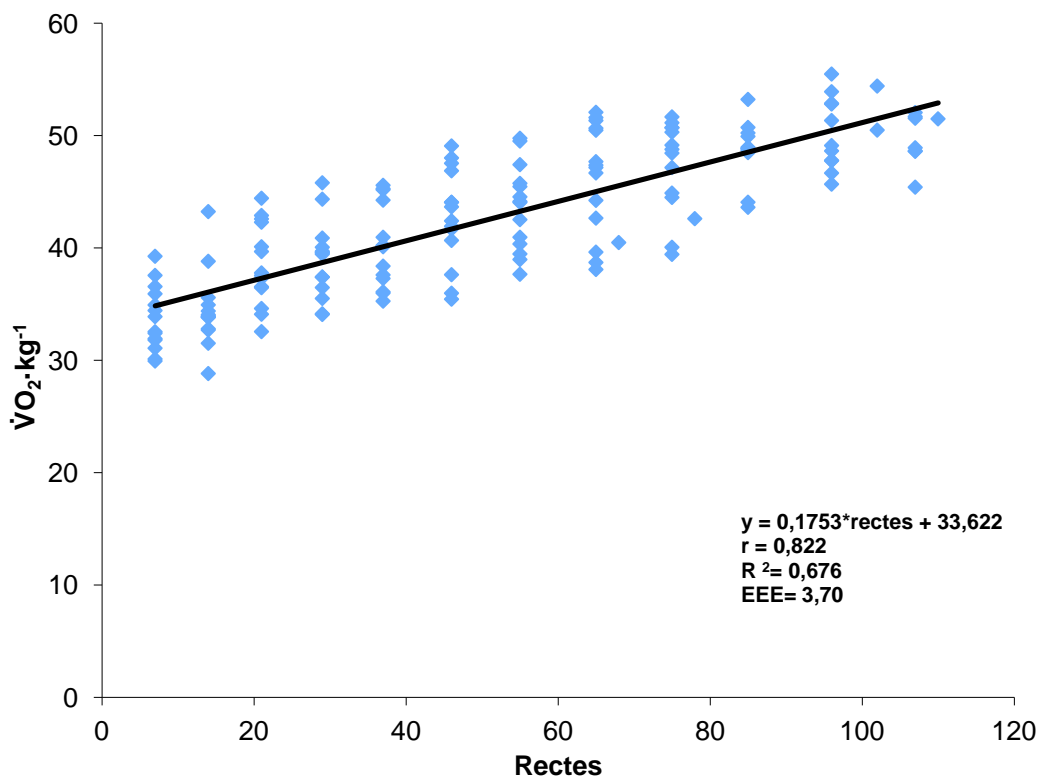


Figura 33. Regressió entre les rectes executades i el $\dot{V}O_2$ en els *guards*

El grup de *guards* mostra una bona correlació entre les rectes realitzades durant la prova i el $\dot{V}O_2$. Obtenim una equació $\dot{V}O_2 = 0,1753 \cdot \text{rectes} + 33,622 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, que té una capacitat predictiva forta ($R^2 = 0,676$) i un error estàndard moderat de $3,70 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.



Figura 34. Moment de la recuperació després d'una prova de 20 m

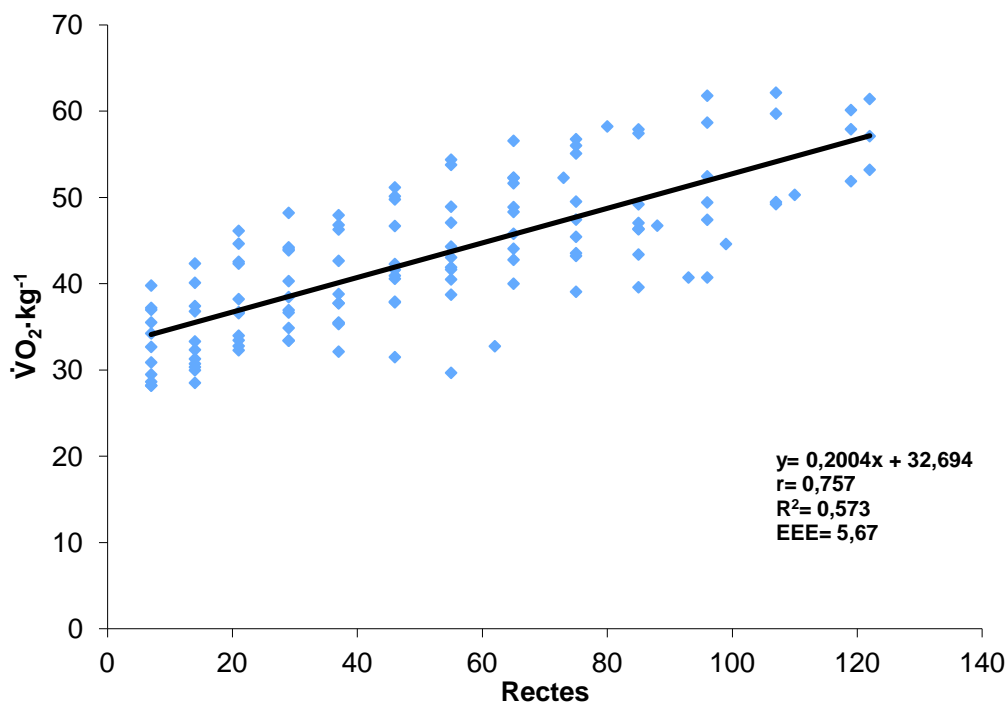


Figura 35. Correlació entre les rectes executades i el consum d'oxigen en els *forwards*

Per a la posició de *forwards* s'obté la següent equació $\dot{V}O_2 = 0,2004 \cdot FC + 32,694 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, amb una capacitat predictiva moderada ($R^2 = 0,573$) i un error estàndard elevat ($5,67 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

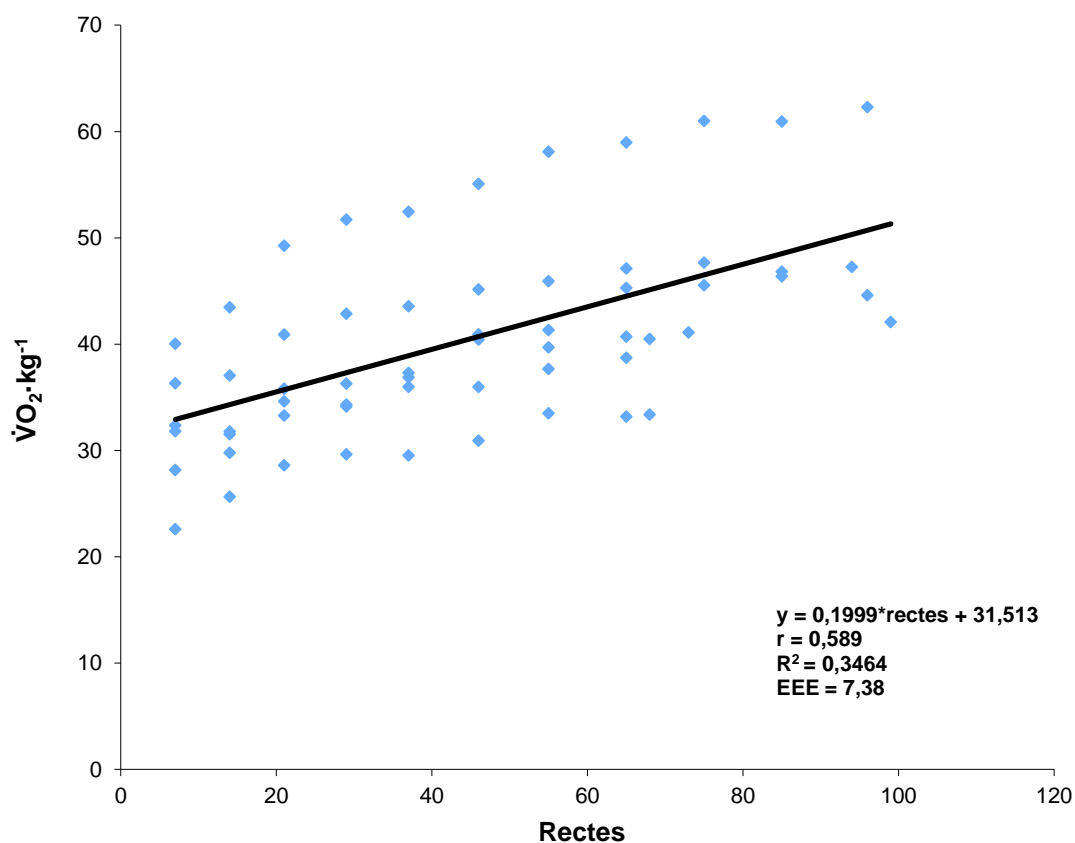


Figura 36. Correlació entre el nombre de rectes complertades i el $\dot{V}O_2$ en els *centers*

L'anàlisi dels *centers* permet observar una capacitat predictiva feble ($R^2 = 0,348$). La fórmula predictiva obtinguda és de $\dot{V}O_2 = 0,1999\text{rectes} + 31,513 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. L'error estàndard en aquest cas és molt elevat ($7,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

La Figura 37 presenta els resultats de l'anàlisi de regressió utilitzant diferents exponents de ponderació al·lomètrica de la massa corporal (exponents -1 , $-2/3$ i $-3/4$) per al conjunt dels jugadors.

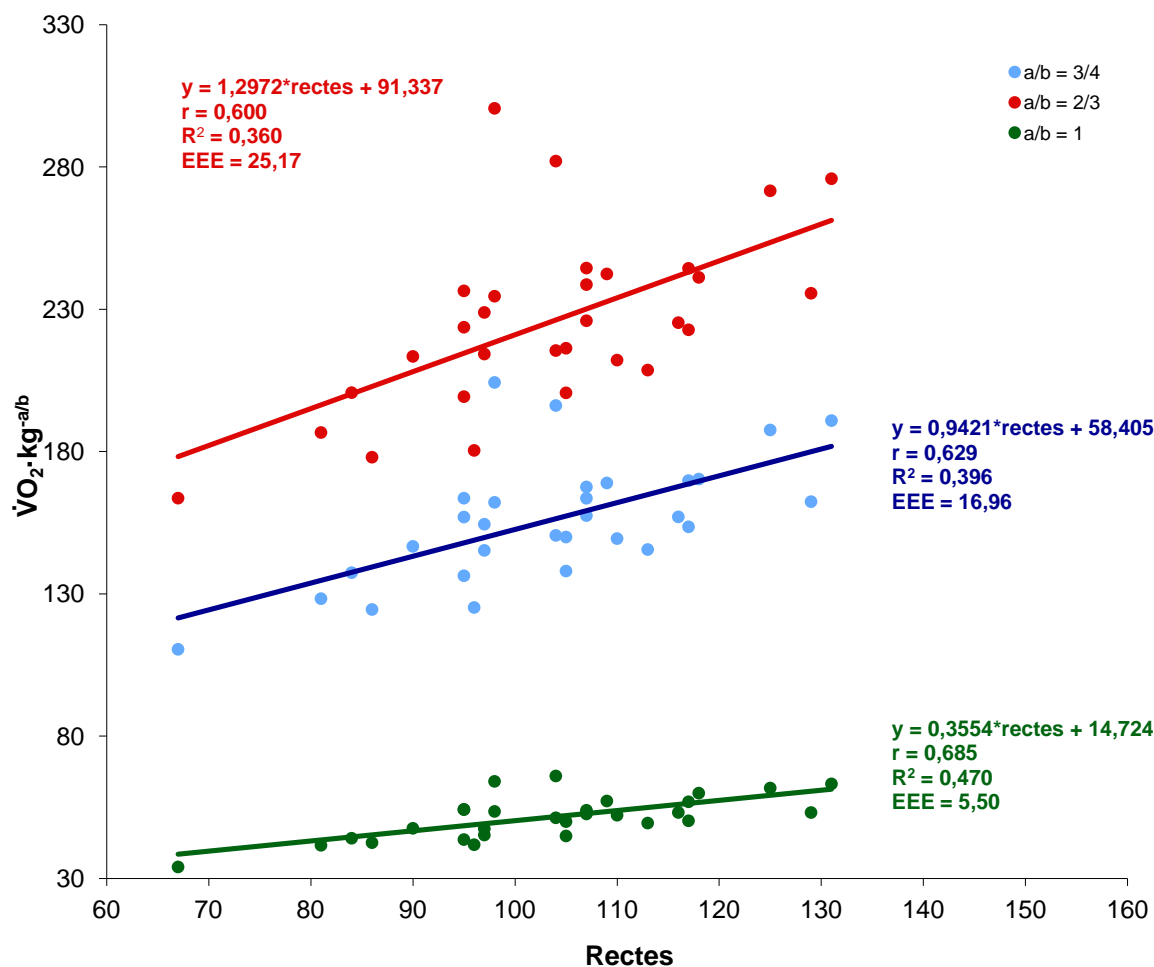


Figura 37. Anàlisi de regressió entre el nombre de rectes complertades al final de la prova i el $\dot{V}O_2$ expressat en relació al pes corporal elevat als exponents 1, 2/3, 3/4

La correlació entre $\dot{V}O_2$ i el resultat de la prova és major en el cas de la relació lineal clàssica ($R^2 = 0,47$) que en la ponderació amb els exponents $2/3$ ($R^2 = 0,36$) i $3/4$ ($R^2 = 0,40$).

5.4.6. Validesa de la metodologia de Conconi per obtenir un llinar metabòlic a través de la FC

A través de l'anàlisi de la FC, la metodologia proposada per Conconi i al. (Conconi i al. , 1982; Conconi i al., 1996), permet determinar un punt de canvi metabòlic a través de l'observació de la dinàmica de la FC i la determinació del seu punt de deflexió (PdFC). S'ha volgut determinar la relació entre el PdFC i els llindars ventilatoris (LiV₁ i LiV₂) i amb el $\dot{V}O_{2max}$.

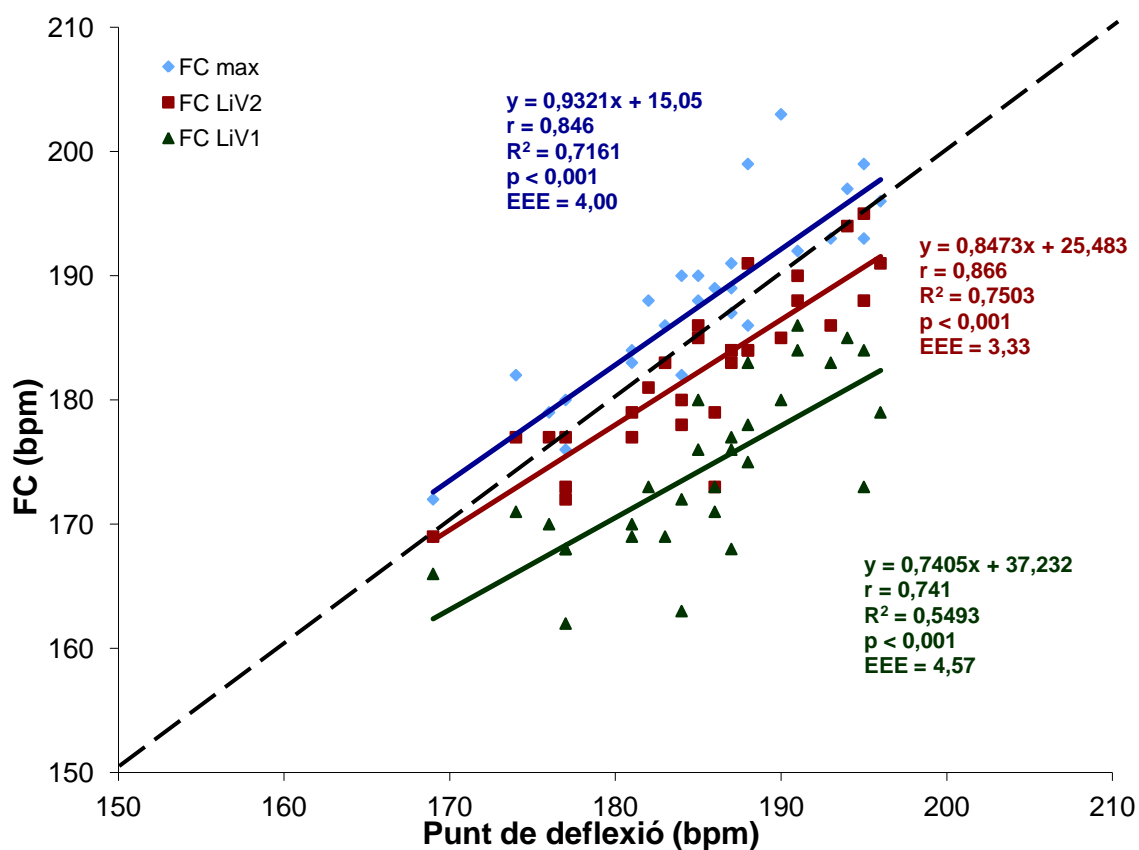


Figura 38. Correlacions entre el PdFC i la FC en la FCmax i en els LiV2 i LiV1. En discontinu es mostra la línia d'identitat teòrica entre les dues mesures

El punt de deflexió de la FC mostra diferències respecte als tres valors analitzats, la FC al $\dot{V}O_{2max}$, la FCLiV1 i la FCLiV2 i es situa entre la

FCLiV2 i la FC al $\dot{V}O_2\text{max}$ La correlació de la FCLiV2 amb el punt de deflexió és la més elevada ($R^2 = 0,75$), i similar a la del punt de deflexió amb la FC al $\dot{V}O_2\text{max}$ ($R^2 = 0,72$).

5.5. Discussió

Rendiment a la prova

Els jugadors júnior de basquetbol del present estudi, mostren un rendiment elevat en la prova de 20 m de 103 ± 14 rectes ($11,2 \pm 1,3$ paliers). Les anàlisis per nivell revelen diferències ($p = 0,003$) a favor dels jugadors internacionals, que obtenen 112 ± 13 rectes ($11,9 \pm 1,0$ paliers) en comparació amb les 97 ± 12 rectes ($10,6 \pm 1,2$ paliers) dels jugadors no internacionals. En una mostra molt similar, Drinkwater, Drinkwater, Hopkins, McKenna, Hunt i Pyne i Drinkwater i al. (Drinkwater, 2006; Drinkwater, Hopkins, McKenna, Hunt i Pyne, 2007; Drinkwater i al. , 2008), presenten uns resultats similars en jugadors de nivell regional i nacional ($11,2 \pm 1,6$ i $11,6 \pm 1,4$ paliers, respectivament) .

A pesar que els valors de capacitat aeròbica en el basquetbol no són excessivament elevats, no constituïnt, a priori, la capacitat fonamental de rendiment, la prova de 20 m, diferencia en el present estudi, a jugadors de major i menor rendiment específic.

Les anàlisis per rol revelen diferències entre els *guards* i els *centers* i entre els *forwards* i els *centers*. No es troben diferències entre *guards* i *forwards*. Els resultats indiquen que els *centers* tenen menor capacitat de resistència en aquesta prova. Hoare (2000) analitzant un grup nombrós de jugadors júnior australians, troba resultats molt similars als aquí exposats en el nombre de paliers (en els jugadors de la mostra present, *guards* = $11,5 \pm$

0,8; *forwards* = $11,5 \pm 1,4$; *centers* = $10,0 \pm 1,5$). En el seu cas, tampoc les diferències són suficients per ser estadísticament significatives ($p > 0,05$).

Resposta cardiovascular

L'enregistrament de la FC en la prova de 20 m compleix una doble funció. Per un costat, verificar la maximalitat de l'esforç realitzat. Per altra banda, descriure el perfil cardiovascular del jugador de basquetbol durant l'esforç màxim. Per obtenir la FCmax teòrica en funció de les característiques del subjecte –en el cas de l'edat–, s'ha utilitzat l'equació d'Inbar i al. (1994), que és la recomanada segons la revisió de Robergs i Landwehr per ser la de valor predictiu més elevat (Robergs i Landwehr, 2002). En la mostra actual, la FCmax teòrica és de 194 bpm. Els màxims obtinguts a la prova de 20 m per la FCmax, FCLiV₂ i FCLiV₁, suposen el 96,7%, 90,6% i 81,1% de la FCmax teòrica. D'altra banda, la situació del LiV₁ i LiV₂ respecte al $\dot{V}O_2$ max son relativament elevats, propis d'un bon perfil aeròbic. De Izaguirre, Suñé, Huelin, Dulanto, i Gutiérrez (2004) troben que el FCLiV₂ es situa al 90% de la FCmax teòrica en una mostra àmplia d'esportistes de nivell regional i nacional, el que concorda amb els resultats presentats en aquest treball.

En les anàlisis per nivell no s'han trobat diferències entre ambdós grups. Si existeixen diferències en els grups de rol. La FCLiV₁ és major en el grup de *forwards* que en el de *centers*, mentre no trobem diferències respecte als *guards*. La FC LiV₂ és significativament major en el grup de *forwards* que en el de *guards*. Els *forwards* mostren una major zona aeròbica, així com una major zona de transició. Els resultats estan en concordança amb les

anàlisi del $\dot{V}O_2$ max i dels límits ventilatoris, que situen per sobre el grup de *forwards* respecte els altres grups, indicant que aquest rol és el millor adaptat a la resistència a les arrencades, frenades i canvis de direcció que comporta la prova de 20m, i en relació al joc on recentment, s'han descrit majors esforços d'alta intensitat en el grup de *forwards* respecte als altres rols (Moreno i Peña, 2013).

Resposta ventilatòria

La resposta ventilatòria màxima en la prova de 20 m ha estat força elevada ($161 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$). Aquest fet és degut a la sol·licitació màxima del sistema cardiorespiratori per al transport d'oxigen a la musculatura activa i altres òrgans, així com per l'estimulació del centre respiratori per l'acumulació d'ions H^+ i el tamponament per part del bicarbonat (Astrand i al. , 2003; Wilmore i Costill, 2008).

Per nivells, els jugadors internacionals mostren una ventilació pulmonar major. Per rols, són els *centers* els que destaquen per sobre dels altres grups. El motiu principal és, probablement, la major dimensió corporal d'aquests grups respecte dels altres.

No podem contrastar les dades presents amb d'altres estudis en basquetbol, ja que o bé no són mesurades o no es reporten.

Resposta metabòlica

Els jugadors del present estudi tenen un $\dot{V}O_2\text{max}$ de $51,4 \pm 7,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. El consum màxim és major que en la prova de joc que hem comentat anteriorment (punt 4.4), i es situaria en un nivell mig de rendiment aeròbic (Landers, 1986).

Ostojic i al. (2006) realitzen una prova de 20 m en jugadors de basquetbol sèniors d'alt nivell, trobant consums molt similars als actuals. Més recentment, Zadro, Sepulcri, Lazzer, Fregolent, i Zamparo (2011) obtenen en una prova similar però intermitent un $\dot{V}O_2\text{max}$ de $54,7 \pm 4,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en una mostra de jugadors joves. Altres estudis intenten descriure els valors de $\dot{V}O_2\text{max}$ en diferents mostres i situacions, Trobant valors majors en una prova maximal en pista (Castagna, Chaouachi, Rampinini, Chamari i Impellizzeri, 2009; Vaquera i al. , 2003), cinta rodant (Apostolidis i al. , 2004; Blanco i de Brito Vidal, 2003; Castagna, Impellizzeri i al. , 2008; Caterisano i al. , 1997; Hunter i al. , 1993; Jasikeviciene, Vasiliauskas i Linoniene, 2003; Landers, 1986; McInnes i al. , 1995; Riezebos i al. , 1983; Sallet i al. , 2005; Samanes Prat, 1985; Sanchís Mínguez, Valverde Roig i Mora Bello, 1996; Tavino i al. , 1995; Vaccaro i al. , 1980; Vaquera, 2003; Withers i al. , 1977) o cicloergòmetre (Cormery i al. , 2008; Estruch, 1978; Galiano, 1987). Alguns treballs reporten valors similars als que hem trobat en el nostre havent fet una prova maximal en pista (Koklu i al. , 2011; McKenzie, 1985; Ostojic i al. , 2006), cinta rodant (Fernández-Rio i al. , 2000; Narazaki i al. , 2008) o cicloergòmetre (Gocentas i Andziulis, 2004; Gocentas i al. , 2011; Gocentas i al. , 2005; Hakkinen, 1993). I només un troba valors menors en un estudi en cicloergòmetre (Laplaud i al. , 2004).

L'ampli rang de valors en els resultats pot deure's a la diversitat en les característiques de la mostra, els mètodes (proves) i les diferents èpoques en que es produeixen –sobretot arran dels canvis reglamentaris de l'any 2000 (Cormery i al. , 2008; Drinkwater i al. , 2008). Encara que les referències a les que al·ludim són de mostres d'alt nivell adolescents o sènior (per ser comparables amb la nostra), factors com la diversitat de nacions, nivell dels propis jugadors i de les competicions pot ésser un factor que determini aquestes diferències.

Els jugadors internacionals tenen un major $\dot{V}O_2\text{max}$ que els no internacionals. No s'han trobat altres estudis que comparin nivells de jugadors de basquetbol en la mateixa prova. Si es compara amb d'altres proves maximals els resultats són diversos. Caterisano i al. (1997) estudien en un grup homogeni el $\dot{V}O_2\text{max}$ dels titulars i dels suplents, i si bé no troben diferències a l'inici de la temporada, sí les troben al final. Els titulars mantenen el seu nivell aeròbic mentre que en els reserves es redueix. En jugadors sèniors s'ha demostrat un major nivell de $\dot{V}O_2\text{max}$ en jugadors de màxim nivell nacional comparat amb d'altres de divisions inferiors (Metaxas, Koutlianos, Sendelides i Mandroukas, 2009). Rodríguez Alonso i al. (1998) i Sallet i al. (2005), troben resultats similars en mostres diferents. En el primer cas comparen jugadores sèniors amb júnior d'alt nivell, assolint major $\dot{V}O_2\text{max}$ les jugadores més joves –i de menor nivell i categoria–. En el segon estudi, es comparen dos grups de jugadors sèniors, un de la primera divisió i un de la segona divisió, trobant també un major $\dot{V}O_2\text{max}$ en el segon grup. La mateixa diferència apareix en un estudi en que es compara el $\dot{V}O_2\text{max}$ en jugadors italians júnior i sèniors de nivell regional, encara

que la prova que utilitzen es un test Yo-Yo –20 metres en pista, incremental, però intermitent–, i on troben valors més elevats en els jugadors júnior respecte als sèniors de nivell regional (Castagna i al. , 2009; Laplaud i al. , 2004). Aquestes conclusions contrasten amb els resultats presentats, ja que en el cas present són els jugadors de més nivell els que obtenen un major rendiment. El motiu principal d'aquesta diferència és la homogeneïtat de la mostra. Mentre que en la categoria junior el rang d'edat és molt petit (de 15 a 18 anys), en la categoria sénior és molt més ampli (de 18 a >30 anys), incloent jugadors veterans, que en molts casos tenen ja un rendiment decreixent. D'altra banda, els rols en el basquetbol femení, comprenen capacitats diferents que poden dur a perfils diferents per sexes, encara que es tracti del mateix esport (Rodriguez-Alonso i al. , 2003).

Els valors de $\dot{V}O_2\text{max}$ per posicions no mostren diferències estadísticament significatives. Encara que les mitjanes semblen allunyades $52,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per *guards*, $53,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per *forwards*, $47,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ per *centers*– el rang de valors és ampli en tots els grups, i s'han de prendre els resultats negatius amb cautela. Arran dels canvis reglamentaris de l'any 2000, augmenta el nombre d'accions i disminueix la durada dels esforços i les pauses, amb el que el joc es fa més ràpid i les capacitats dels diferents rols s'homogeneïtzen (Ben Abdelkrim i al. , 2007; Matthew i Delextrat, 2009).

En l'anàlisi de la capacitat de resistència per posicions, la majoria dels autors coincideixen a assenyalar el *guard* com a rol amb major capacitat aeròbica, per sobre dels *forwards* i els *centers* (Cormery i al. , 2008;

Landers, 1986; Ostojic i al. , 2006; Vaccaro i al. , 1980; Vaquera i al. , 2003), els jugadors de perímetre per sobre dels interiors –*guards* i *forwards* vs. *centers*– (Gocentas i al. , 2011), o els *guards* per sobre els *centers* (Koklu i al. , 2011). De les referències analitzades, només Ostojic i al. (2006) i Koklu i al. (2011) utilitzen la prova de 20 m com a prova maximal. Descriuen consums per posicions molt similars als presents, encara que en el seu cas el grup de *centers* sí es mostra per sota respecte als altres dos grups en el primer estudi, i menor respecte als *guards* en el segon. Sallet i al. (2005) troben majors consums en *guards* en una prova incremental en cinta rodant, encara que les diferències no són significatives, mentre que sí ho és la velocitat aeròbica màxima assolida durant la prova (rendiment de la prova). En dones trobem estudis on també el rol de *guard* predomina (Rodríguez Alonso i al. , 1998) o, més recenment, dos estudis fets en jugadores d'alt nivell per Strumbelj i al. (2014; 2015) no reporten diferències entre les posicions de joc, argumentant que els canvis tàctics del joc dels últims anys ha provocat una major mobilitat dels jugadors interiors i en conseqüència una homegeneïtzació dels indicadors fisiològics. Altres autors utilitzen indicadors diferents amb els mateixos resultats. Calleja, Lekue, Leibar, i Terrados (2008) en homes i Rodríguez–Alonso i al. (2003) en dones, troben majors concentracions de lactat en els bases comparat amb les altres posicions. Latin i al. (1994) utilitzant una prova d'una milla (que assoleix o és propera a assolir valors de $\dot{V}O_2\text{max}$), troben també diferències, destacant–se el grup dels *guards* com el de major rendiment. Castagna, Abt i al. (2008), en canvi, no troben diferències entre posicions en una prova incremental intermitent, el test Yo–Yo (Krustrup i al. , 2003). Aquest manté una relació molt forta amb els valors de $\dot{V}O_2\text{max}$ ($r = 0,77$), encara que es

desenvolupa de manera intermitent i incremental amb esforços de 2x20 m amb 10" de descans, fins a l'esgotament.

Una anàlisi interessant per descriure el perfil del jugador és la dels llindars ventilatoris. El LiV_1 en jugadors júnior d'alt nivell es situa al $86,2 \pm 3,0\%$ mentre que el LiV_2 s'observa al $93,1 \pm 2,2\%$ del màxim. Aquests percentatges situen els llindars prou alts respecte al màxim, i expressen un perfil fonamentalment aeròbic (Bunc, Heller, Leso, Sprynarova i Zdanowicz, 1987). Si es pensa en la dinàmica intermitent del basquetbol amb intensitats mitjanes i altes alternant amb recuperacions curtes, un perfil d'aquest tipus permet jugar en aquestes altes intensitats amb un metabolisme aeròbic i una acumulació de fatiga més baixa.

El DAO per als jugadors en la prova de 20 m és de $50,6 \pm 15,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$. El que suposa un nivell mitjà d'aportació anaeròbica a la prova tot i que amb una variabilitat molt considerable (rang: 20,4 a $80,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$). Rodríguez Alonso i al. i Fernández-Río i al. (2000; 1998) estudien el DAO en jugadores de basquetbol obtenint valors molt inferiors $25,2 \pm 9,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$. Bangsbo, Michalsik i Petersen (1993) descriuen valors similars als del present estudi en jugadors de futbol ($49,5 \pm 3,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$). Probablement la variabilitat dels resultats en aquesta mostra de jugadors es degui a la varietat de perfils de rendiment i morfologia que es pot trobar en la població de jugadors de basquetbol d'elit en categoria júnior.

No hi ha diferències significatives entre els grups de diferent nivell tot i que els internacionals mostren un DAO no significativament major.

En les anàlisis per rol, tot i no trobar diferències significatives, la mitjana més elevada és la dels *guards*. Això concorda amb l'estudi de Fernández-Río i al. (2000) on troba sí que troba diferències significatives entre els *guards* i els altres dos rols.

Validesa de la prova de 20 m per mesurar el $\dot{V}O_2$ i $\dot{V}O_{2max}$

En jugadors de basquetbol júnior d'alt nivell, la prova de 20 m, sembla tenir una forta capacitat predictiva moderada pel $\dot{V}O_2$ ($R^2 = 0,552$), amb un error estàndard de $5,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Aquesta capacitat podria ser augmentada en altres proves que també busquin obtenir un consum màxim d'oxigen, i on s'eliminin factors com les contínues arrencades i frenades que comporta la prova de 20 m. L'error observat, tot i que considerable, és assumible en termes de valoració i més si tenim en compte l'alta reproductibilitat de la prova demostrada en altres estudis (Aziz, Mukherjee, Chia i Teh, 2007; Flouris, Metsios i Koutedakis, 2005; Leger i al. , 1988; Liu, Plowman i Looney, 1992; McVeigh, Payne i Scott, 1995; Ramsbottom, Nevill, Nevill i Hazeldine, 1997; Sproule, Kunalan, McNeill i Wright, 1993). Les diferències interindividuals de biotipus –rangs amplis d'alçada i pes– poden augmentar aquest error estàndard, però la distribució homogènia en el rang de treball (rectes) consolida aquesta bona correlació..

Existeixen diverses equacions predictives ben conegudes per a la prova de 20 m (Flouris i al. , 2005; Leger i al. , 1988; Liu i al. , 1992), no obstant la proposta d'una equació pròpia en relació al perfil esportiu dels jugadors

júnior de basquetbol –diferent de la població normal–, en dona una bona eina per a la valoració de jugadors amb una prova coneguda, validada, simple i econòmica (Anderson, 1992; Barnett, Chan i Bruce, 1993). Chia, Aziz, Tan i Teh (2005) proposen les seves pròpies equacions per a jugadors de futbol, en estimar que les descrites per Leger i al. (1989) no són vàlides en poblacions molt específiques. Altres autors recomanen equacions ad-hoc, per a poblacions específiques, ja siguin per qüestió de raça o modalitat esportiva (Bandyopadhyay, 2011; Ruiz i al., 2009). Com a novetats aportem la incorporació de la variable ‘rectes’ en lloc dels ‘paliers’, i en segon lloc, la incorporació de la mesura de $\dot{V}O_2$ en cada un dels paliers, i no només en el resultat final, fet que dona més força a la correlació ($R^2 = 0,552$ i $0,470$ respectivament). Tot i que és una prova coneguda, la manca d’especificitat respecte al basquetbol –que a més de les arrencades i aturades, compren esforços isomètrics, salts i descansos i no és incremental–, junt amb la variabilitat de perfils individuals que es donen al nostre esport –grans diferències antropomètriques entre *guards* i *centers* o en el propi sub-grup de *centers*–, fa que la capacitat predictiva de la prova sigui inferior ($R^2 = 0,557$ i $0,347$ respectivament) respecte a grups més homogenis com el de *guards* ($R^2 = 0,676$).

Per ajustar les diferències entre individus s’han realitzat les correlacions per rol i per nivell. En els *guards* s’ha obtingut una equació de regressió amb una correlació més elevada ($\dot{V}O_2 = 0,1753 \cdot \text{rectes} + 33,622 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $R^2 = 0,676$) i un error estàndard d’estimació inferior ($3,70 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Sembla que la major homogeneïtat morfològica i funcional d’aquest grup de jugadors dona lloc a una equació amb millor capacitat predictiva. El grup de

forwards presenta una equació amb una capacitat predictiva també moderada ($\dot{V}O_2 = 0,2004 \cdot FC + 32,694 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $R^2 = 0,573$), però amb un error estàndard més elevat ($5,67 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), probablement degut a la menor homogeneïtat del grup. En el cas dels *centers* també les diferències interindividuals fan que la correlació sigui encara menor ($\dot{V}O_2 = 0,1999 \cdot \text{rectes} + 31,513 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; $R^2 = 0,347$), augmentant l'error estàndard d'estimació fins a $7,4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. No s'ha trobat, fins al moment, cap altra referència que proposi equacions predictives en jugadors de basquetbol, i per tant, tampoc en rols.

Són presents, en la literatura, un rang de valors amplis de correlació entre el $\dot{V}O_{2\text{max}}$ i la prova de 20 m ($r = 0,54\text{--}0,93$), tot i que la majoria d'estudis apunten a correlacions amb valors entorn a $r = 0,80$ (Aziz i al. , 2007; Boreham, Paliczka i Nichols, 1990; Cetin, Karatosun, Baydar i Cosarcan, 2005; Chia i al. , 2005; Flouris i al., 2004; Leger i Gadoury, 1989; Leger i al. , 1988; McNaughton, Hall i Cooley, 1998; Paliczka, Nichols i Boreham, 1987; Ramsbottom, Brewer i Williams, 1988; St Clair Gibson i al. , 1998; Stickland, Petersen i Bouffard, 2003). Els creadors de la prova reporten correlacions $r = 0,87$ i $0,71$ en dos estudis (Leger i Gadoury, 1989; Leger i al. , 1988). El valor menor el troben Aziz i al. (2007) en una investigació on jugadors de futbol joves son objecte d'estudi, mentre que el major valor el reporten Paliczka, Nichols, i Boreham (1987) on mesuren nou corredors de fons. La nostra relació es situa també en aquest espectre, propera a d'altres estudis (Barnett i al. , 1993; Liu i al. , 1992; St Clair Gibson i al. , 1998), inclòs als reportats pels creadors de la prova (Leger i al. , 1988).

L'error estàndard d'estimació de les equacions presentades també és proper als estudis citats i que el determinen de forma similar. Així Liu i al. (1992) estimen un EEE de $5,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, que és pràcticament idèntic al nostre, mentre que Chia i al. descriuen uns $4,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. D'altra banda Stickland i al. (2003) el quantifiquen en $4,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, gairebé idèntic als $4,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ que troben Barnett i al. (1993). Les diferents metodologies, de nou, poden ser les causants d'aquestes petites diferències, degut a que mentre nosaltres mesurem el $\dot{V}O_2\text{max}$ durant la prova de 20 m, en el cas dels altres autors ho fan en una altra prova en cinta rodant. Aquest fet pot derivar en una font d'error addicional tal i com constaten Flouris i al. (2004) i Flouris, Metios i Koutedakis (2006). En el primer estudi els autors troben diferències entre la mesura en cinta rodant i la prova de 20 m, concloent que hi ha una demanda augmentada d'energia en el segon cas degut a les maniobres de frenada i acceleració constants. En el segon estudi, calculen les diferències entre la contribució de la força corrent en una prova de 20 m modificada per córrer en quadrat amb 4 girs de 90° enlloc de fer-ho en línia recta, i així minimitzar l'afectació dels girs de 180° , durant la cursa. Obtenen valors d'aquesta contribució extra de la força de + 9% per a la prova de 20 m clàssica, i de + 4% per a la prova en quadrat respecte a la cursa contínua en cinta rodant. Es pot pensar doncs, que les correlacions entre la prova de 20 m i la cinta rodant incorporen un error afegit desconegut. També s'han descrit EEE menors ($2,72$ i $1,70 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) en sengles recerques (Leger i al., 1988; Flouris i al., 2004). Aquesta diferència amb les referències anteriors, i amb l'estudi present es deuria a una mostra heterogènia i nombrosa. En el cas actual l'adaptació de les diferents vies metabòliques als diferents gestos com són les arrencades

i frenades es suposa diferent i molt específica, el que pot dur a un error major.

Per tal d'establir la millor fórmula predictora, Matzusaka i al. (2004) comparen els seus resultats amb diverses equacions presents a la literatura. Observen que la que millor prediu en la població general és la de Barnett i al. (1993), però que no funciona bé per diferenciar entre entrenats i no entrenats, cosa que si fa la de Leger i al. Aquest fet suporta encara més la nostra proposta d'oferir una equació pròpia. Algunes de les equacions proposades incorporen factors que nosaltres no hem incorporat com són l'edat, el sexe o el BMI (Barnett i al. , 1993; Fernhall i al., 1998; Leger i al. , 1988). En el cas del sexe, la nostra mostra és completament d'homes, per la qual cosa no seria un factor diferenciador. En el cas de l'edat, el rang és poc ampli ja que són jugadors de categoria júnior, i les diferències que s'establirien serien poques o cap. (Fernhall i al. , 1998) decideixen incorporar el BMI com un factor diferenciador en joves amb retard mental. En el seu cas és justificable pels diferents biotipus que s'hi poden trobar. La nostra mostra marca un rang de BMI molt homogeni $22,7 \pm 1,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, el que ens indica de nou l'escàs interès d'aquest factor a l'hora d'establir diferències entre subjectes. Les equacions per rol i per nivell podrien millorar la predicció individual, ja que els perfils poden ser més homogenis.

S'han ajustat els valors de $\dot{V}O_2$ no linealment al pes corporal, tal com proposen alguns autors, per observar si l'ajust era millor degut a una millor normalització de les dimensions corporals (Bergh i al. , 1991; Gunther, 1975; Sjodin i Svedenhag, 1992; Tanner, 1949; Welsman i al. , 1996). En

cap dels dos límits proposats per la literatura s'ha trobat un ajust millor que en el valor clàssic relatiu al pes (Astrand i al. , 2003). És possible que els subjectes d'aquest estudi, majors en talla i pes que la mitjana de la població, tot i ser encara joves, no tinguin les mateixes característiques al·lomètriques que els analitzats per Sjodin i al. (1992). En definitiva sembla que per la aquest estudi el valor tradicional de $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ és prou adequat per normalitzar valors de $\dot{V}\text{O}_2$ en jugadors júnior de basquetbol.

S'ha estudiat la fase ràpida de la cinètica de recuperació del $\dot{V}\text{O}_2$ ($\dot{V}\text{O}_2$ *off-kinetics*) en tots els subjectes. En esports intermitents on els canvis d'intensitat son freqüents, una millor cinètica indica una millor recuperació de la fatiga (Cerretelli, Pendergast, Paganelli i Rennie, 1979; Demarle i al., 2001). Tots els grups mostren valors molt similars, al voltant de $\tau \approx 80$ s en una prova maximal com la nostra. Recentment, Sousa, Rodriguez, Machado, Vilas-Boas i Fernandes (2015) han estudiat la cinètica de recuperació en nedadors, remers, corredors i ciclistes ($\tau = 63; 56; 60$ i 55 s, respectivament), en condicions d'exercici maximals. En el seu cas els esportistes son especialistes i van ser mesurats amb proves específiques a la seva modalitat. Excepte en el cas dels nedadors, on l'edat és lleugerament major ($18,6 \pm 3,4$ a), la resta d'esportistes del seu estudi són molt més experimentats. Altres estudis com el de Lai i al. (2012), troben una τ menor en individus adults on la resposta de $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ és molt menor (~ 30 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). L'anàlisi aïllat de τ podria dur a error, ja que les condicions per mesurar la cinètica són diferents, degut a les diferents amplituds en la resposta en la prova i que poden afectar a la fase ràpida de la cinètica de

recuperació (Cunningham i al. , 2000; Kilding i al. , 2005; Lai i al. , 2012; Ozyener i al. , 2001). Per això s'ha incorporat les anàlisis de l'amplitud de la resposta de la cinètica de recuperació $\Delta\dot{V}O_2$ per comparar entre respostes d'amplitud diferent. S'obté una mitjana de $33,5 \pm 9,23 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, similar al trobat per Paterson i Whipp (1991) i Sousa, Rodriguez, Machado, Vilas-Boas i Fernandes (2015) ambdòs en cicloergòmetre, pero menor al trobat en aquest últim en cursa. La diferència d'experiència exercici de resistència i les diferències antropomètriques i d'edat poden explicar en part, aquesta diferència en la cursa. Un altre factor diferenciador es que mentre les proves de cinètica es realitzen en intensitats constants (moderades, altes o màximes), la nostra prova és màxima i incremental. Les anàlisis per posicions i rols no revelen cap diferència entre grups, entre cap de les dues variables, semblant a les comparacions d'altres estudis sobre la τ en la recuperació d'exercicis sub-màxims en què no es troben diferències per nivell d'activitat física dels participants (Marwood, Roche, Garrard i Unnithan, 2011; Marwood, Roche, Rowland, Garrard i Unnithan, 2010). Ingham, Carter, Whyte i Doust (2007) troben diferències en la cinètica d'activació de remers d'elit en contra de remers de club, del qual es pot inferir que els de millor nivell tenen una millor activació, amb un menor dèficit durant aquesta, i acumulant menor fatiga a l'inici de l'activitat. D'altra banda Powers, Dodd i Beadle (1985) descriuen millors cinètiques en atletes de nivell similar d'entrenament amb major nivell de $\dot{V}O_{2\text{max}}$. Sembla confirmar-se el fet que un nivell major d'entrenament i rendiment provoca una disminució en el valor de τ en la fase d'activació (Borrani i al., 2001; Cleuziou i al., 2004; Marwood i al. , 2010). Altres autors suporten aquesta

hipòtesi demostrant en diferents mostres que amb un programa d'entrenament millora el valor de cinètica τ (Billat, Mille-Hamard, Demarle i Koralsztein, 2002; Hagberg, Hickson, Ehsani i Holloszy, 1980; Hickson, Bomze i Holloszy, 1978). Gardner, Osborne, D'Auria, i Jenkins (2003) descriuen un dèficit d'oxigen menor amb cinètiques més ràpides en una prova d'intensitat constant. Aquest fet suporta la recerca de Cerretelli i al. (1979), que observen valors de lactacidèmia menors en individus amb millor cinètica del $\dot{V}O_2$.

Una millor cinètica indica menor fatiga, degut a la menor acumulació de metabòlits procedents del metabolisme làctic i a un pH més equilibrat amb una millor funció muscular en conseqüència. Els constants canvis d'intensitat en el joc intermitent es fa imprescindible una cinètica el més ràpida possible (Demarle i al. , 2001). En la mostra present no s'han pogut descriure diferències entre cap de les agrupacions –nivell i rol–, malgrat els estudis citats anteriorment semblen establir diferències clares entre nivells diferents de rendiment, sempre estudiant la fase d'activació davant intensitats constants de treball, i no en proves incrementals com l'actual, i d'on s'ha estudiat la recuperació, que depèn de la intensitat de dos factors, la intensitat de treball – en el aquest cas 100% del consum màxim d'oxigen – , i del temps d'exercici a aquesta intensitat, diferenciant-se així de la cinètica d'activació, influïda per la intensitat de l'exercici (Billat i al. , 2002). L'homogeneïtat de la mostra, la diferència interindividual en la separació per nivells en funció del rol, i la naturalesa intermitent del basquetbol, i la metodologia –estudi de la recuperació– i les característiques de la prova de

20 m – amb acceleracions i desacceleracions –, semblen els principals factors per la manca de diferències entre grups en aquesta variable. D'altra banda s'ha de tenir en compte que tot i les diferències nivells i de rol, els jugadors estan sotmesos a una quantitat d'entrenament específic molt similar, i són d'edat molt similar i amb alguns anys de pràctica, el que indicaria que una millora en aquest sentit és una adaptació bàsica a l'entrenament en esports intermitents. Buchheit i al. (2012), en un estudi amb esportistes amateurs d'esports d'equip adults (~30 a) troben una correlació negativa forta entre la cinètica de recuperació de les dues primeres sèries d'una prova de recuperació, però no entre la cinètica i el resultat total de la prova –variable segons la tolerància del subjecte–, suggerint que la contribució de la cinètica a la resistència a les activitats intermitents pot no ser decisiva.

Despesa Energètica

Els resultats mitjans i màxims indiquen que és una prova amb una elevada despesa energètica (Ainsworth i al. , 1993; Consolazio i al. , 1963; W. McArdle i al. , 2001; Passmore, 1955). Si s'atén a les comparacions efectuades, el grup d'internacionals mostra una despesa superior tant en valors absoluts, com relatius a la superfície corporal o al pes. En les anàlisis per rol només es troben diferències en valors absoluts a favor dels *centers*, explicables pel seu major pes corporal. Quan es relativitza aquests valors a la superfície o al pes corporal, les diferències desapareixen. Aquests resultats concorden amb les diferències trobades en el rendiment en la prova, indicant que a la prova de 20 m s'estableixen diferències per nivell,

però no per rol de joc. No s'han trobat altres estudis que descriguin la despesa energètica en proves similars.

No obstant hem d'assumir un possible error per la estimació de la despesa energètica de manera indirecta, tot i que a diferència de la prova de joc, les condicions de la valoració de 20 m són estandarditzades, el que pot eliminar en gran part la variabilitat inter-subjecte. Segons Elia i Livesey (1992) les assumpcions que es prenen per estimar la despesa energètica a través del $\dot{V}O_2$ i $\dot{V}CO_2$, duen a un error no major del 5%.

Validesa de la metodologia de Conconi per estimar el llindar metabòlic a través de la FC

La determinació del punt de deflexió de la FC (PdFC) en la prova de 20 m determina uns valors per sobre del LiV_2 i per sota del $\dot{V}O_{2max}$ amb correlacions fortes en ambdós casos, encara que la major en el cas del PdFC– LiV_2 ($r = 0,866$; $R^2 = 0,750$). No queda massa clar si s'estableix com a criteri vàlid per a la determinació d'un llindar metabòlic degut a l'equidistància entre els dos valors esmentats. La principal raó per aquesta controvèrsia pot ser la diferència entre la present metodologia de la prova incremental i el desenvolupat per Conconi i al. (1982). No obstant la prova de 20 m compleix amb les característiques de prova incremental fins a l'esgotament i amb períodes d'increment de la càrrega adequats per trobar el llindar de deflexió de la FC.

La metodologia de Conconi és sotmesa encara a discussió encara que és àmpliament utilitzada (Alberton i al., 2013; Baiget i al. , 2014; Ballarin i al., 1996; Bodner i Rhodes, 2000; Bodner, Rhodes, Martin i Coutts, 2002; Bourgois i Vrijens, 1998; M. Buchheit, Solano i Millet, 2007; Conconi i al. , 1996; Debray i Dey, 2007; Grazzi, Casoni, Mazzoni, Uliari i Conconi, 2005; Grazzi i al., 2008; Jones i Doust, 1995; Leger i Tokmakidis, 1988; Mikulic, Vucetic i Sentija, 2009; Petit, Nelson i Rhodes, 1997; Pokan i al., 1999; Vachon, Bassett i Clarke, 1999; Vucetic, Sentija, Sporis, Trajkovic i Milanovic, 2014; Zacharogiannis i Farrally, 1993). Alguns autors defensen el seu ús, validesa i fiabilitat, fonamentalment en població activa i en diverses proves on predominen les de laboratori (Alberton i al. , 2013; Ballarin i al. , 1996; Bodner i al. , 2002; Grazzi i al. , 2008; Mikulic i al. , 2009), mentre que altres conclouen que no és vàlida o fiable (Carey, Raymond i Duoos, 2002; Jones i Doust, 1995; Leger i Tokmakidis, 1988; Vachon i al. , 1999), i d'altres estudien esports de resistència en concret –com el ciclisme o el rem– i fins i tot, realitzen una adaptació mitjançant una prova específica, com en el cas del tennis (Baiget i al. , 2014; Bodner i al. , 2002; Grazzi i al. , 2008; Mikulic i al. , 2009).

Sovint diferents estudis han emprat diverses metodologies per determinar el PdFC amb resultats diferents (Baiget, 2008; Baiget i al. , 2014; Debray i Dey, 2007; Grazzi i al. , 2008; Pokan i al. , 1999; Vachon i al. , 1999; Zacharogiannis i Farrally, 1993). Tot i no seguir estrictament els criteris del test de Conconi, s'accepta que complint certs criteris qualsevol prova pot enregistrar valors de FC adequats per al seu estudi (Conconi i al. , 1996).

Buchheit, Solano i Millet (2007) i Petit, Nelson i Rhodes.(1997) utilitzant el test de Conconi, obtenen correlacions fortes amb el $\dot{V}O_2$. De la mateixa manera, en aquest estudi s'ha trobat una alta correlació PdFC– $\dot{V}O_2$, i amb un error estàndard estimat moderat (EEE = 3,3), pel que es pot considerar el PdFC com a predictor del $\dot{V}O_2$, sabent que el sobreestima lleugerament. No obstant, nosaltres hem analitzat la relació PdFC– $\dot{V}O_2$ max que sovint no és analitzada en els estudis que incorporen relacions PdFC– $\dot{V}O_2$, obtenint una correlació també molt alta, molt propera a la primera, i amb un error estàndard estimat moderat (EEE = 4,00). En aquest cas coincidiríem més amb el resultat de Grazi i al. (2008) que en el seu estudi relacionen el punt de deflexió de la FC amb un punt de deflexió del consum d'oxigen proper al màxim. No obstant a l'hora d'aplicar la metodologia de Conconi, hem de saber que segons diversos autors, hi ha subjectes en qui no s'observa aquest PdFC i, potser més important, en qui la resposta del teòric PdFC no es constant i manca de fiabilitat intra i interobservador (Carey i al. , 2002; Jones i Doust, 1995; Vachon i al. , 1999).



Figura 39. Assessorament als tècnics amb les dades de la prova de 20 m

5.6. Conclusions

La prova de 20 m ha donat resultats que donen suport els de la literatura. Els jugadors internacionals mostren un rendiment superior en aquesta prova per la qual cosa és susceptible de ser utilitzada com a instrument de valoració per discriminar el nivell dels jugadors. Entre rols, els *centers* semblen tenir un rendiment menor. La prova mostra una predictivitat moderada del $\dot{V}O_2\text{max}$ a través de la FC, amb un error estàndard similar al trobat en altres estudis. La capacitat predictiva en les equacions per posicions és similar, millorant fins i tot l'error estàndard en alguns casos.

Les dades presents situen els jugadors de basquetbol en una potència aeròbica màxima de nivell mitjà. No obstant, el perfil dels seus LiV_1 i LiV_2 –elevada– en relació al seu $\dot{V}O_2\text{max}$ revela una capacitat aeròbica elevada, amb una zona de transició LiV_1 – LiV_2 àmplia i proximitat entre el LiV_2 i el $\dot{V}O_2\text{max}$. Aquest fet es corrobora tant als indicadors relatius al consum d'oxigen com amb els de freqüència cardíaca. Els esforços intermitents que caracteritzen el basquetbol requereixen alts percentatges del $\dot{V}O_2\text{max}$, i els jugadors tenen un perfil característic, conformant la situació dels LiV_1 i LiV_2 elevada respecte al $\dot{V}O_2\text{max}$, on els jugadors *forwards* mostren el perfil amb líndars més propers al màxim. Els jugadors internacionals obtenen millors valors màxims i de ambdòs LiV que els no–internacionals, mentre els *centers* mostren valors màxims menors que els altres dos rols, tot i que les diferències no assoleixen la significació estadística establerta.

El punt de deflexió de la freqüència cardíaca segons Conconi, tot i correlacionar fortament amb el $\dot{V}O_2$, es situa en aquest estudi entre el segon llindar ventilatori i el $\dot{V}O_{2max}$ en els subjectes estudiats. Aquest fet duu a prendre amb cautela els resultats obtinguts amb aquesta metodologia.

S'aporta coneixement sobre el DAO i la fase ràpida de la cinètica de recuperació de $\dot{V}O_2$ dels jugadors. El DAO sembla elevat en la prova present comparat amb l'obtingut en altres estudis, indicant que la contribució anaeròbica és important en termes absoluts. No podem establir comparacions amb d'altres estudis sobre la cinètica de recuperació en mostres similars. Sembla que la recuperació no difereix entre nivells o grups, indicant un bon rendiment en intermitència en tots els subjectes. En relació a la valoració bioenergètica de la prova de 20 m en jugadors de basquetbol, s'evidencia que aquesta és una prova exigent energèticament, probablement degut a la busca d'una sol·licitació aeròbica màxima, amb una contribució anaeròbica (DAO) també elevada.

6. Relació entre les demandes fisiològiques dels jugadors en joc simulat i en la prova de 20 m

6.1. Introducció

Durant anys els jugadors de basquetbol han estat estudiats per poder definir les capacitats necessàries per competir en aquest esport. L'estudi del perfil antropomètric (Ackland, Schreiner i Kerr, 1997; Bale, 1991; Bayios i al. , 2006; Drinkwater i al. , 2008; Greene i al. , 1998; Jelcic i al. , 2002; McKenzie, 1985; Toriola, Adeniran i Ogunremi, 1987; Toriola, Salokun i Mathur, 1985; Ugarkovic i al. , 2002; Viviani, 1994; Young i al. , 2005), de la capacitat de salt (Apostolidis i al. , 2004; Bale, 1991; Greene i al. , 1998; Hakkinen, 1993; Kirkendall i Street, 1986; LaMonte, McKinney, Quinn, Bainbridge i Eisenman, 1999; Ostojic i al. , 2006; Rivera i Suarez, 1990; Ugarkovic i al. , 2002; Woolstenhulme, Bailey i Allsen, 2004; Young i al. , 2005) o de suportar esforços (Bale, 1991; Ben Abdelkrim i al. , 2007; Castagna, Impellizzeri i al. , 2008; Crisafulli i al. , 2002; Ghosh, Ahuja i Khanna, 1987; Gocentas i Andziulis, 2004; Ostojic i al. , 2006; Sallet i al. , 2005; Vaquera, 2003), han contribuït, poc a poc, a descriure una imatge de les habilitats que ha de posseir un jugador de basquetbol per a la pràctica d'alt nivell. Aquest conjunt de coneixement ens ha d'ajudar a l'hora de seleccionar objectius i medis d'entrenament per assolir els nivells de rendiment desitjats.

Una gran part de la recerca sobre jugadors de basquetbol, ha estat feta valorant capacitats genèriques i indicadors utilitzats amb èxit en altres tipus

d'esports. Així, coneixem el $\dot{V}O_2\text{max}$ en condicions de laboratori (Andreasen, Beam i Adams, 1997; Apostolidis i al. , 2004; Carvalho i al. , 2013; Metaxas i al. , 2009), concentració de lactat assolida (Ben Abdelkrim i al. , 2007; Calleja i al. , 2008; Castagna, Abt i al. , 2008; Castagna i al., 2007; Matthew i Deletrat, 2009; McInnes i al. , 1995; Narazaki i al. , 2008; Rodriguez-Alonso i al. , 2003; Tessitore i al. , 2006; Zadro i al. , 2011) o potència mecànica en cicloergòmetre (Cormery i al. , 2008; Gocentas i al. , 2011; Laplaud i al. , 2004; Scribbans, Berg, Narazaki, Janssen i Gurd, 2014), entre d'altres. Les condicions de la majoria d'aquestes proves no són específiques del basquetbol –no 'han desenvolupat en condicions d'entrenament o competició– i han tingut com a resultat un rang important de valors.

En aquest treball, prèviament, s'ha presentat un estudi realitzat en situació de joc quasi real (capítol 4). La dificultat d'anàlisi en temps real, fa que, en els estudis trobats, es compti amb pocs indicadors valorats en el propi joc (Ben Abdelkrim i al. , 2007; López Calbet i López Calbet, 1997; McInnes i al. , 1995; Narazaki i al. , 2008; Rodriguez-Alonso i al. , 2003; Schmitz i al. , 2005; Vaquera i al. , 2008), sovint relacionats amb valoracions genèriques, com les de relació de la FC en joc amb la registrada en el laboratori (Andreasen i al. , 1997; Apostolidis i al. , 2004; Bell i al. , 1994; Coleman i al. , 1974; Sallet i al. , 2005; Smith i Thomas, 1991; Tsunawake i al. , 2003). Aquestes limitacions en les anàlisis ad hoc de l'esport dificulten el nivell d'especificitat de les conclusions que se'n deriven i, consegüentment, el grau de coneixement de les demandes reals que té el basquetbol de competició.

Amb aquestes incerteses, els tècnics i entrenadors han de seguir dissenyant entrenaments, sense un coneixement prou vàlid sobre si les adaptacions que cerquen, siguin aquelles que més demanda la situació real de joc. L'ànim del present estudi ha estat comparar les necessitats d'una prova genèrica de camp (prova de 20 m) amb la situació de joc simulat per poder observar el seu grau de similitud.

6.2. Objectius

- Determinar les diferències entre les demandes fisiològiques de la prova de joc simulat respecte a una prova maximal com la prova de 20 m.
- Determinar si el rendiment en la prova de 20 m és predictora del rendiment en basquetbol

6.3. Material i mètode

6.3.1. Subjectes

En el present estudi van participar 30 jugadors júnior d'alt nivell. Les seves característiques i criteris d'inclusió han estat descrits al punt 4.3.1.

6.3.2. Material

Les necessitats materials per ambdues proves han estat descrites amb anterioritat als punts 4.3.2 i 5.3.2.

6.3.3. Variables d'estudi

Terme	Definició	Unitats
DAO	Quantitat d'oxigen equivalent al total d'energia utilitzada per realitzar l'activitat que no provenen de reaccions que utilitzen l'oxigen atmosfèric. En exercicis intensos o maximals, comprèn tant el treball que prové dels fosfats d'alta energia, com dels processos anaeròbics	mL
DAO _{pes}	DAO relatiu al pes	mL·kg ⁻¹
$\bar{E}\bar{E}$	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat	kcal·h ⁻¹ ; kJ·h ⁻¹
EE _{bsa}	Despesa energètica en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ; kJ·m ⁻² ·h ⁻¹
$\bar{E}\bar{E}$ _{bsa}	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ; kJ·m ⁻² ·h ⁻¹
EE _{max}	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat	kcal·h ⁻¹ ; kJ·h ⁻¹
EE _{max} bsa	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat relativa a la superfície corporal	kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ; kJ·m ⁻² ·h ⁻¹

Terme	Definició	Unitats
EEmax pes	Despesa energètica màxima en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
EEpes	Despesa energètica en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
EĒpes	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
FC20m	FC enregistrada en qualsevol moment de la prova de 20 m	Bpm
FCLiV ₁	FC enregistrada en el LiV ₁	bpm; %
FCLiV ₂	FC enregistrada en el LiV ₂	bpm; %
FCmax	FC màxima enregistrada en la prova de 20 m	bpm
LiV ₁	Llindar ventilatori 1, també anomenat llindar aeròbic. Es detecta per un augment del $\dot{V}E$ i el $\dot{V}CO_2$ en relació al $\dot{V}O_2$	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; % $\dot{V}O_{2max}$
LiV ₂	Llindar ventilatori 2, també anomenat punt de compensació respiratòria. Es detecta per un augment del $\dot{V}E$ en relació al $\dot{V}O_2$ i al $\dot{V}CO_2$ indica el punt on la incapacitat de l'organisme per abastir d' O ₂ els teixits i la hipercàpnia resultant, provoquen un augment desproporcionat de la ventilació	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; % $\dot{V}O_{2max}$
PdFC	Canvi, positiu o negatiu, respecte a la relació lineal entre la FC i el treball evident en una prova progressiva i incremental (Bodner i Rhodes, 2000)	bpm
Prova 20 m	Un test dissenyat per assolir un estrès gradual al esportista	Paliers, rectes
Temps	Temps real de durada de les proves de joc o de 20 m	min:s
$\bar{V}E_{20m}$	Volum de gas espiratori mitjà durant la prova de 20 m	L·min ⁻¹
$\dot{V}E_{max 20m}$	Volum de gas espiratori màxim durant la prova de 20 m	L·min ⁻¹
$\dot{V}E_{min 20m}$	Volum de gas espiratori mínim durant la prova de 20 m	L·min ⁻¹
$\dot{V}O_{2max}$	Màxim $\dot{V}O_2$ enregistrat durant un test maximal, en el treball present durant la prova de 20 m	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; 1;(relació lineal) mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ a/b. 1(relació no-lineal); MET (3,5 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)

Terme	Definició	Unitats
$\Delta \dot{V}O_2$	Amplitud de la resposta de la cinètica de recuperació relativa al temps i pes. Dóna un valor de la velocitat de recuperació de l'esforç que té un esportista, calculat en la fase de recuperació més ràpida (τ)	$\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
τ	Coneguda com a constant de temps (<i>time constant</i>), expressa un valor en segons corresponent al 63% de la $\Delta \dot{V}O_2$ en la corba $\dot{V}O_2$ - temps.	s

6.3.4. Anàlisi de dades i estadística

L'obtenció dels valors de les variables utilitzades ha estat descrita amb anterioritat als punts 4.3.6 i 5.3.6.

Per a l'anàlisi estadística hem utilitzat el programa SigmaStat 3.5 per a Windows.

S'han comparat per a cada variable i grup els valors en ambdues proves utilitzant una prova t per a mostres aparellades. S'ha utilitzat la prova de Wilcoxon com alternativa a la prova t per a mostres aparellades quan no es complien els criteris de normalitat. Es presenten els valors exactes de probabilitat d'error tipus I, situant el nivell de significació en $p \leq 0,05$ per de l'estadístic t i l' IC per al 95% de la diferència entre mitjanes.

6.4. Resultats

Els resultats en cada una de les proves i les diverses comparacions entre elles es presenten a la Taula 22. Com era d'esperar la FCmax, la VEmax20m, el $\dot{V}O_2$ max i la EEmax foren més elevats que durant la prova de joc simulat ($p = 0,001$).

Taula 22. Comparació dels principals valors en tots els subjectes (n = 30) entre ambdues proves.

	Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de <i>P</i>	Valor de <i>t</i>	Diferència IC (95%)
	\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
FCmax (bpm)	189	171–204	181	159–196	0,001	3,283*	
$\bar{V}E_{max}$ (L·min ⁻¹)	161 (28)	110–224	125 (21)	58–163	<0,001	7,177	36,2 25,9– 46,5
$\dot{V}O_2_{max}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	51,5 (7,4)	34,1–66,0	45,6 (6,0)	31,5–56,8	<0,001	5,548	5,84 3,74– 8,10
EEmax (kcal·h ⁻¹)	1302	900–1980	1173	826–1545	<0,001	4,391*	
(kJ·h ⁻¹)	5448	3766–8284	4908	3456–6464			
EEmax bsa (kcal·m ² ·h ⁻¹)	625 (88)	408–822	541 (64)	419–645	<0,001	6,010	84,0
(kJ·h ⁻¹ ·m ²)	2615 (368)	1717–3439	2264 (268)	1753–2699			55,4– 112,6
EEmax pes (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	15,9 (2,4)	10,1–19,7	13,9 (1,9)	9,1–17,4	<0,001	5,984	2,10
(kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	67 (10,0)	42,3–82,4	58,2 (7,9)	38,1–72,8			1,38– 2,82

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostra el valor de p, el valor de l'estadístic t i l'interval de confiança per al nivell 95% de la diferència.

* prova de Wilcoxon per a distribucions no paramètriques

6.4.1. Relació de les respostes cardiovasculars

Taula 23. Freqüència cardíaca màxima segons grups de nivell.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
FCmax (bpm)	No internacionals	187 (8)	172–199	180 (8)	162–193	<0,001	4,098	6,8 3,3– 10,3
	Internacionals	189 (7)	179–203	182 (11)	159–196	0,076	1,941	6,7 0,8– 14,2

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

Taula 24. Freqüència cardíaca màxima segons grups de rol.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
FCmax (bpm)	<i>Guards</i>	185 (7)	172–193	178 (9)	159–188	0,004	3,752	7,3 2,9– 11,8
	<i>Forwards</i>	192 (7)	180–203	184 (8)	169–195	0,045	2,287	8,1 0,21– 16,0
	<i>Centers</i>	187	177–190	180	167–196	0,563	0,742*	

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

*Prova de Wilcoxon per a distribucions no-paramètriques

Els jugadors no internacionals assoleixen FCmax menors en la prova de joc simulat ($p < 0,001$), mentre que en els jugadors internacionals tot i que les diferències només s'observa una tendència no significativa ($p = 0,076$).

Les diferències de FCmax en funció dels rols es detecten en els *guards* ($p = 0,004$) i els *forwards* ($p = 0,045$) amb FC majors en la prova de 20 m. En el grup de *centers* no s'observen diferències significatives.

6.4.2. Relació de les respostes ventilatòries

Taula 25. Ventilació màxima segons els grups de nivell.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
$\bar{V}E_{max}$ (L·min ⁻¹)	No internacionals	149 (24)	110–202	118 (23)	58–155	<0,001	4,106	31,4 15,2– 47,7
	Internacionals	177 (24)	140–224	135 (14)	115–163	<0,001	7,285	42,4 29,7– 55,0

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

Taula 26. Ventilació màxima segons els grups de rol.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
$\bar{V}E_{max}$ (L·min ⁻¹)	<i>Guards</i>	148 (20)	110–180	121 (20)	83–163	<0,001	5,146	26,9 15,5–38,2
	<i>Forwards</i>	167 (21)	114–193	123 (24)	58–141	0,002	4,192	43,9 20,6–67,2
	<i>Centers</i>	181 (39)	123–224	139 (18)	115–159	0,013	3,749	42,2 13,3–71,2

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

La $\dot{V}E_{max}$ fou major en la prova de 20 m tant en el grup de no internacionals com en el d' internacionals ($p < 0,001$). Si considerem els rols, les diferències també s'estableixen en favor de la prova de 20 m. Els *guards* ($p < 0,001$), *forwards* ($p = 0,002$) i *centers* ($p = 0,013$) assolixen menors valors en la prova de joc simulat que en la prova de 20 m.

6.4.3. Relació de les respostes metabòliques

Taula 27. $\dot{V}O_2$ max segons els grups de nivell.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
$\dot{V}O_2$ max (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	No internacionals	49,0 (7,5)	34,1– 66,0	43,1 (6,2)	31,5– 55,1	<0,001	4,067	5,89 2,82– 8,96
	Internacionals	54,7 (6,1)	45,2– 64,1	48,8 (3,8)	43,9– 56,8	0,003	3,631	5,94 2,38– 9,52

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

Taula 28. $\dot{V}O_2$ max segons els grups de rol.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
$\dot{V}O_2$ max (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	<i>Guards</i>	52,0 (5,2)	41,9– 60,0	48,0 (5,5)	40,9– 56,8	0,005	3,484	4,01 1,50– 6,52
	<i>Forwards</i>	53,1 (7,8)	43,7– 66,0	44,7 (4,4)	36,3– 53,6	0,003	3,942	8,36 3,63– 13,08
	<i>Centers</i>	47,4 (10,3)	34,1– 64,1	41,8 (7,7)	31,5– 50,1	0,069	2,309	5,57 -0,63– 11,78

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

Els jugadors júnior tenen un major $\dot{V}O_2\text{max}$ en la prova de 20 m en comparació amb el joc simulat, tant els jugadors no internacionals ($p < 0,001$) com els internacionals ($p = 0,003$). Tenint en compte el factor rol, només els *centers* no mostren diferències significatives, tot i que mostren una tendència ($p = 0,069$). Els jugadors *guards* i *forwards* mostren diferències també amb un consum més elevat a la prova de 20 m ($p = 0,005$ i $p = 0,003$, respectivament).

6.4.4. Relació de les respostes bioenergètiques

Taula 29. Despesa energètica màxima segons els grups de nivell.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
EE _{max} (kcal·h ⁻¹) (kJ·h ⁻¹)	No internacionals	1259 (198)	900–1699	841 (131)	636–1135	<0,001	10,556	419
		5268 (828)	3766–7109	3519 (548)	2661–4749			335– 503
	Internacionals	1460 (221)	1177–1980	926 (95)	767–1116	<0,001	10,904	535
		6109 (925)	4925–8284	3874 (397)	3209–4669			428– 641

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

Taula 30. Despesa energètica màxima segons els grups de rol.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
EE _{max} (kcal·h ⁻¹) (kJ·h ⁻¹)	<i>Guards</i>	1237 (155)	1004–1599	833 (100)	636–964	<0,001	13,929	403
		5176 (649)	4201–6690	3485 (418)	2661–4033			340– 466
	<i>Forwards</i>	1410 (204)	900–1673	873 (106)	713–1012	<0,001	8,860	537
		5899 (854)	3766–7000	3653 (444)	2983–4234			402– 672
	<i>Centers</i>	1468 (323)	1152–1980	982 (149)	781–1135	0,003	5,242	486
		6142 (1351)	4820–8284	4109 (623)	3268–4749			248– 724

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

La EEmax és major en la prova de 20 m que en la de joc simulat. El valor de p entre ambdues proves fou $< 0,001$ en el cas dels jugadors no internacionals, internacionals, *guards* i *forwards* i augmenta lleugerament en el cas dels *centers* ($p = 0,003$).

Taula 31. EEmax bsa segons els grups de nivell.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
EEmax bsa (kcal·m ² ·h ⁻¹) (kJ·h ⁻¹ ·m ²)	No internacionals	590 (85)	408– 724	393 (51)	321– 477	<0,001	10,478	197
		2469 (356)	1707– 3029	1644 (213)	1343– 1996			157– 237
	Internacionals	671 (71)	592– 822	428 (26)	384– 469	<0,001	12,023	243
		2807 (297)	2477– 3439	1791 (109)	1607– 1962			199– 287

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

Taula 32. EEmax bsa segons els grups de rol.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
EEmax bsa (kcal·m ² ·h ⁻¹) (kJ·h ⁻¹ ·m ²)	<i>Guards</i>	616 (59)	499– 728	416 (43)	347– 477	<0,001	15,215	200
		2577 (247)	2088– 3046	1741 (180)	1452– 1996			71– 228
	<i>Forwards</i>	643 (100)	408– 759	398 (42)	325– 448	<0,001	8,446	245
		2690 (418)	1707– 3176	1665 (176)	1360– 1874			181– 310
	<i>Centers</i>	612 (126)	496– 822	409 (58)	321– 465	0,003	5,450	203
		2561 (527)	2075– 3439	1711 (243)	1343– 1946			107– 298

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

El EEmax bsa fou major en la prova de 20 m en els grups de no internacionals ($p < 0,001$), internacionals ($p < 0,001$), *guards* ($p < 0,001$), *forwards* ($p < 0,001$) i *centers* ($p = 0,003$).

Taula 33. EEmax pes segons els grups de nivell.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
EEmax pes (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) (kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	No internacionals	15,1 (2,5)	10,1– 19,1	10,0 (1,5)	7,0– 12,5	<0,001	10,055	5,05
		63,2 (10,5)	42,3– 79,9	41,8 (6,3)	29,3– 52,3			3,99– 6,12
	Internacionals	17,1 (1,6)	14,3– 19,7	10,9 (0,9)	9,7– 13,0	<0,001	12,395	6,14
		71,5 (6,7)	59,8– 82,4	45,6 (3,8)	40,6– 54,4			5,06– 7,22

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

Taula 34. EEmax pes segons els grups de rol.

		Prova de 20 m		Prova de Joc simulat		Valor de p	Valor de t	Diferència IC (95%)
		\bar{x} (s)	Rang	\bar{x} (s)	Rang			
EEmax pes (kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹) (kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	<i>Guards</i>	16,3 (1,4)	13,2– 17,8	11,1 (1,2)	9,6– 13,0	<0,001	16,138	5,26
		68,2 (5,9)	54,4– 74,5	46,4 (5,0)	40,2– 54,4			4,56– 5,97
	<i>Forwards</i>	16,2 (2,9)	10,1– 19,7	10,0 (1,1)	8,1– 11,5	<0,001	7,812	6,21
		67,8 (12,1)	42,3– 82,4	41,8 (4,6)	33,9– 48,1			4,44– 7,98
	<i>Centers</i>	14,6 (2,9)	10,8– 19,2	9,8 (1,6)	7,0– 11,3	0,002	5,849	4,83
		61,1 (12,1)	45,2– 80,3	41,0 (6,7)	29,3– 47,3			2,71– 6,95

Valors expressats com a mitjana (\bar{x}) i desviació estàndard (s). Entre parèntesi es mostren els valors mínims i màxims (Rang). Es mostren els valors d probabilitat d'error de tipus I (p), de l'estadístic (t) i l'interval de confiança del 95% per a la diferència.

La EEmax pes per a la prova de 20 m, va ser més elevada que durant la prova de joc simulat, tant en les anàlisis per nivell, com per rol.

6.5. Discussió

Els resultats analitzats per a tots els individus indiquen majors nivells de resposta –en les diferents variables– en la prova de 20 m comparada amb la prova de joc simulat.

Respostes cardiovasculars

Com s'ha comentat anteriorment, la prova de 20 m mostra una major FCmax per a la totalitat dels individus comparada amb la prova de joc (189 bpm vs. 181 bpm), propera al valor fix de 194 bpm proposat per Verschuren, Maltais i Takken (2011) i en consonància amb d'altres estudis (Ahmaidi, Collomp, Caillaud i Prefaut, 1992; Cadenas-Sanchez i al., 2014; Verschuren i al., 2011; Voss i Sandercock, 2009). És cert però, que en determinades dinàmiques intermitents, especialment de caràcter controlat –tipus test–, si s'han enregistrat respostes màximes de la FC (Castagna, Impellizzeri i al., 2006; Castagna, Manzi, Impellizzeri, Weston i Barbero Alvarez, 2010; Krstrup i al., 2006). En les comparacions per nivell, en el grup internacionals no es troben diferències significatives, tot i que s'observa la mateixa tendència ($p = 0,076$). Atenent a les comparacions per rol de joc, només en el cas dels *centers* no es constaten aquestes diferències. Aquest fet probablement es deu a la grandària insuficient de la mostra per aquest grup i a la variabilitat interindividual que no permet ni establir un patró de normalitat en la mostra, ni trobar diferències estadísticament significatives. En les altres dues posicions –*guards* i *forwards*– les diferències entre ambdues proves, semblen consistents a favor de la prova de 20 m.

Delextrat i Kraiem (2013), troben ja menors valors de FC en el joc de basquetbol modificat –dinàmica de 3 contra 3– comparat amb els altres dos rols.

Resposta ventilatòria

La resposta ventilatòria es comporta de forma similar a les altres variables. La $\bar{V}E_{max}$ mesurada en la prova de 20 m és significativament major que en la prova de joc simulat tot i que es situa a un 88,5% del valor màxim, resultats que estan amb consonància amb d'altres estudis que han utilitzat esports d'equip o dinàmiques intermitents (Aziz i al. , 2000; Berthoin, Baquet, Dupont i Van Praagh, 2006; Michalsik, Madsen i Aagaard, 2014). Sembla doncs que la $\bar{V}E_{max}$ com a mesura respiratòria depenent de la intensitat de l'exercici, tampoc es situa en un nivell maximal en la prova de joc simulat tot i que s'ha demostrat que en una dinàmica intermitent molt intensa i controlada, si es pot assolir una resposta maximal (Andersen, Andersen, Andersen i Anderssen, 2008; Bravo i al. , 2007; M. Buchheit i al., 2009; M. Buchheit i al. , 2012; Castagna, Impellizzeri i al. , 2008; Clarke, Presland, Rattray i Pyne, 2014; Fargeas-Gluck i Leger, 2012; Krstrup i al. , 2003; Krstrup, Mohr, Ellingsgaard i Bangsbo, 2005; Metaxas i al. , 2005; Randers i al., 2013)

Resposta metabòlica

Les anàlisis del valor $\dot{V}O_2max$ i $\dot{V}O_2max$ joc per als jugadors júnior de basquetbol, revelen diferències entre la prova de 20 m i la prova de joc

simulat a favor de la primera. La prova de 20 m ha estat dissenyada per assolir un valor de $\dot{V}O_2$ màxim (Leger i Gadoury, 1989; Leger i al. , 1984; Leger i al. , 1988). S'ha demostrat també que les variables temps i distància –relacionades intrínscament– augmenten amb el $\dot{V}O_2$ durant una prova amb canvis constants de sentit com ara la utilitzada en aquest estudi (Zamparo, Zadro, Lazzer, Beato i Sepulcri, 2014).

Quan es compara per nivell, el $\dot{V}O_{2max}$ en la prova de 20 m és major en ambdós grups internacionals i no internacional. En el pla aeròbic, podem establir que els jugadors d'ambdós nivells durant el joc del basquetbol, no assoleixen valors de $\dot{V}O_{2max}$. No obstant, la dinàmica intermitent del basquetbol assoleix tant en les comparacions per nivell com per rol, valors de $\dot{V}O_2$ superiors al 85% del $\dot{V}O_{2max}$, indicant la exigència aeròbica del joc.

Si s'atén al rol de joc, observem les mateixes diferències. Excepcionalment en el grup de *centers* no es troben diferències significatives, tot i que s'observa una tendència a favor de la prova de 20 m ($p = 0,069$). Com ja hem comentat anteriorment, la baixa mostra en aquest grup ($n = 6$), comporta una baixa potència (0,387) el que pot induir a un error de tipus II. Hem de recomanar acceptar la manca de diferències en aquest grup amb cautela.

Resposta bioenergètica

Les diferències en la despesa energètica màxima entre les dues situacions, també son evidents. La prova de 20 m demostra assolir consums energètics

màxims molt més elevats que el joc simulat. Tant si tenim en compte la totalitat dels jugadors, com els diferents grups de nivell o rol, els resultats son els mateixos. Una prova contínua maximal de durada comparable a la pràctica d'un esport intermitent de caràcter intens, sembla sol·licitar més despesa energètica (Ainsworth i al. , 1993; Boyle i al. , 1994; Zamparo i al. , 2014).

6.6. Conclusions

Les dades obtingudes semblen confirmar que la prova de 20 m imposa una sol·licitació cardiorespiratòria màxima, per sobre la requerida pel joc simulat intermitent durant ≈ 15 min. No s'han trobat diferències en el grup de *centers* en la FCmax i el $\dot{V}O_2$ possiblement, per la baixa grandària de la mostra en aquest grup. Només la FCmax joc sembla propera a la FCmax en els internacionals possiblement, degut a una major implicació en el joc. Aquest resultat no ve acompanyat d'altres com el $\dot{V}O_2$, indicant que en la dinàmica intermitent no manté la correspondència lineal entre FC i $\dot{V}O_2$ corroborada en els tests continus i incrementals.

Tot i les evidents diferències en la dinàmica de les dues proves, és la primera constatació de que la prova de 20 m, utilitzada sovint per la valoració de jugadors de basquetbol, elicitava respostes fisiològiques d'un grau major d'intensitat que el joc simulat. Tanmateix, aquesta prova permet valorar paràmetres de rellevància en el joc de basquetbol, com ara el $\dot{V}O_{2max}$ i els LiV_1 i LiV_2 .

7. Validesa de l'estimació de les demandes bioenergètiques durant el joc en base a la freqüència cardíaca

7.1. Introducció

En les últimes dècades la utilització de la FC com a indicador de la intensitat de l'esforç ha estat molt difosa tant en l'àmbit de la recerca com en el del control de l'entrenament (Ben Abdelkrim i al. , 2007; Coleman i al. , 1974; López Calbet i López Calbet, 1997; Manzi i al., 2010; McInnes i al. , 1995; Rodríguez-Alonso i al. , 2003; Smith i Thomas, 1991; Vaquera i al. , 2008). D'altra banda, el valor del $\dot{V}O_2$, és un dels paràmetres fisiològics més rellevants en l'activitat física i l'esport (ACSM, 2001). Això es deu, fonamentalment, a la relació aproximadament lineal que es troba entre la intensitat d'esforç (i valors relacionats com el $\dot{V}O_{2max}$) i la FC.

Nombrosos estudis han descrit les freqüències màximes i mitjanes durant el joc del basquetbol (Apostolidis i al. , 2004; Bell i al. , 1994; Crisafulli i al. , 2002; Ghosh i al. , 1987; Gocentas i Andziulis, 2004; Hakkinen, 1993; Haritonidis i al. , 2004; Rodríguez Alonso, 1997; Rossi i al. , 1984; Sallet i al. , 2005; Tessitore i al. , 2006). Alguns investigadors, aprofitant la facilitat de mesura de la FC amb un pulsòmetre, han enregistrat els valors durant el joc o la pràctica simulada. Amb una prova maximal al laboratori i calculant la relació lineal esmentada, podem extraure valors de $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, zones metabòliques i d'altres indicadors. Així s'efectuen les primeres aproximacions a les demandes cardiorespiratòries del joc real.

No obstant, el joc real manté una sèrie de característiques diferents dels esforços de les proves típics de laboratori (cinta rodant o cicloergòmetre) (McInnes i al., 1995). Davant aquesta situació, podem pensar que la sol·licitació de la FC es produeixi per mecanismes diferents que els de les proves de laboratori (incrementals, constants i cíclics). Narazaki, Berg i al. (2009) en un estudi similar, troben una alta correlació entre el $\dot{V}O_2$ max, mesurat en un tapis rodant, i el patró actiu de moviments que analitzen en vídeo, i una correlació moderada entre aquest $\dot{V}O_2$ max amb el $\dot{V}O_2$ mesurat en joc .

La intenció del present estudi ha estat aprofundir en aquesta relació, mitjançant l'anàlisi de les dades ventilatòries, cardiovasculars i bioenergètiques obtingudes durant el joc (capítol 4), i en una prova incremental on es combinen diferents tipus d'accions motrius – acceleracions, deceleracions i canvis de sentit, capítol 5–.

7.2. Objectius

- Valorar la validesa de l'estimació del $\dot{V}O_2$ durant el joc del basquetbol en base a la relació FC– $\dot{V}O_2$ durant una prova específica de joc simulat.
- Valorar la validesa de l'estimació del $\dot{V}O_2$ durant el joc del basquetbol en base a la relació FC– $\dot{V}O_2$ durant una prova inespecífica (prova de 20 m).

7.3. Material i mètode

7.3.1. Subjectes

En l'estudi van participar 30 jugadors júnior d'alt nivell. Les seves característiques i criteris d'inclusió han estat descrits amb anterioritat al punt 4.3.

7.3.2. Disseny

Els subjectes van completar dues proves: una específica de joc (prova de joc simulat, descrita al punt 4.3) i una prova genèrica de tipus progressiu i màxim (prova de 20 m, descrita al punt 5.3).

En primer lloc es van calcular les equacions de regressió lineal entre la FC i el $\dot{V}O_2$ en cadascuna de les proves ($\dot{V}O_2 = f[FC]$). En segon lloc es van calcular, utilitzant aquestes dues equacions, els valors predits de $\dot{V}O_2$ durant el joc en base a la FC enregistrada durant el mateix període de temps.

$$\dot{V}O_2 \text{ predit} = FC \text{ joc} * a \text{ (pendent de la recta)} + b \text{ (punt de tall en l'eix Y)}$$

Un cop obtingut el $\dot{V}O_2$ predit per a cada interval es va comparar amb el $\dot{V}O_2$ realment mesurat. D'aquest conjunt de comparacions, se n'obté la capacitat de cadascuna de les proves, per predir mitjançant la FC el $\dot{V}O_2$ durant el joc.

De la mateixa manera es va estimar la despesa energètica durant el joc en base a la FC, segons:

$EE_{\text{joc}} (\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = FC_{\text{joc}} * a$ (pendent de la recta) + b (punt de tall en el eix Y)

Les característiques de la prova de joc han estat descrites al punt 4.3, i les de la prova de 20 m al punt 5.3.



Figura 40. La prova de 20 m és maximal i fins a l'esgotament

7.3.3. Material

Per al desenvolupament de les proves de valoració, es va utilitzar el material descrit amb anterioritat als punts 4.3 i 5.3. Per a aquest estudi en específic no es va precisar cap material addicional.

7.3.4. Variables d'estudi

Terme	Definició	Unitats
EEpes	Despesa energètica en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
EĒpes	Despesa energètica mitjana en qualsevol activitat relativa al pes	kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ ; kJ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹
FC20m	FC enregistrada en qualsevol moment de la prova de 20 m	Bpm
FCjoc	FC enregistrada en qualsevol moment de la prova de joc	Bpm
VO ₂	Total del O ₂ utilitzat pel processos metabòlics per unitat de temps	mL·min ⁻¹ ; MET (3,5 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
VO ₂ 20m	VO ₂ enregistrat durant qualsevol moment de la prova de 20 m	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹
VO ₂ joc	VO ₂ enregistrat durant qualsevol moment de la prova de joc	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹
VO ₂ joc mesurat	VO ₂ enregistrat durant qualsevol moment de la prova de joc directament	
VO ₂ joc predit	VO ₂ predit a partir de la FC en qualsevol moment de la prova de joc	

7.3.5. Anàlisi de dades i estadística

Per a l'anàlisi estadística hem utilitzat diversos programes informàtics: Excel 2010, SigmaStat 3.5.

Un cop calculades les dues regressions lineals, s'obtingueren els següents estadístics: coeficient de correlació lineal de Pearson (r), coeficient de determinació (R^2), l'error estàndard d'estimació (EEE) i probabilitat d'error de tipus I (p).

Així mateix es va elaborar una regressió FC- $\dot{V}O_{2joc}$ per obtenir una recta predictiva del $\dot{V}O_2$ a partir de la FC i una altra FC-EEjoc.

Conjuntament a les gràfiques predictives de consum d'oxigen, es presenten dos diagrames de Bland-Altman (diagrames de diferència). En el primer es pot observar la diferència de cada parell de valors respecte la línia d'identitat, la mitjana de la diferència entre cada parell de valors i l'interval de confiança del 95% ($\pm 1,96 * \text{desviació estàndard}$). En el segon, es va fer la transformació logarítmica de cada valor per permetre l'observació de les diferències en relació a la magnitud de mesura.

7.4. Resultats

Els valors de $\dot{V}O_2$ mesurats en la prova de joc i els predits segons la regressió individual FC- $\dot{V}O_2$ (Figura 42) durant el joc, van resultar fortament correlacionats ($r = 0,924$; $R^2 = 0,853$; $p < 0,001$; $EEE = 3,33 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

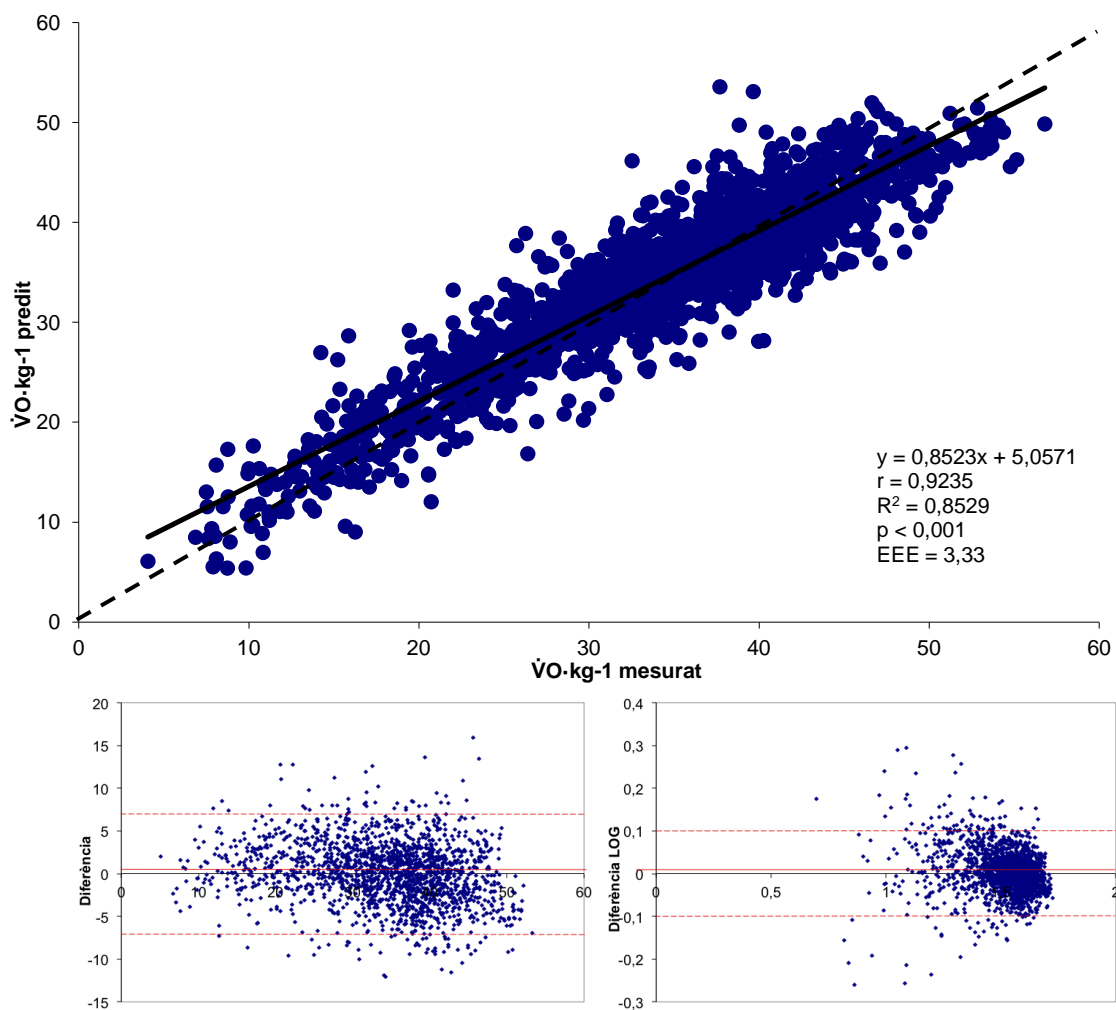


Figura 41. Correlació entre el $\dot{V}O_2\text{-kg}^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de subjectes (n=30). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.

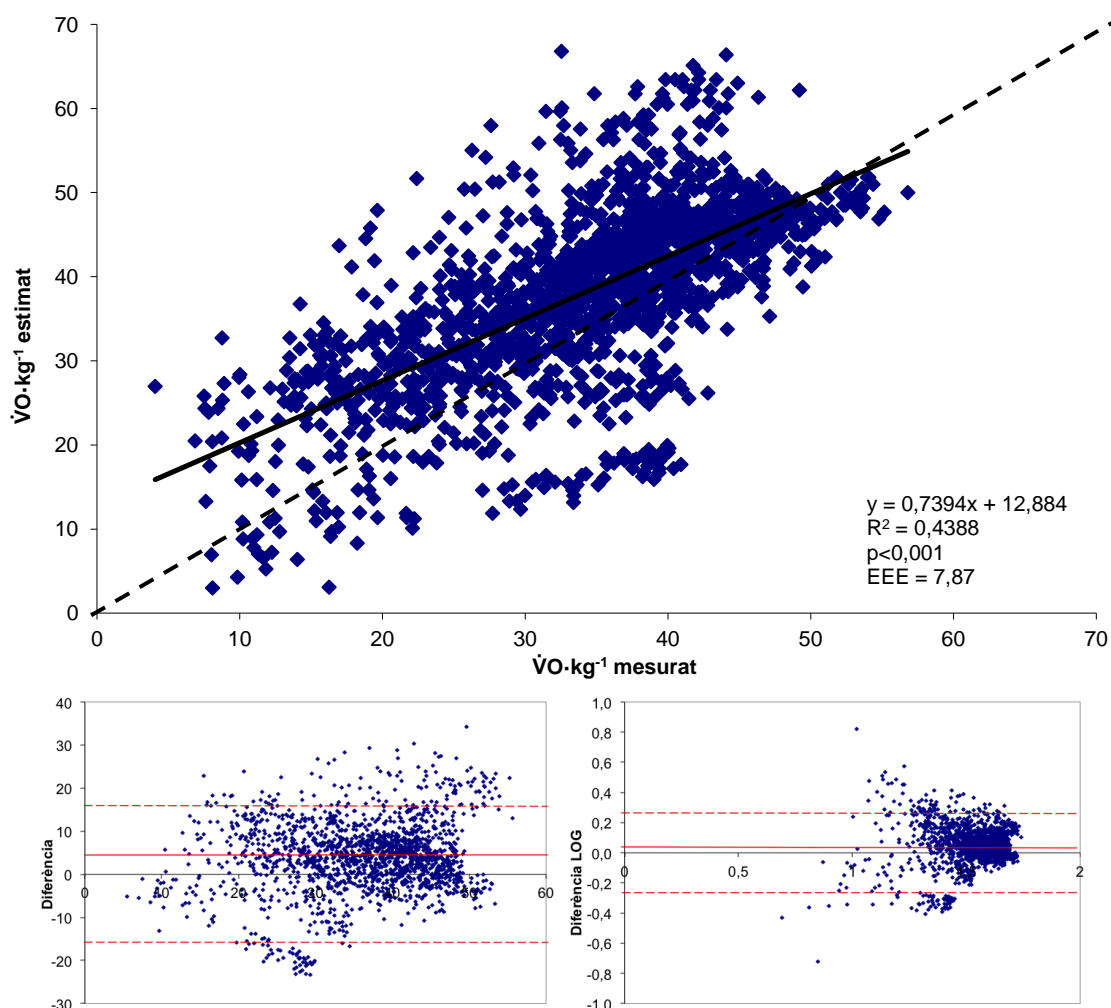


Figura 42. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ estimat mitjançant la prova de 20 m i mesurat en joc). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.

La correlació entre el valor mesurat en joc i la predicció feta a través de la prova de 20 m és $r = 0,662$. La p contrastada amb la prova F per contrastar la independència entre les variables predictor i predita dóna una valor $p < 0,001$ pel que acceptem aquesta independència. L'error estàndard és de $7,87 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ per a la mesura del $\overline{\dot{V}O_2 \text{ joc}}$.

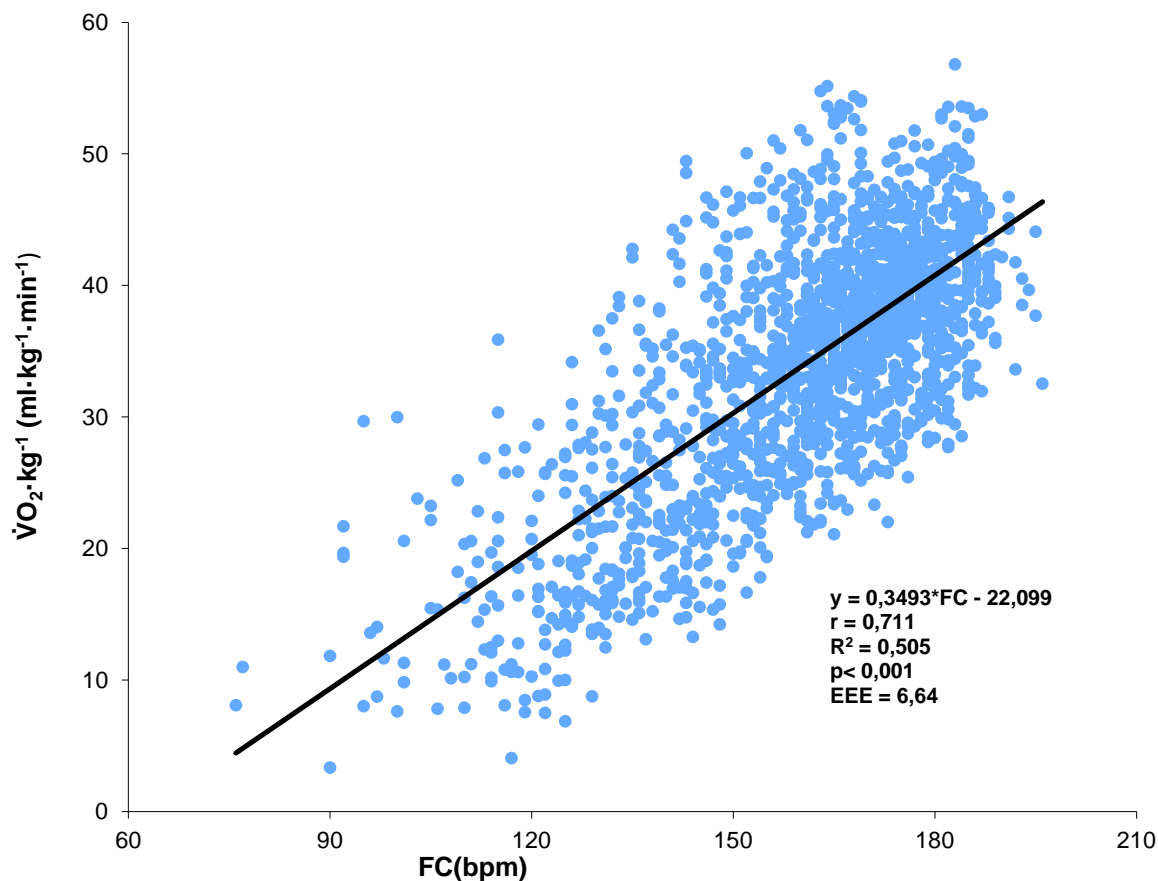


Figura 43. Relació entre la FC i el consum d'oxigen en joc

Entre cada valor FC en joc i els seus valors corresponent de $\dot{V}O_2$ per al conjunt dels jugadors, la correlació que obtenim és de $r = 0,711$. La fórmula predictiva que se'n deriva és $VO = 0,3493 \cdot \text{FC} - 22,099 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ($R^2 = 0,505$).

Les correlacions per grups (nivells i rols), més homogènies pel que fa a factors com ara el nivell de joc i la morfologia, varen ser més elevades (Figures 44–48).

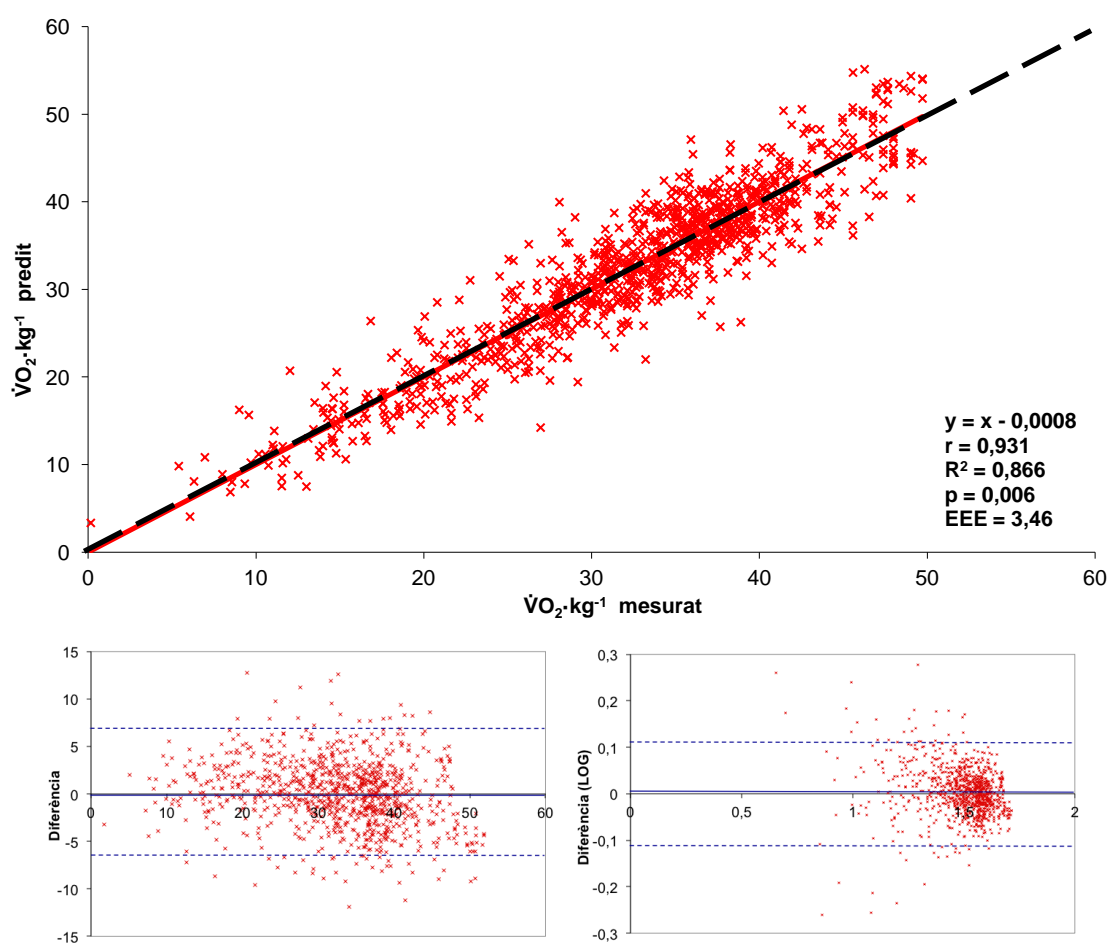


Figura 44. Correlació entre el $\dot{V}O_2$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors no internacionals ($n = 17$). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.

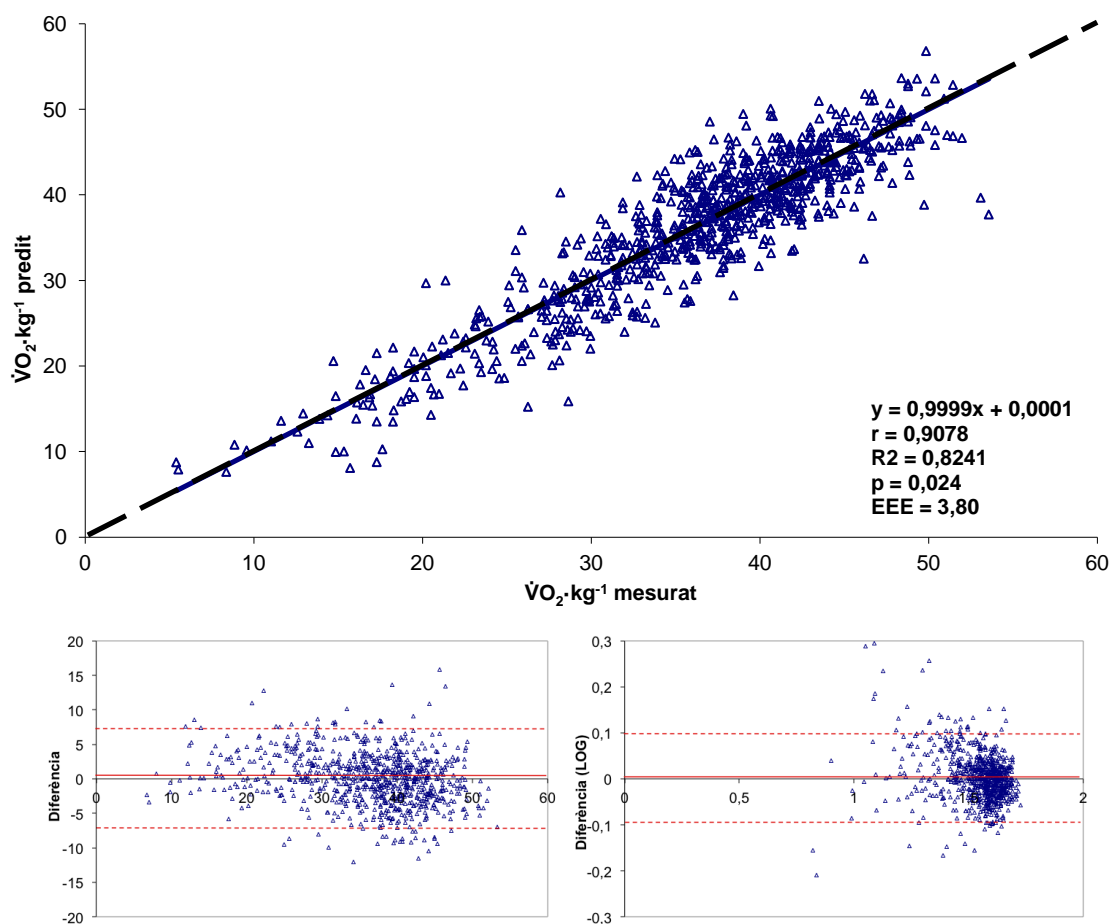


Figura 45. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors internacionals ($n = 13$). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.

En les regressions dels jugadors agrupats per nivell tot i que el EEE va ser similar, la línia de regressió entre ambdues variables va ser molt propera a la línia d'identitat.

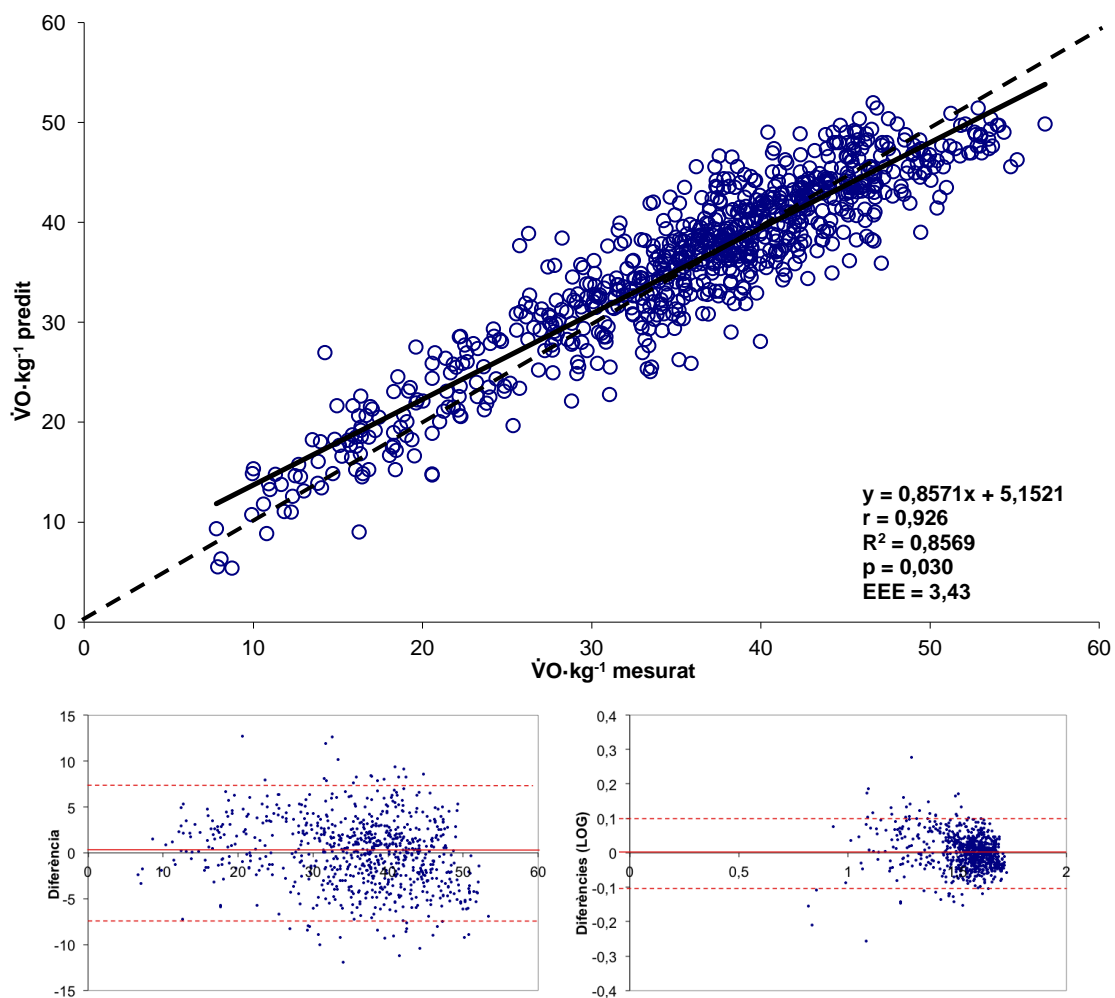


Figura 46. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors *guards* ($n = 13$). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.

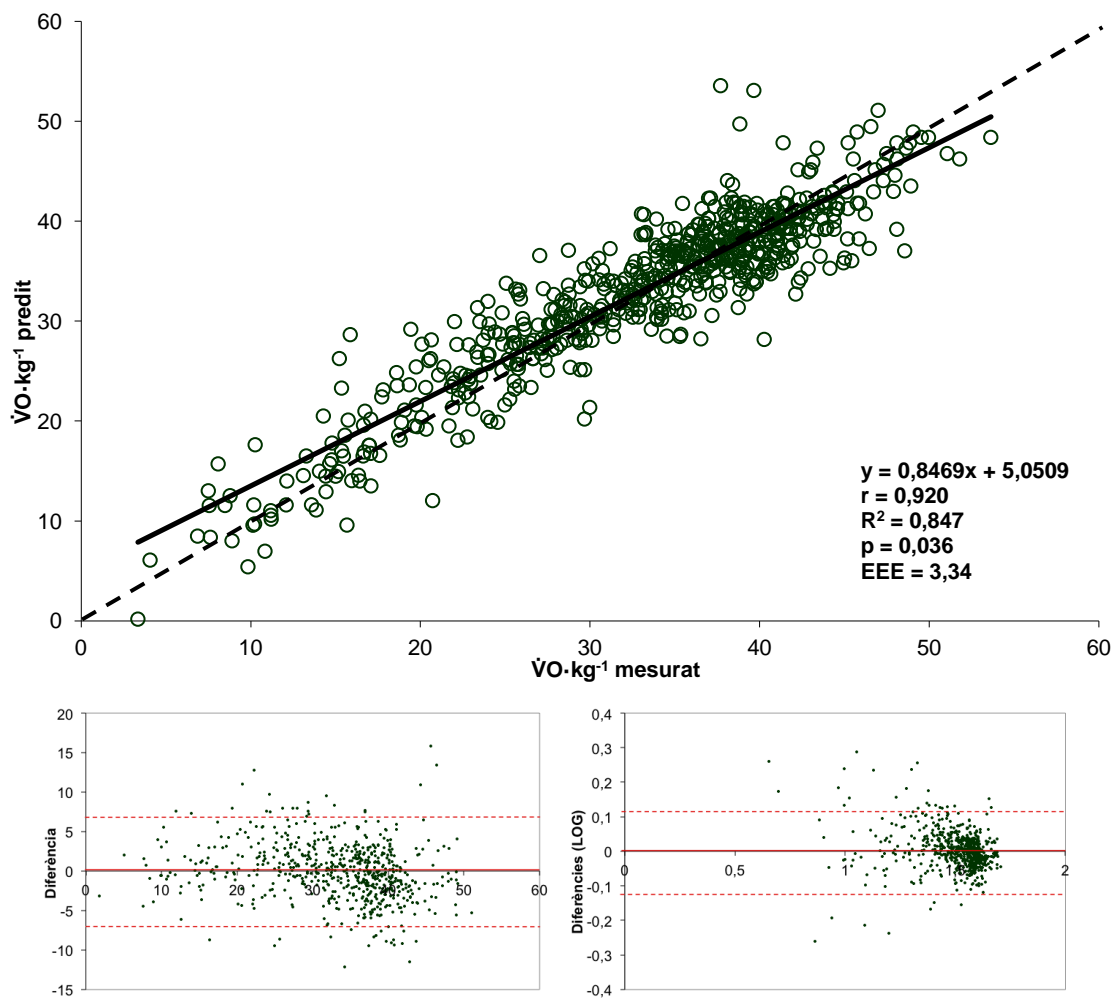


Figura 47. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors *forwards* ($n = 11$). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.

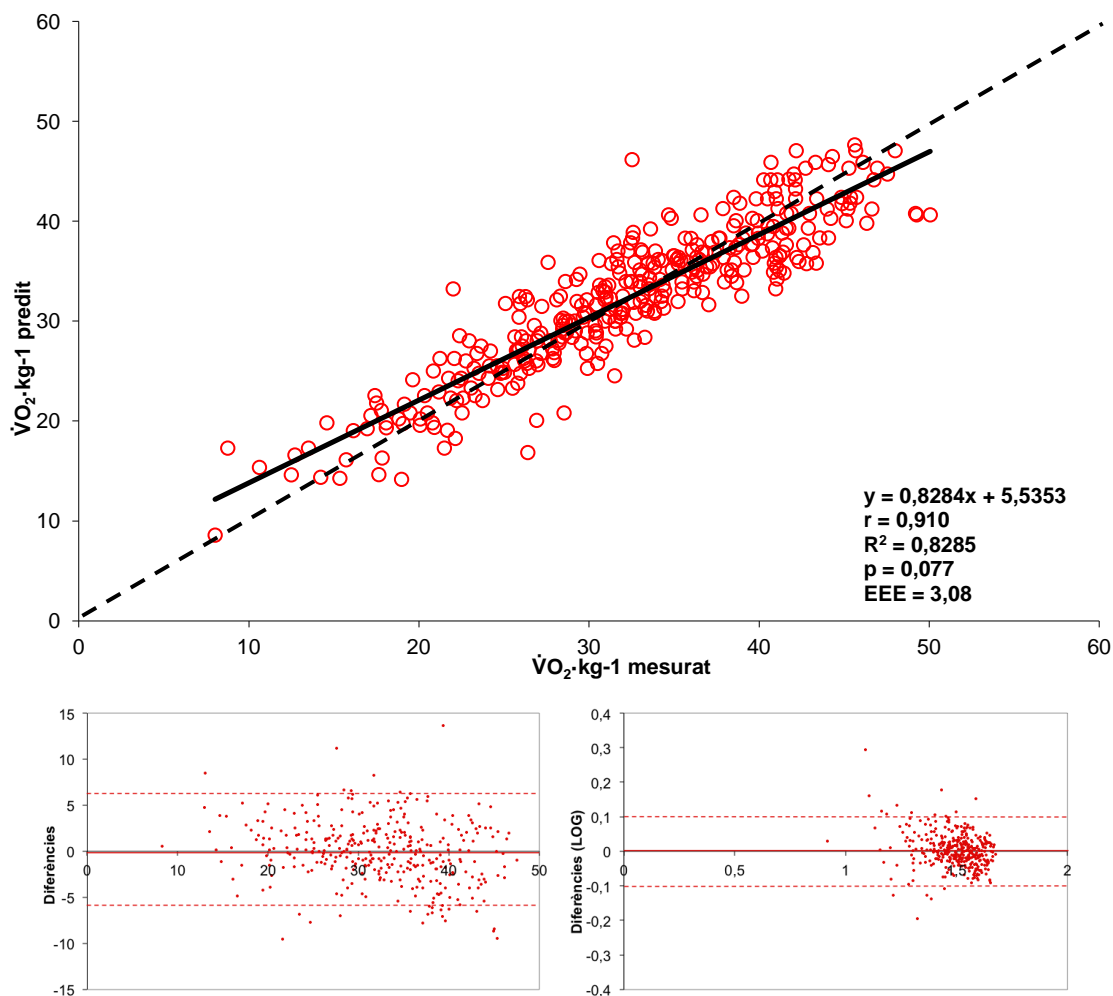


Figura 48. Correlació entre el $\dot{V}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ predit i mesurat en la prova de joc en el conjunt de jugadors *centers* ($n = 6$). Panells inferiors: diagrames de Bland–Altman en escala normal i logarítmica.

La regressió per als jugadors classificats per rols de joc, és a la del conjunt de tots els jugadors amb una correlació molt forta ($r > 0,900$; $R^2 = 0,800$), i amb un error estàndard inferior als $3,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Existeix una desviació respecte a la línia d'identitat que ens fa sobrepredir en els valors més baixos i sotapredir en els més elevats.

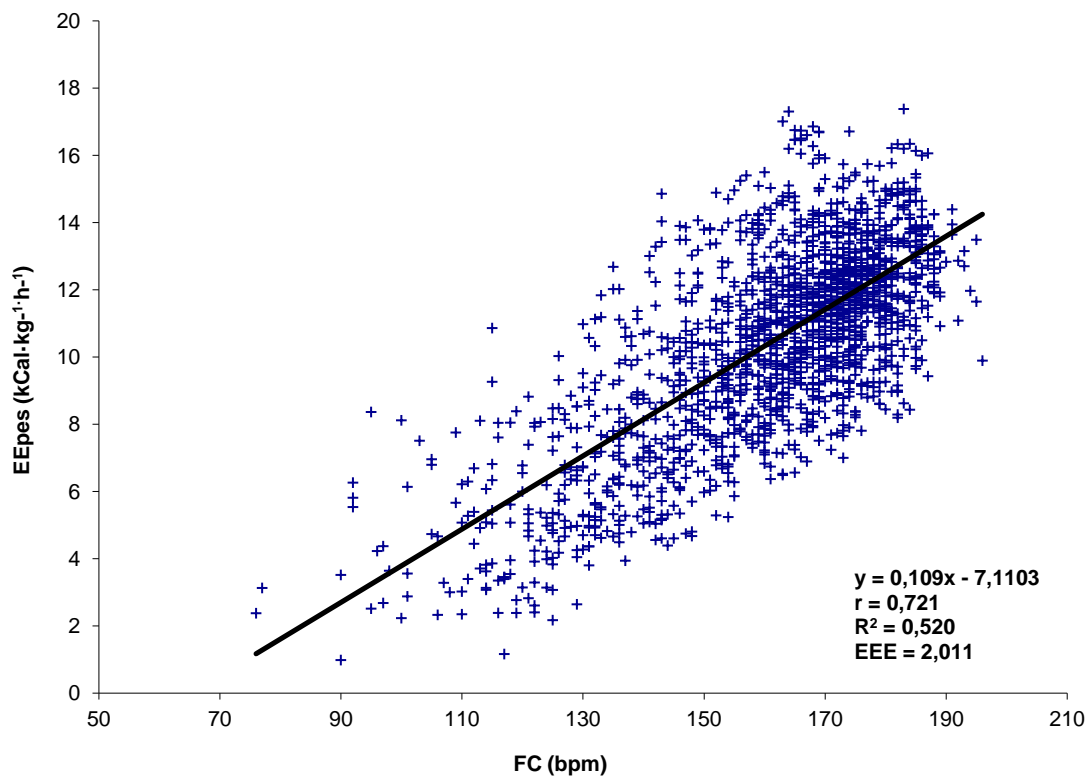


Figura 49. Correlació entre la FC i les demandes bioenergètiques relatives al pes durant el joc simulat

Observem una correlació entre la FC i la EEpes forta ($r = 0,721$) amb una capacitat predictiva moderada ($R^2 = 0,520$). L'error estàndard té un valor elevat de $2,011 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

7.5. Discussió

La freqüència cardíaca és un dels indicadors de càrrega interna utilitzat més sovint en l'entrenament i la recerca (Ahmaidi i al. , 1992; Anderson, 1992; Ballor i al. , 1989; Gocentas i al. , 2005; Hakkinen, 1993; Maffulli, Testa, Lancia, Capasso i Lombardi, 1991; McInnes i al. , 1995; Metaxas i al. , 2005; Stickland i al. , 2003). La forta relació amb la intensitat de l'exercici, la facilitat de mesura i l'economia d'ús han popularitzat el seu estudi i les diverses aplicacions pràctiques pel treball de camp. Un dels seus usos més importants és el de la predicció del $\dot{V}O_2$ degut a la relació lineal o quasi-lineal entre els dos paràmetres (Baiget, 2008; Y. Fujihara, J. Hildebrandt i J. R. Hildebrandt, 1973; Y. Fujihara, J. R. Hildebrandt i J. Hildebrandt, 1973; Iglesias, 1997; Margaria, Aghemo i Rovelli, 1965; Nupp i Morehouse, 1967). Molts autors consideren que la relació FC- $\dot{V}O_2$, és una eina vàlida per monitoritzar les activitats físiques i esportives (ACSM, 2001; Firstbeat Technologies, 2005; Smolander, Ajoviita, Juuti, Nummela i Rusko, 2011; Smolander i al., 2008). En activitats intermitents com el basquetbol, en comparació amb altres mètodes com els acceleròmetres o la percepció de l'esforç (RPE), la FC es considera un bon predictor (Borresen i Lambert, 2008; Coe i Pivarnik, 2001; Scribbans i al. , 2014). Recentment, Scribbans, Berg, Narazaki, Janssen i Gurd (2015), elaboren tres regressions per establir la relació FC- $\dot{V}O_2$ a través de tres tipus d'exercici, continu d'intensitat constant, intervàlic moderat i intervàlic intens, totes elles en cicloergòmetre, per poder estudiar la seva aplicació en basquetbol i voleibol. Conclouen que les primeres en els exercicis constant i intervàlic moderat les equacions prediuen bé, mentre que en l'equació provinent de l'exercici

intervàlic intens sotaestima. Cal remarcar però que la mostra són subjectes físicament actius –tant homes com dones–, i no molt especialitzats en la tasca a realitzar. També hem de remarcar la diferència entre el ciloergòmetre on la motricitat es desenvolupa d'una forma diferent al tests de cursa –pista o cinta rodant– on la motricitat és més similar als esports com el basquetbol.

Hem fet dues determinacions per validar el seu ús en la predicció del $\dot{V}O_2$ durant el joc. Comparant la relació FC– $\dot{V}O_2$ en el joc en cada individu, i obtenint l'equació de predicció individual, un cop agrupades totes en una matriu, obtenim una correlació molt forta entre les dues variables ($r=0,924$). La recta resultant es situa pràcticament a la línia d'identitat, amb una lleugera desviació en els extrems de la distribució, negativa en el rang més elevat i positiva en els valors més baixos. La correlació passa a ser moderada ($r = 0,662$) quan la predicció es fa en base a la relació FC– $\dot{V}O_2$ en una prova maximal com la prova de 20 m. En aquest cas la recta resultat sobreestima els valors mesurats en gairebé tot el rang de valors com era d'esperar, en tant que és ben conegut que l'exercici intermitent d'alta intensitat sol·licita nivells de FC diferents a un exercici continu de tipus incremental (Balsom i al. , 1992a; Casas, 2008; Desgorces i al. , 2007; Lemmink i Visscher, 2006; Scribbans i al. , 2015; Tabata i al. , 1997; Tomlin i Wenger, 2001, 2002). Aquestes diferències es produeixen per la dinàmica intermitent amb esforços de diversa intensitat, sense recuperacions complertes (Tabata i al. , 1997). D'altra banda, els moviments dels braços en el joc, com la deriva cardiovascular (*cardiovascular drift*) també influeixen en la resposta de la FC (Paterson i Whipp, 1991; Tumilty, 1993).

Altres autors, consideren la inclusió de les fases d'activació i recuperació de la cinètica d'O₂ com a fonamentals per augmentar la capacitat predictiva de la relació FC- $\dot{V}O_2$ (Firstbeat Technologies, 2007; Pulkkinen, Kettunen, Martinmaki, Saalasti i Rusko, 2004). Els EEE de sengles proves es situen en 3,3 mL·kg⁻¹·min⁻¹ i 7,9 mL·kg⁻¹·min⁻¹, per sobre del valor de 2,9 mL·kg⁻¹·min⁻¹ trobat per Uth, Sorensen, Overgaard i Pedersen (2004).

Narazaki i al. (2008) troben una correlació moderada ($r = 0,673$) entre els valors mesurats de $\dot{V}O_2$ max en cinta rodant i de $\bar{V}O_2$ joc. Aquests valors són similars als del present estudi ($r = 0,638$), i també a la predicció del $\dot{V}O_2$ mitjançant la FC el que fa pensar que la FC, té un valor acceptable de predicció.

Les equacions de regressió per cadascun dels grups de l'estudi (rols i nivell), són les que obtenen un major nivell de predicció individual que, en tots els casos, és la calculada en base als valors obtinguts en la prova de joc. Tal com era d'esperar, els resultats milloren lleugerament pel conjunt de jugadors de cada grup, amb correlacions molt fortes ($r > 0,9$) i amb EEE que en cap cas els 4 mL·kg⁻¹·min⁻¹.

No s'han trobat altres estudis que utilitzin la regressió en joc per emprar la relació FC- $\dot{V}O_2$ com a predictor del $\dot{V}O_2$ durant el joc real. Sembla que la FC, en una regressió individual, pot predir molt bé el $\dot{V}O_2$ en jugadors de basquetbol júnior d'alt nivell. L'equació de regressió per al conjunt de tots els subjectes –sense la individualització prèvia–, amb l'objectiu d'estimar el FC- $\dot{V}O_2$ max en mostres comparables és: $\dot{V}O_2 = 0,3493 \cdot FC - 22,099$ mL·kg⁻¹·min⁻¹

$1 \cdot \text{min}^{-1}$. Aquesta recta tindria una capacitat predictiva moderada ($R^2 = 0,505$), amb un error d'estimació considerable ($EEE = 6,64 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), encara que menor que el que presenta l'estimació des d'una prova genèrica com és la prova de 20 m ($EEE = 7,78 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). En aquest cas es demostra que la predicció amb l'equació resultant en una prova de joc, és millor que quan s'utilitza una prova maximal progressiva (en aquest cas la prova de 20 m). Des d'un punt de vista d'economia de medis i temps, podem utilitzar la present equació com a predictora en jugadors júnior d'alt nivell, sabent que comporta un error mitjà aproximat d'un 12%, menor que l'ús d'una prova genèrica com la prova de 20 m.

Finalment s'ha elaborat una regressió que permet predir amb una precisió considerable la despesa energètica per al joc simulat. La calorimetria indirecta és un mètode contrastat i més ben considerat que les equacions predictives per a grans poblacions i activitats diverses o els qüestionaris d'activitat (Ballor i al. , 1989; Pulkkinen, Saalasti i Rusko, 2005; Santos i al., 2013; Scribbans i al. , 2014). És reconeguda la necessitat de disposar de regressions per a poblacions específiques –i activitats específiques– per augmentar la seva validesa (Firstbeat Technologies, 2007). La despesa energètica pot ser estimada d'una manera acurada a través de la FC (Pulkkinen i al. , 2005; Scribbans i al. , 2015), encara que alguns autors troben errors moderats en els seus treballs del 6–13% (Montgomery i al., 2009). La despesa energètica de l'activitat esportiva és fonamental per establir pautes alimentàries i de recuperació dels esportistes. En el cas presentat la correlació FC–EE és forta ($r > 0,7$), i l'EEE moderat ($2,01 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Scribbans, Berg, Narazaki, Janssen i Gurd (2015) han

trobat una bona relació FC-EE aplicable al basquetbol, mitjançant dues proves en cicloergòmetre, una de intensitat constant i l'altra intervàlica d'intensitat moderada, no obstant la seva mostra son individus físicament actius –no jugadors de basquetbol– i comprèn tant homes com dones. No s'han trobat altres recerques similars aplicables al basquetbol de competició, per la qual cosa no s'han pogut efectuar comparacions en poblacions similars. Com s'ha comentat en l'apartat 4.5 la present recerca estableix majors valors per al basquetbol que els observats amb anterioritat, amb altres metodologies (Ainsworth i al. , 1993). Amb l'equació de regressió proposada es fa un pas endavant en el càlcul de les necessitats del joc del basquetbol de competició i s'aporta coneixement sobre la despesa d'aquest esport.

7.6. Conclusions

Els resultats presentats demostren una validesa elevada de la relació FC– $\dot{V}O_2$ individual, obtinguda en una prova de joc, per l'estimació del $\dot{V}O_2$ durant el joc real. La predicció passa a ser moderada quan es fa en base a la relació FC– $\dot{V}O_2$ obtinguda en una prova genèrica com la prova de 20 m. Tanmateix la capacitat predictiva és superior quan s'utilitzen equacions derivades de l'anàlisi per nivell o per rol de joc, com a conseqüència de la major homogeneïtat de les mostres.

S'aporta coneixement sobre les despeses energètiques del basquetbol en relació al pes, temps i intensitat de l'activitat, derivat d'una recerca en joc simulat en condicions quasi reals i en una mostra de jugadors molt entrenats. Aquesta informació pot ser d'utilitat per a l'aplicació en nutricionistes, preparadors físics i entrenadors d'equips, especialment en períodes on l'activitat és elevada, com poden ser un període preparatori intens, o períodes competitiu de llarga durada com ara una Copa del Món o uns Jocs Olímpics.

Una eina com la FC, amb els medis actuals, és cabdal per a inferir valors de rendiment, fatiga, despesa i d'altres en condicions reals o quasi reals en esportistes d'una manera ràpida, econòmica i força acurada.

8. Conclusions Generals

La present recerca aporta nou coneixement sobre els requeriments fisiològics del joc del basquetbol i de les característiques dels esportistes de categoria júnior d'alt nivell. Les conclusions principals de l'estudi són les següents:

1. Durant el joc simulat els jugadors assoleixen un $\dot{V}O_{2joc}$ proper al $\dot{V}O_{2max}$, amb pics de sol·licitació màxima. La prova de joc es demostra vàlida per estimar els valors de $\dot{V}O_2$ durant el joc real en base a l'equació de regressió individual FC- $\dot{V}O_2$ i el registre de la FC durant el joc real, utilitzant les equacions predictives desenvolupades. Aquest mètode permet estimar aquest important paràmetre en condicions de camp i utilitzant exclusivament mètodes d'enregistrament de la FC (pulsòmetres).
2. Avaluats amb la prova incremental de 20 m, els jugadors de basquetbol júnior mostren un nivell elevat de resistència aeròbica (els llindars ventilatoris 1 i 2 es troben de mitjana al 44,4% i 86,2% del $\dot{V}O_{2max}$ respectivament), tot i que el nivell de potència aeròbica màxima ($\dot{V}O_{2max}$) és de nivell mitjà ($51,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) en comparació amb altres esports, especialment els de resistència. La prova de 20 m presenta una capacitat predictiva moderada del $\dot{V}O_2$ durant el joc real, menor que la prova de joc. S'aporten equacions predictives per a jugadors de basquetbol de categoria junior. L'ús d'aquesta prova i les equacions desenvolupades permeten obtenir informació sobre la capacitat

de rendiment aeròbic dels jugadors amb economia de mitjans i utilitzant una prova d'àmplia difusió. És recomanable, no obstant, l'ús de les equacions més ajustades a les característiques dels jugadors, atès que s'observen diferències significatives entre jugadors en funció del seu rol i nivell.

3. S'aporten dos càlculs originals en l'estudi dels jugadors de basquetbol. Per un costat el càlcul de la càrrega per TRIMPs, basat en el model dels dos llindars ventilatoris, que estudia la càrrega interna de l'exercici. El càlcul dels TRIMPs, tot i que té limitacions derivades del caràcter intermitent de l'esport, és interessant tant per la seva senzillesa i aplicabilitat, com per la seva rellevància a l'hora de valorar la càrrega interna. D'altra banda, l'estudi de la cinètica de l'oxigen ens acostava al coneixement de dos factors importants en els esports intermitents: l'activació i la recuperació. La millora d'aquests elements durà a una implicació menor del sistema anaeròbic per una reducció del dèficit i del deute d'oxigen, amb la consegüent menor acumulació de fatiga i la millora de les condicions per al rendiment. S'entén, que els individus amb una cinètica més ràpida, aconseguiran nivells de rendiment òptim sense penalitzar anaeròbicament en l'activació, i així, inclòs amb valors màxims menors, perllongar el rendiment màxim durant més temps.
4. L'estudi del component anaeròbic en la recuperació (DAO) no s'ha mostrat diferent en caps dels grups, ni per nivell ni per rol, indicant que la contribució anaeròbica a l'exercici maximal es similar en tots els esportistes de la mostra.

5. Comparant les dues proves utilitzades, constata que tot i els pics de sol·licitació major, la prova de joc no és del tot maximal, mentre que la prova de 20 m sí compleix els criteris de maximalitat. No obstant la proximitat dels dos valors (el valor $\dot{V}O_2\text{max}$ joc es situa prop del 90% del valor màxim de $\dot{V}O_2\text{max}$ en la prova de 20 m), suggereix que en certs moments, en funció de la dinàmica del joc, aquest valor pic sigui del 100% del $\dot{V}O_2\text{max}$.

6. Els jugadors de nivell internacional rendeixen més i tenen majors nivells de $\dot{V}O_2\text{max}$ i de despesa energètica en ambdues proves. Sugerim que la prova de 20 m pot ser adequada per ajudar a seleccionar subjectes amb una major capacitat de rendiment físic. En funció del rol de joc, el grup de *guards*, presenten els majors nivells de potència aeròbica, molt probablement per la major exigència física de la seva funció dins l'equip. Per la mateixa raó, el menor rendiment el mostren el grup de *centers*. Els *forwards*, en canvi, són els jugadors amb un nivell més elevat de resistència aeròbica (LiV_1 i LiV_2 situats més a prop del $\dot{V}O_2\text{max}$).

7. En definitiva el present treball ha constatat la validesa d'ambdues proves examinades, mostrant les seves aplicacions i limitacions, i definint perfils fisiològics dels jugadors júnior d'alt nivell en el seu conjunt i categoritzats en funció del seu nivell competitiu i el seu rol de joc.

9. Limitacions, aplicacions i perspectives futures de recerca

En primer lloc hem de destacar les limitacions que presenta el present estudi i la metodologia emprada. En primer lloc, l'estudi i la metodologia emprats són de difícil aplicació degut a la gran quantitat de mitjans necessaris, especialment, en quant al nombre de participants –jugadors, entrenadors, àrbitres i tècnics–, per obtenir una mesura. L'aportació de equacions per la seva aplicació en poblacions similars permet poder, amb menys mitjans, l'estudi en altres jugadors de basquetbol. Hem d'assenyalar també que les valoracions realitzades incideixen sobre factors de càrrega interna, mentre que els factors de càrrega externa no han estat estudiats. Per últim, esmentar l'especificitat de la població utilitzada en aquest estudi, que comprèn jugadors de basquetbol, de sexe masculí, de categoria júnior i nivell estatal.

Com a aplicacions per a l'entrenament hem de ressaltar el disseny de l'entrenament específic per suportar la fatiga produïda per l'activitat intermitent que representa el basquetbol. S'ha estudiat a fons la càrrega interna del sistema respiratori i cardiovascular i podem establir els criteris d'entrenament d'acord a aquests valors. En aquest sentit, es pot dissenyar el procés d'entrenament depenent de la posició de joc o el nivell, coneixent que entre aquests, s'estableixen diferències –com pot ser el consum d'oxigen o la posició dels llindars, i per tant l'afectació interna que produeix el joc–, i que cal considerar en la programació. Degut a la relació establerta entre el consum d'oxigen i la freqüència cardíaca, aquesta valoració es pot realitzar en condicions de joc amb l'ajuda d'un pulsòmetre.

Com a eina per a la programació en els esportistes, també s'ha aportat el càlcul indirecte de la despesa energètica, que és de gran utilitat en aquells equips que s'enfrontaran a un període d'entrenament intens o un torneig i que requereixen d'una estratègia de preparació i recuperació adequades, adaptant també la seva preparació nutricional.

Es poden desenvolupar mètodes d'entrenament específics per al basquetbol, on es controlin variables de càrrega interna com la FC, de manera que s'acostin al perfil i valors de competició. Es coneix el perfil del jugador de basquetbol, on es situen les seves zones de transició i anaeròbiques, i quina importància tenen cadascuna durant el joc, de manera que es pot dirigir l'entrenament a reproduir aquestes condicions, o bé a millorar per exemple, la situació dels llindars amb la finalitat d'obtenir un perfil de rendiment més aeròbic i que pugui rendir en bones condicions durant més estona.

Els valors de TRIMPSs obtinguts individualment, així com els de la FC als llindars ventilatoris poden ajudar a tenir un control senzill de la càrrega d'entrenament mitjançant un pulsòmetre, més aproximat que l'entrenament en cinc zones que es proposa en els productes més comercials d'estudi de la freqüència cardíaca. Els temps acumulat d'entrenament en cada zona metabòlica és fonamental per entendre la fatiga produïda per la pràctica esportiva.

En el futur, estudis més avançats sobre la cinètica de consum d'oxigen (activació i recuperació) ajudaran a conèixer la capacitat de l'esportista a

adaptar-se al canvi d'activitat que requereix l'esport intermitent. Poden desenvolupar-se al respecte, proves de valoració específiques per als esports intermitents, i per les seves modalitats que requereixen esforços diferents. Finalment, s'ha d'aprofundir en el coneixement dels diferents nivells (edat i nivell competitiu), com de les posicions de joc i dels sexes, constituint els tres factors de diferenciació claus.

Les futures línies de recerca al voltant de la bioenergètica en el basquetbol –i d'altres esports intermitents– inclourien el disseny de proves genèriques que ens acostin més a la predicció de les diverses variables en el joc a través de la FC. La facilitat de mesura i anàlisi i l'economia del material emprat, així com les noves tecnologies –ara molt populars–, la fan una variable molt interessant per estudiar el basquetbol durant la seva practica i no només a l'esportista en condicions molt genèriques. D'altra banda la proposta d'equacions similars a les presentades en aquesta recerca per a diferents poblacions seria interessant de cara a una economia de medicació i un disseny de l'entrenament més acurat en relació a les variables internes (com afecta l'activitat a l'esportista), que només amb les variables externes com el temps o les repeticions.

Així mateix, és important establir si en diferents grups (professionals, noies, diferents categories per edat...) es donen les mateixes respostes i adaptacions que s'han pogut descriure en la present recerca. Els canvis en les normes que es produeixen periòdicament, poden comportar variació d'aquests valors arran d'una diferent dinàmica del joc.

10. Referències

- Ackland, T. R., Schreiner, A. B. i Kerr, D. A. (1997). Absolute size and proportionality characteristics of World Championship female basketball players. *J Sports Sci*, 15(5), 485-490.
- ACSM (Ed.). (2001). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Ahmaidi, S., Collomp, K., Caillaud, C. i Prefaut, C. (1992). Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *Int J Sports Med*, 13(3), 243-248.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Leon, A. S., Jacobs, D. R. J., Montoye, H. J., Sallis, J. F. i al. . (1993). Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc*, 25(1), 71-80.
- Akubat, I. i Abt, G. (2011). Intermittent exercise alters the heart rate-blood lactate relationship used for calculating the training impulse (TRIMP) in team sport players. *J Sci Med Sport*, 14(3), 249-253.
- Alberton, C. L., Kanitz, A. C., Pinto, S. S., Antunes, A. H., Finatto, P., Cadore, E. L. i al. . (2013). Determining the anaerobic threshold in water aerobic exercises: a comparison between the heart rate deflection point and the ventilatory method. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(4), 358-367.
- Alexiou, H. i Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(3), 320-330.

- Andersen, L. B., Andersen, T. E., Andersen, E. i Anderssen, S. A. (2008). An intermittent running test to estimate maximal oxygen uptake: the Andersen test. *J Sports Med Phys Fitness*, 48(4), 434-437.
- Anderson, G. S. (1992). A comparison of predictive tests of aerobic capacity. *Can J Sport Sci*, 17(4), 304-308.
- Anderson, G. S. i Rhodes, E. C. (1989). A review of blood lactate and ventilatory methods of detecting transition thresholds. *Sports Med*, 8(1), 43-55.
- Andreasen, A., Beam, W. i Adams, G. (1997). Energy system contributions to a treadmill exercise simulating the heart rate response to women's collegiate basketball. *Med & Sci Sports & Exerc*, 29(5), 224.
- Apostolidis, N., Nassis, G. P., Bolatoglou, T. i Geladas, N. D. (2004). Physiological and technical characteristics of elite young basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(2), 157-163.
- Ardá Suárez, T. (1992). Estudio de las capacidades condicionales de futbolistas juveniles. *Rev Ent Dep*, XI(3), 21-26.
- Astrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A. i Stromme, S. B. (Eds.). (2003). *Textbook of work physiology*. Champaign, IL (USA): Human kinetics.
- Aziz, A. R., Chia, M. i Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(3), 195-200.
- Aziz, A. R., Chia, M. Y. i Teh, K. C. (2005). Measured maximal oxygen uptake in a multi-stage shuttle test and treadmill-run test in trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(3), 306-314.
- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y. i Teh, K. C. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance

- performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(4), 401-407.
- Baiget, E. (2008). *Valoració funcional i bioenergètica de la resistència específica en jugadors de tennis*. INEFC-UB, Barcelona.
- Baiget, E., Fernandez-Fernandez, J., Iglesias, X. i Rodriguez, F. A. (2014). Heart rate deflection point relates to second ventilatory threshold in a tennis test. *J Strength Cond Res*.
- Baiget, E., Fernandez-Fernandez, J., Iglesias, X. i Rodriguez, F. A. (2015). Heart rate deflection point relates to second ventilatory threshold in a tennis test. *J Strength Cond Res*, 29(3), 765-771.
- Bale, P. (1991). Anthropometric, body composition and performance variables of young elite female basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 31(2), 173-177.
- Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjodin, B. i Ekblom, B. (1992a). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *Int J Sports Med*, 13(7), 528-533.
- Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjodin, B. i Ekblom, B. (1992b). Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 65(2), 144-149.
- Ballarin, E., Sudhues, U., Borsetto, C., Casoni, I., Grazi, G., Guglielmini, C. i al. . (1996). Reproducibility of the Conconi test: test repeatability and observer variations. *Int J Sports Med*, 17(7), 520-524.
- Ballor, D. L., Burke, L. M., Knudson, D. V., Olson, J. R. i Montoye, H. J. (1989). Comparison of three methods of estimating energy expenditure: caltrac, heart rate, and video analysis. *Res Q Exerc Sport*, 60(4), 362-368.

- Bandyopadhyay, A. (2011). Validity of 20 meter multi-stage shuttle run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students. *Indian J Physiol Pharmacol*, 55(3), 221-226.
- Bangsbo, J., Michalsik, L. i Petersen, A. (1993). Accumulated O₂ deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *Int J Sports Med*, 14(4), 207-213.
- Banister, E. W. i Calvert, T. W. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Can J Appl Sport Sci*, 5(3), 170-176.
- Barbero Álvarez, J. C. i Barbero Álvarez, V. (2003). Relación entre el consumo máximo de oxígeno y la capacidad para realizar ejercicio intermitente de alta intensidad en jugadores de fútbol sala. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, XVII(2), 13-23.
- Barnett, A., Chan, L. i Bruce, I. (1993). A preliminary study of the 20-m multistage shuttle run as a predictor of peak VO₂ in hong kong chinese students. *Ped Exerc Sci*(5), 42-50.
- Bayios, I. A., Bergeles, N. K., Apostolidis, N. G., Noutsos, K. S. i Koskolou, M. D. (2006). Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball and handball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(2), 271-280.
- Beam, W. C. i Merrill, T. L. (1994). Analysis of heart rates recorded during female collegiate basketball. *Med Sci Sports Exerc*(s66).
- Bell, W., Cooper, S. M., Cobner, D. i Longville, J. (1994). Physiological changes arising from a training programme in under-21 international netball players. *Ergonomics*, 37(1), 149-157.

- Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., El Fazaa, S., Tabka, Z. i El Ati, J. (2009). Blood metabolites during basketball competitions. *J Strength Cond Res*, 23(3), 765-773.
- Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S. i El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *Br J Sports Med*, 41(2), 69-75; discussion 75.
- Bergh, U., Sjodin, B., Forsberg, A. i Svedenhag, J. (1991). The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Med Sci Sports Exerc*, 23(2), 205-211.
- Berthoin, S., Baquet, G., Dupont, G. i Van Praagh, E. (2006). Critical velocity during continuous and intermittent exercises in children. *Eur J Appl Physiol*, 98(2), 132-138.
- Billat, V. L., Mille-Hamard, L., Demarle, A. i Koralsztein, J. P. (2002). Effect of training in humans on off- and on-transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs. *Eur J Appl Physiol*, 87(6), 496-505.
- Bishop, D. i Claudius, B. (2005). Effects of induced metabolic alkalosis on prolonged intermittent-sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37(5), 759-767.
- Blanco, J. i de Brito Vidal, J. (2003). Respuestas fisiológicas durante el juego de baloncesto en pre-adolescentes y adolescentes. *Arch Med Deporte*, XX(96), 305-309.
- Bodner, M. E. i Rhodes, E. C. (2000). A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med*, 30(1), 31-46.
- Bodner, M. E., Rhodes, E. C., Martin, A. D. i Coutts, K. D. (2002). The relationship of the heart rate deflection point to the ventilatory threshold in trained cyclists. *J Strength Cond Res*, 16(4), 573-580.

- Boreham, C. A., Paliczka, V. J. i Nichols, A. K. (1990). A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *J Sports Med Phys Fitness*, 30(1), 19-23.
- Borrani, F., Candau, R., Millet, G. Y., Perrey, S., Fuchslocher, J. i Rouillon, J. D. (2001). Is the VO₂ slow component dependent on progressive recruitment of fast-twitch fibers in trained runners? *J Appl Physiol*, 90(6), 2212-2220.
- Borresen, J. i Lambert, M. I. (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol*, 101(4), 503-511.
- Borresen, J. i Lambert, M. I. (2008). Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(1), 16-30.
- Bourgois, J. i Vrijens, J. (1998). The Conconi test: a controversial concept for the determination of the anaerobic threshold in young rowers. *Int J Sports Med*, 19(8), 553-559.
- Boyle, P. M., Mahoney, C. A. i Wallace, W. F. (1994). The competitive demands of elite male field hockey. *J Sports Med Phys Fitness*, 34(3), 235-241.
- Bravo, D. F., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D. i Wisloff, U. (2007). Sprint vs. Interval Training in Football. *Int J Sports Med*.
- Buchheit, M., Al Haddad, H., Millet, G. P., Lepretre, P. M., Newton, M. i Ahmaidi, S. (2009). Cardiorespiratory and cardiac autonomic responses to 30-15 intermittent fitness test in team sport players. *J Strength Cond Res*, 23(1), 93-100.

- Buchheit, M., Hader, K. i Mendez-Villanueva, A. (2012). Tolerance to high-intensity intermittent running exercise: do oxygen uptake kinetics really matter? *Front Physiol*, 3, 406.
- Buchheit, M., Solano, R. i Millet, G. P. (2007). Heart-rate deflection point and the second heart-rate variability threshold during running exercise in trained boys. *Pediatr Exerc Sci*, 19(2), 192-204.
- Bunc, V., Heller, J., Leso, J., Sprynarova, S. i Zdanowicz, R. (1987). Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes. *Int J Sports Med*, 8(4), 275-280.
- Cadenas-Sanchez, C., Alcantara-Moral, F., Sanchez-Delgado, G., Mora-Gonzalez, J., Martinez-Tellez, B., Herrador-Colmenero, M. i al. . (2014). [Assessment of cardiorespiratory fitness in preschool children: adaptation of the 20 metres shuttle run test]. *Nutr Hosp*, 30(6), 1333-1343.
- Calleja, J., Lekue, J. A., Leibar, X. i Terrados, N. (2008). Análisis de la concentración de lactato en competición en jugadores internacionales junior de baloncesto. *Arch Med Deporte*, XXV(123), 11-18.
- Cañizares, S. i Sampedro, J. (1993). Cuantificación del esfuerzo y de las acciones de juego del base en baloncesto. *Clinic*, VI(22), 8-10.
- Carey, D. G., Raymond, R. L. i Duoos, B. A. (2002). Intra- and inter-observer reliability in selection of the heart rate deflection point during incremental exercise: comparison to a computer-generated deflection point. *J Sports Sci Med*, 1(4), 115-121.
- Carreño Clemente, J. A., López Calbet, J. A., Espino Torón, L. i Chavarren Cabrero, J. (1999). Secuencias de juego y condición física en baloncesto. Comparación entre liga ACB y liga EBA. *Rev Ent Dep*, XIII(2), 31-35.

- Carvalho, H. M., Coelho-e-Silva, M. J., Eisenmann, J. C. i Malina, R. M. (2013). Aerobic fitness, maturation, and training experience in youth basketball. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(4), 428-434.
- Casas, A. (2008). Physiology and methodology of intermittent resistance training for acyclic sports. *J Hum Sports Exerc*, 3(1), 23-52.
- Castagna, C., Abt, G., Manzi, V., Annino, G., Padua, E. i D'Ottavio, S. (2008). Effect of recovery mode on repeated sprint ability in young basketball players. *J Strength Cond Res*, 22(3), 923-929.
- Castagna, C., Belardinelli, R., Impellizzeri, F. M., Abt, G., Coutts, A. J. i D'Ottavio, S. (2006). Cardiovascular responses during recreational 5-a-side indoor-soccer. *J Sci Med Sport*.
- Castagna, C., Chaouachi, A., Rampinini, E., Chamari, K. i Impellizzeri, F. (2009). Aerobic and explosive power performance of elite italian regional-level basketball players. *J Strength Cond Res*, 23(7), 1982-1987.
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Belardinelli, R., Abt, G., Coutts, A., Chamari, K. i al. . (2006). Cardiorespiratory responses to Yo-yo Intermittent Endurance Test in nonelite youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 20(2), 326-330.
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., D'Ottavio, S. i Manzi, V. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test in basketball players. *J Sci Med Sport*, 11(2), 202-208.
- Castagna, C., Manzi, V., D'Ottavio, S., Annino, G., Padua, E. i Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *J Strength Cond Res*, 21(4), 1172-1176.

- Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F., Weston, M. i Barbero Alvarez, J. C. (2010). Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(12), 3227-3233.
- Caterisano, A., Patrick, B., Edenfield, W. i Batson, M. (1997). The effects of a basketball season on aerobic and strength parameters among college men: starters vs. reserves. *J Strength Con Res*, 11(1), 21-24.
- Cerretelli, P., Pendergast, D., Paganelli, W. C. i Rennie, D. W. (1979). Effects of specific muscle training on VO₂ on-response and early blood lactate. *J Appl Physiol*, 47(4), 761-769.
- Cetin, C., Karatosun, H., Baydar, M. L. i Cosarcan, K. (2005). A regression equation to predict true maximal oxygen consumption of taekwondo athletes using a field test. *Saudi Med J*, 26(5), 848-850.
- Clarke, A. C., Presland, J., Rattray, B. i Pyne, D. B. (2014). Critical velocity as a measure of aerobic fitness in women's rugby sevens. *J Sci Med Sport*, 17(1), 144-148.
- Cleuziou, C., Perry, S., Borrani, F., Lecoq, A. M., Candau, R., Courteix, D. i al. . (2004). Dynamic responses of oxygen uptake at the onset and end of moderate and heavy exercise in trained subjects. *Can J Appl Physiol*, 29(1), 32-44.
- Coe, D. i Pivarnik, J. M. (2001). Validation of the CSA Accelerometer in Adolescent Boys During Basketball Practice *Pediatr Exerc Sci*, 13(4), 373-379.
- Coleman, A. E., Kreuzer, P., Friedrich, D. W. i Juvenal, J. P. (1974). Aerobic and anaerobic responses of male college freshmen during a season of basketball. *J Sports Med Phys Fitness*, 14(1), 26-31.

- Colli, R. i Faina, M. (1987). Investigación sobre el rendimiento deportivo. *Rev Ent Dep*, 1(2), 3-10.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G., Droghetti, P. i Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, 52(4), 869-873.
- Conconi, F., Grazzi, G., Casoni, I., Guglielmini, C., Borsetto, C., Ballarin, E. i al. (1996). The Conconi test: methodology after 12 years of application. *Int J Sports Med*, 17(7), 509-519.
- Consolazio, C., Johnson, R. i Pecora, L. (1963) *Physiological measurements of metabolic functions in man* (pp. 329-332). New York: McGraw Hill.
- Cormery, B., Marcil, M. i Bouvard, M. (2008). Rule change incidence on physiological characteristics of elite basketball players: a 10-year-period investigation. *Br J Sports Med*, 42(1), 25-30.
- Crisafulli, A., Melis, F., Tocco, F., Laconi, P., Lai, C. i Concu, A. (2002). External mechanical work versus oxidative energy consumption ratio during a basketball field test. *J Sports Med Phys Fitness*, 42(4), 409-417.
- CSD. (2014). Licencias y clubes 2014. Retrieved 21-mar, 2016, from www.csd.gob.es/csd/asociaciones/1fedagclub/03Lic
- Cunningham, D. A., Croix, C. M., Paterson, D. H., Ozyener, F. i Whipp, B. J. (2000). The off-transient pulmonary oxygen uptake ($\dot{V}O_2$) kinetics following attainment of a particular $\dot{V}O_2$ during heavy-intensity exercise in humans. *Exp Physiol*, 85(3), 339-347.
- Cureton, K. J. i Sparling, P. B. (1980). Distance running performance and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentally equated. *Med Sci Sports Exerc*, 12(4), 288-294.

- Cureton, K. J., Sparling, P. B., Evans, B. W., Johnson, S. M., Kong, U. D. i Purvis, J. W. (1978). Effect of experimental alterations in excess weight on aerobic capacity and distance running performance. *Med Sci Sports*, 10(3), 194-199.
- Chia, M., Aziz, A. R., Tan, F. i K.C., T. (2005). Examination of the performances of youth soccer players in a 20-metre shuttle run test and a treadmill run test. *Adv Exerc Sports Physiol*, 11(3), 95-101.
- Christmass, M. A., Dawson, B., Goodman, C. i Arthur, P. G. (2001). Brief intense exercise followed by passive recovery modifies the pattern of fuel use in humans during subsequent sustained intermittent exercise. *Acta Physiol Scand*, 172(1), 39-52.
- Christmass, M. A., Dawson, B., Passeretto, P. i Arthur, P. G. (1999). A comparison of skeletal muscle oxygenation and fuel use in sustained continuous and intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 80(5), 423-435.
- Dal Monte, A., Gallozi, C., Lupo, S., Marcos, E. i Menchinelli, C. (1987). Evaluación funcional del jugador de baloncesto y balonmano. *Apunts*, XXIV, 243-251.
- Davis, J. A. (1995). Physiological assesment of human fitness. In F. C. Maud P. (Ed.). Champagne, IL: Human Kinetics.
- De Yzaguirre, E., Suñé, D., Huelin, F., Dulanto, D. i Gutiérrez, J. A. (2004). El VT2 se encuentra muy próximo al 90% de la frecuencia cardíaca máxima individual. *Apunts Med Esp*(143), 5-9.
- Debray, P. i Dey, S. K. (2007). A comparison of the point of deflection from linearity of heart rate and the ventilatory threshold in the determination of the anaerobic threshold in Indian boys. *J Physiol Anthropol*, 26(1), 31-37.

- Declaration of Helsinki. Recommendations guiding medical doctors in biomedical research involving human subjects. (1976). *Med J Aust*, 1(7), 206-207.
- Delextrat, A. i Kraiem, S. (2013). Heart-rate responses by playing position during ball drills in basketball. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(4), 410-418.
- Demarie, S., Koralsztein, J. P. i Billat, V. (2000). Time limit and time at VO₂max' during a continuous and an intermittent run. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(2), 96-102.
- Demarle, A. P., Slawinski, J. J., Laffite, L. P., Bocquet, V. G., Koralsztein, J. P. i Billat, V. L. (2001). Decrease of O₂ deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. *J Appl Physiol*, 90(3), 947-953.
- Desgorces, F. D., Senegas, X., Garcia, J., Decker, L. i Noirez, P. (2007). Methods to quantify intermittent exercises. *Appl Physiol Nutr Metab*, 32(4), 762-769.
- di Prampero, P. E. i Lafortuna, C. L. (1989). Breath-by-breath estimate of alveolar gas transfer variability in man at rest and during exercise. *J Physiol*, 415, 459-475.
- Drinkwater, E. J. (2006). *Muscular strength, fitness and anthropometry in elite junior basketball players*. Victoria University.
- Drinkwater, E. J., Hopkins, W. G., McKenna, M. J., Hunt, P. H. i Pyne, D. B. (2007). Modelling age and secular differences in fitness between basketball players. *J Sports Sci*, 25(8), 869-878.

- Drinkwater, E. J., Pyne, D. B. i McKenna, M. J. (2008). Design and interpretation of anthropometric and fitness testing of basketball players. *Sports Med*, 38(7), 565-578.
- Duffield, R., Dawson, B., Pinnington, H. C. i Wong, P. (2004). Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. *J Sci Med Sport*, 7(1), 11-22.
- Edg, E. J., Bishop, D., Hill-Haas, S., Dawson, B. i Goodman, C. (2006). Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *Eur J Appl Physiol*, 96(3), 225-234.
- Edwards, A. M., Macfadyen, A. M. i Clark, N. (2003). Test performance indicators from a single soccer specific fitness test differentiate between highly trained and recreationally active soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 43(1), 14-20.
- Elia, M. i Livesey, G. (1988). Theory and validity of indirect calorimetry during net lipid synthesis. *Am J Clin Nutr*, 47(4), 591-607.
- Elia, M. i Livesey, G. (1992). Energy expenditure and fuel selection in biological systems: the theory and practice of calculations based on indirect calorimetry and tracer methods. *World Rev Nutr Diet*, 70, 68-131.
- Estruch, J. (1978). Variaciones del consumo de O₂, determinado por ergo-analizador, según los deportes y el grado de entrenamiento de los atletas. *Apuntes de Medicina del Deporte*, XV(59), 145-152.
- Fargeas-Gluck, M. A. i Leger, L. A. (2012). Comparison of two aerobic field tests in young tennis players. *J Strength Cond Res*, 26(11), 3036-3042.
- Faria, E. W., Parker, D. L. i Faria, I. E. (2005). The science of cycling: physiology and training - part 1. *Sports Med*, 35(4), 285-312.

- Fernández-Rio, J., Rodríguez, M., Terrados, N., Fernández, B. i Pérez-Landaluce, J. (2000). Valoració Fisiologica en jugadores de basquet. *Apunts de medicina de l'esport*(132), 11-17.
- Fernhall, B., Pitetti, K. H., Vukovich, M. D., Stubbs, N., Hensen, T., Winnick, J. P. i al. . (1998). Validation of cardiovascular fitness field tests in children with mental retardation. *Am J Ment Retard*, 102(6), 602-612.
- FIBA. (2008). *Reglamento oficial 2008*. Madrid: FEB.
- Firstbeat Technologies, L. (2005). VO2 Estimation Method Based on Heart Rate Measurements. Retrieved 12-oct, 2014, from <http://www.firstbeat.com/physiology/research-and-publications>
- Firstbeat Technologies, L. (2007). An Energy Expenditure Estimation Method Based on Heart Rate Measurement. Retrieved 12-oct, 2014, from <http://www.firstbeat.com/physiology/research-and-publications>
- Flouris, A. D., Koutedakis, Y., Nevill, A., Metsios, G. S., Tsiotra, G. i Parasiris, Y. (2004). Enhancing specificity in proxy-design for the assessment of bioenergetics. *J Sci Med Sport*, 7(2), 197-204.
- Flouris, A. D., Metsios, G. S. i Koutedakis, Y. (2005). Enhancing the efficacy of the 20 m multistage shuttle run test. *Br J Sports Med*, 39(3), 166-170.
- Flouris, A. D., Metsios, G. S. i Koutedakis, Y. (2006). Contribution of muscular strength in cardiorespiratory fitness tests. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(2), 197-201.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S. i al. . (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-115.

- Foster, C., Hoyos, J., Earnest, C. i Lucia, A. (2005). Regulation of energy expenditure during prolonged athletic competition. *Med Sci Sports Exerc*, 37(4), 670-675.
- Fujihara, Y., Hildebrandt, J. i Hildebrandt, J. R. (1973). Cardiorespiratory transients in exercising man. II. Linear models. *J Appl Physiol*, 35(1), 68-76.
- Fujihara, Y., Hildebrandt, J. R. i Hildebrandt, J. (1973). Cardiorespiratory transients in exercising man. I. Tests of superposition. *J Appl Physiol*, 35(1), 58-67.
- Galiano, D. (1987). Característiques del jugador. *Apunts*, 7, 93-98.
- Gardner, A., Osborne, M., D'Auria, S. i Jenkins, D. (2003). A comparison of two methods for the calculation of accumulated oxygen deficit. *J Sports Sci*, 21(3), 155-162.
- Gholamali, M. i Damirchi, A. (2012). Relationship of aerobic maximal muscular strength with endurance-agility in young basketballists. *Zahedian Journal of Research in Medical Sciences*, 14(9), 116.
- Ghosh, A. K., Ahuja, A. i Khanna, G. L. (1987). Distance run as a predictor of aerobic endurance (VO₂ max) of sportsmen. *Indian J Med Res*, 85, 680-684.
- Giliam, G. M. (1996). The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports Med*, 21(2), 73-79.
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, 35(9), 757-777.

- Gocentas, A. i Andziulis, A. (2004). [Changes in oxygen consumption of basketball players during recovery after maximal load]. *Medicina (Kaunas)*, 40(6), 569-573.
- Gocentas, A., Jascaniniene, N., Poprzecki, S., Jaszczanin, J. i Juozulynas, A. (2011). Position-related differences in cardiorespiratory functional capacity of elite basketball players. *J Hum Kinet*, 30, 145-152.
- Gocentas, A., Juozulynas, A., Obelenis, V., Andziulis, A. i Landor, A. (2005). Patterns of cardiovascular and ventilatory response to maximal cardiopulmonary test in elite basketball players. *Medicina (Kaunas)*, 41(8), 698-704.
- Gómez Píriz, D. T. i Soto Gil, D. (2004). VO₂max y umbral anaeróbico en futbolistas profesionales y juveniles. Repercusiones en el entrenamiento. *Rev Ent Dep*, XVIII(2), 37-41.
- Grazzi, G., Casoni, I., Mazzoni, G., Uliari, S. i Conconi, F. (2005). Protocol for the Conconi test and determination of the heart rate deflection point. *Physiol Res*, 54(4), 473-475.
- Grazzi, G., Mazzoni, G., Casoni, I., Uliari, S., Collini, G., Heide, L. i al. . (2008). Identification of a Vo₂ deflection point coinciding with the heart rate deflection point and ventilatory threshold in cycling. *J Strength Cond Res*, 22(4), 1116-1123.
- Greene, J. J., McGuine, T. A., Levenson, G. i Best, T. M. (1998). Anthropometric and Performance Measures for High School Basketball Players. *J Athl Train*, 33(3), 229-232.
- Gunther, B. (1975). Dimensional analysis and theory of biological similarity. *Physiol Rev*, 55(4), 659-699.

- Hagberg, J. M., Hickson, R. C., Ehsani, A. A. i Holloszy, J. O. (1980). Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *J Appl Physiol*, 48(2), 218-224.
- Hakkinen, K. (1993). Changes in physical fitness profile in female basketball players during the competitive season including explosive type strength training. *J Sports Med Phys Fitness*, 33(1), 19-26.
- Haritonidis, K., Koutlianos, N., Kouidi, E., Haritonidou, M. i Deligiannis, A. (2004). Seasonal variation of aerobic capacity in elite soccer, basketball and volleyball players. *J Hum Mov Stud*, 46(4), 289-302.
- Hauswirth, C., Bigard, A. X. i Le Chevalier, J. M. (1997). The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *Int J Sports Med*, 18(6), 449-453.
- Herrero, J. A. i Cuadrado, J. A. (2004). Propuesta de planificación de la condición física en el baloncesto mediante el modelo ATR. *Rev Entrenamiento Deportivo*, XVIII(3), 21-29.
- Hickson, R. C., Bomze, H. A. i Holloszy, J. O. (1978). Faster adjustment of O₂ uptake to the energy requirement of exercise in the trained state. *J Appl Physiol*, 44(6), 877-881.
- Hoare, D. G. (2000). Predicting success in junior elite basketball players--the contribution of anthropometric and physiological attributes. *J Sci Med Sport*, 3(4), 391-405.
- Hoffman, J. R., Fry, A., Howard, R., Maresch, C. i Kraemer, W. (1991). Strength, speed and endurance changes during the course of a division I basketball season. *J Strength Cond Res*, 5(3), 144-149.
- Hoffman, J. R., Im, J., Kang, J., Ratamess, N. A., Nioka, S., Rundell, K. W. i al. . (2005). The effect of a competitive collegiate football season on power

- performance and muscle oxygen recovery kinetics. *J Strength Cond Res*, 19(3), 509-513.
- Hunter, G., Hilyer, J. i Forster, M. (1993). Changes in fitness during 4 years of intercollegiate basketball. *J Strength Cond Res*, 7(1), 26-29.
- Iglesias, X. (1997). *Valoración funcional específica en la esgrima.*, Universidad de Barcelona (Pedagogia), Barcelona.
- Inbar, O., Oren, A., Scheinowitz, M., Rotstein, A., Dlin, R. i Casaburi, R. (1994). Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20- to 70-yr-old men. *Med Sci Sports Exerc*, 26(5), 538-546.
- Ingham, S. A., Carter, H., Whyte, G. P. i Doust, J. H. (2007). Comparison of the oxygen uptake kinetics of club and olympic champion rowers. *Med Sci Sports Exerc*, 39(5), 865-871.
- Jasikeuviciene, L., Vasiliauskas, D. i Linoniene, V. (2003). Spiroveloergometry parameters and paramaters of blood gases and acid-base equilibrium at rest and during exercise for athletes. *Medicina (Kaunas)*, 39(4), 403-410.
- Jelicic, M., Sekulic, D. i Marinovic, M. (2002). Anthropometric characteristics of high level European junior basketball players. *Coll Antropol*, 26 Suppl, 69-76.
- Jones, A. M. i Doust, J. H. (1995). Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point. *Int J Sports Med*, 16(8), 541-544.
- Jones, A. M. i Poole, D. C. (2005). *Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine*. New York (NY): Routledge.
- Keren, G., Epstein, Y., Magazanik, A. i Sohar, E. (1981). The energy cost of walking and running with and without a backpack load. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 46(3), 317-324.

- Kilding, A. E., Challis, N. V., Winter, E. M. i Fysh, M. (2005). Characterisation, asymmetry and reproducibility of on- and off-transient pulmonary oxygen uptake kinetics in endurance-trained runners. *Eur J Appl Physiol*, 93(5-6), 588-597.
- Kirkendall, D. T. i Street, G. M. (1986). Mechanical jumping power in athletes. *Br J Sports Med*, 20(4), 163-164.
- Koklu, Y., Alemdaroglu, U., Kocak, F. U., Erol, A. E. i Findikoglu, G. (2011). Comparison of chosen physical fitness characteristics of Turkish professional basketball players by division and playing position. *J Hum Kinet*, 30, 99-106.
- Krustrup, P. i Bangsbo, J. (2001). Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sports Sci*, 19(11), 881-891.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A. i al. . (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705.
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H. i Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc*, 37(7), 1242-1248.
- Krustrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Jensen, J. M., Nielsen, J. J. i Bangsbo, J. (2006). The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 38(9), 1666-1673.
- Lai, N., Tolentino-Silva, F., Nasca, M. M., Silva, M. A., Gladden, L. B. i Cabrera, M. E. (2012). Exercise intensity and oxygen uptake kinetics in African-American and Caucasian women. *Eur J Appl Physiol*, 112(3), 973-982.

- Lambert, M. I. i Borresen, J. (2010). Measuring training load in sports. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(3), 406-411.
- LaMonte, M. J., McKinney, J. T., Quinn, S. M., Bainbridge, C. N. i Eisenman, P. A. (1999). Comparison of Physical and Physiological Variables for Female College Basketball Players. *13(3)*, 264-270.
- Landers, D. (1986). Sport and elite performers. In J. Soares, O. de Castro Mendes, C. Barcha Neto i V. Rodrigues Matsudo (Eds.), *Physical fitness characteristics of brazilian national basketball team as related to game functions* (pp. 127-133). Champaign (IL), USA: Human Kinetics.
- Laplaud, D., Hug, F. i Menier, R. (2004). Training-induced changes in aerobic aptitudes of professional basketball players. *Int J Sports Med*, 25(2), 103-108.
- Latin, R., Berg, K. i T., B. (1994). Physical and performance characteristics of NCAA division I male basketball players. *J Strength Cond Res*, 8(4), 214-218.
- Leger, L. i Gadoury, C. (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO₂max in adults. *Can J Sport Sci*, 14(1), 21-26.
- Leger, L., Lambert, J., Goulet, A., Rowan, C. i Dinelle, Y. (1984). [Aerobic capacity of 6 to 17-year-old Quebecois--20 meter shuttle run test with 1 minute stages]. *Can J Appl Sport Sci*, 9(2), 64-69.
- Leger, L., Mercier, D., Gadoury, C. i Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, 6(2), 93-101.
- Leger, L. i Tokmakidis, S. (1988). Use of the heart rate deflection point to assess the anaerobic threshold. *J Appl Physiol*, 64(4), 1758-1760.

- Lemmink, K. A. i Visscher, S. H. (2006). Role of energy systems in two intermittent field tests in women field hockey players. *J Strength Cond Res*, 20(3), 682-688.
- Littlewood, R. A., White, M. S., Bell, K. L., Davies, P. S., Cleghorn, G. J. i Grote, R. (2002). Comparison of the Cosmed K4 b(2) and the Deltatrac II metabolic cart in measuring resting energy expenditure in adults. *Clin Nutr*, 21(6), 491-497.
- Liu, N. Y., Plowman, S. A. i Looney, M. A. (1992). The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Res Q Exerc Sport*, 63(4), 360-365.
- Livesey, G. i Elia, M. (1988). Estimation of energy expenditure, net carbohydrate utilization, and net fat oxidation and synthesis by indirect calorimetry: evaluation of errors with special reference to the detailed composition of fuels. *Am J Clin Nutr*, 47(4), 608-628.
- López Calbet, C. i López Calbet, F. (1997). Estudi de la freqüència cardíaca en jugadors de categoria cadet en partits oficials. *Apunts Ed Fis Esports*, 48, 62-67.
- Maffulli, N., Testa, V., Lancia, A., Capasso, G. i Lombardi, S. (1991). Indices of sustained aerobic power in young middle distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 23(9), 1090-1096.
- Manzi, V., D'Ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K. i Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *J Strength Cond Res*, 24(5), 1399-1406.
- Margarita, R., Aghemo, P. i Rovelli, E. (1965). Indirect determination of maximal O₂ consumption in man. *J Appl Physiol*, 20(5), 1070-1073.

- Marwood, S., Roche, D., Garrard, M. i Unnithan, V. B. (2011). Pulmonary oxygen uptake and muscle deoxygenation kinetics during recovery in trained and untrained male adolescents. *Eur J Appl Physiol*, 111(11), 2775-2784.
- Marwood, S., Roche, D., Rowland, T., Garrard, M. i Unnithan, V. B. (2010). Faster pulmonary oxygen uptake kinetics in trained versus untrained male adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 127-134.
- Matsuzaka, A., Takashi, Y., Yamazoe, M., Kumamura, N., Ikeda, A., Wilk, B. i al. . (2004). Validity of the multistage 20-M shuttle-run test for japanese children, adolescents and adults. *Pediatric exercise science*, 16, 113-125.
- Matthew, D. i Delextrat, A. (2009). Heart rate, blood lactate concentration, and time-motion analysis of female basketball players during competition. *J Sports Sci*, 27(8), 813-821.
- Mc Naughton, L. R., Sherman, R., Roberts, S. i Bentley, D. J. (2005). Portable gas analyser Cosmed K4b2 compared to a laboratory based mass spectrometer system. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(3), 315-323.
- McArdle, W., Katch, F. i Baltimore, M. (Eds.). (2001). *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance*. Baltimore, MD: Lippincott, William, and Wilkins.
- McArdle, W. D., Magel, J. R. i Kyvallos, L. C. (1971). Aerobic capacity, heart rate and estimated energy cost during women's competitive basketball. *Res Q*, 42(2), 178-186.
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J. i McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *J Sports Sci*, 13(5), 387-397.

- McKenzie, G. (1985). Identification of anthropometric and physiological characteristics relative to participation in college basketball. *NSCA J*, 7(8), 34-36.
- McLaughlin, J. E., King, G. A., Howley, E. T., Bassett, D. R. J. i Ainsworth, B. E. (2001). Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *Int J Sports Med*, 22(4), 280-284.
- McNaughton, L., Hall, P. i Cooley, D. (1998). Validation of several methods of estimating maximal oxygen uptake in young men. *Percept Mot Skills*, 87(2), 575-584.
- McVeigh, S. K., Payne, A. C. i Scott, S. (1995). The reliability and validity of the 20-meter shguttle test as a predictor of peak oxygen uptake in Edinburgh school children, age 13 to 14 years. *Ped Exerc Sci*, 7.
- Metaxas, T. I., Koutlianos, N., Sendelides, T. i Mandroukas, A. (2009). Preseason physiological profile of soccer and basketball players in different divisions. *J Strength Cond Res*, 23(6), 1704-1713.
- Metaxas, T. I., Koutlianos, N. A., Kouidi, E. J. i Deligiannis, A. P. (2005). Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. *J Strength Cond Res*, 19(1), 79-84.
- Michalsik, L. B., Madsen, K. i Aagaard, P. (2014). Match performance and physiological capacity of female elite team handball players. *Int J Sports Med*, 35(7), 595-607.
- Mikulic, P., Vucetic, V. i Sentija, D. (2009). Strong Relationship Between Heart Rate Deflection Point and Ventilatory Threshold in Trained Rowers. *J Strength Cond Res*.

- Mikulic, P., Vucetic, V. i Sentija, D. (2011). Strong relationship between heart rate deflection point and ventilatory threshold in trained rowers. *J Strength Cond Res*, 25(2), 360-366.
- Millet, G. P., Candau, R., Fattori, P., Bignet, F. i Varray, A. (2003). VO₂ responses to different intermittent runs at velocity associated with VO₂max. *Can J Appl Physiol*, 28(3), 410-423.
- Mohr, M., Krstrup, P. i Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, 21(7), 519-528.
- Montgomery, P. G., Green, D. J., Etxebarria, N., Pyne, D. B., Saunders, P. U. i Minahan, C. L. (2009). Validation of heart rate monitor-based predictions of oxygen uptake and energy expenditure. *J Strength Cond Res*, 23(5), 1489-1495.
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B. i Minahan, C. L. (2010). The physical and physiological demands of basketball training and competition. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(1), 75-86.
- Moreno, D. i Peña, J. (2013). *The use of Adidas miCoach to quantify the physiological load of high-level basketball games*. Paper presented at the 18th annual Congress of the European College of Sports Science, Barcelona.
- Moreno, D. i Peña, J. (2015). *Basketball games load measurement using commercial accelerometry*. Paper presented at the 20th annual Congress of the European College of Sports Science, Malmo.
- Narazaki, K., Berg, K., Stergiou, N. i Chen, B. (2008). Physiological demands of competitive basketball. *Scand J Med Sci Sports*.

- Neary, P. J., MacDougall, J. D., Bachus, R. i Wenger, H. A. (1985). The relationship between lactate and ventilatory thresholds: coincidental or cause and effect? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(1), 104-108.
- Nupp, W. F. i Morehouse, L. E. (1967). Adjustment of exercise intensity by heart rate. *Am Correct Ther J*, 21(6), 184-188.
- Ostojic, S. M., Mazic, S. i Dikic, N. (2006). Profiling in basketball: physical and physiological characteristics of elite players. *J Strength Cond Res*, 20(4), 740-744.
- Ozyener, F., Rossiter, H. B., Ward, S. A. i Whipp, B. J. (2001). Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *J Physiol*, 533(Pt 3), 891-902.
- Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J. i Angulo, F. (2000). Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 32(4), 850-856.
- Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J., Santisteban, J., Angulo, F. i Jose Goiriena, J. (2001). Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 796-802.
- Padilla, S., Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M. i Goiriena, J. J. (2007). Exercise intensity and load during uphill cycling in professional 3-week races. *Eur J Appl Physiol*.
- Padilla, S., Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M. i Goiriena, J. J. (2008). Exercise intensity and load during uphill cycling in professional 3-week races. *Eur J Appl Physiol*, 102(4), 431-438.
- Paliczka, V. J., Nichols, A. K. i Boreham, C. A. (1987). A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *Br J Sports Med*, 21(4), 163-165.

- Panissa, V. L., Julio, U. F., Pinto, E. S. C. M., Andreato, L. V., Schwartz, J. i Franchini, E. (2014). Influence of the aerobic fitness on time spent at high percentage of maximal oxygen uptake during a high-intensity intermittent running. *J Sports Med Phys Fitness*, 54(6), 708-714.
- Passmore, R. D., J.V. (1955). Human energy expenditure. *Physiol Rev*, 35(4), 801-840.
- Paterson, D. H. i Whipp, B. J. (1991). Asymmetries of oxygen uptake transients at the on- and offset of heavy exercise in humans. *J Physiol*, 443, 575-586.
- Pérez, F. J. i Heredia, F. (1993). Capacidad anaeróbica en jugadores de balonmano determinada por el déficit máximo acumulado de oxígeno. *Arch Med Deporte*, X(38), 141-147.
- Petit, M. A., Nelson, C. M. i Rhodes, E. C. (1997). Comparison of a mathematical model to predict 10-km performance from the Conconi test and ventilatory threshold measurements. *Can J Appl Physiol*, 22(6), 562-572.
- Pokan, R., Hofmann, P., von Duvillard, S. P., Smekal, G., Hogler, R., Tschann, H. i al. . (1999). The heart rate turn point reliability and methodological aspects. *Med Sci Sports Exerc*, 31(6), 903-907.
- Poole, D. C. i Gaesser, G. A. (1985). Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. *J Appl Physiol*, 58(4), 1115-1121.
- Powers, S. K., Dodd, S. i Beadle, R. E. (1985). Oxygen uptake kinetics in trained athletes differing in VO₂max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(3), 306-308.

- Pulkkinen, A., Kettunen, J., Martinmaki, K., Saalasti, S. i Rusko, H. (2004, June 2-5, 2004). *On and Off Dynamics and Respiration Rate Enhance the accuracy of Heart Rate VO2 estimation*. Paper presented at the 51th Annual meeting of the American College of Sports Medicine, Indianapolis, IN (USA).
- Pulkkinen, A., Saalasti, S. i Rusko, H. (2005). Energy expenditure can be accurately estimated from HR without individual laboratory calibration. *Med Sci Sports Exerc*, 37(5), S113.
- Ramsbottom, R., Brewer, J. i Williams, C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br J Sports Med*, 22(4), 141-144.
- Ramsbottom, R., Nevill, M. E., Nevill, A. M. i Hazeldine, R. (1997). Accumulated oxygen deficit and shuttle run performance in physically active men and women. *J Sports Sci*, 15(2), 207-214.
- Randers, M. B., Andersen, L. J., Orntoft, C., Bendiksen, M., Johansen, L., Horton, J. i al. . (2013). Cardiovascular health profile of elite female football players compared to untrained controls before and after short-term football training. *J Sports Sci*, 31(13), 1421-1431.
- Reybrouck, T., Ghesquiere, J., Weymans, M. i Amery, A. (1986). Ventilatory threshold measurement to evaluate maximal endurance performance. *Int J Sports Med*, 7(1), 26-29.
- Riezebos, M. L., Paterson, D. H., Hall, C. R. i Yuhasz, M. S. (1983). Relationship of selected variables to performance in women's basketball. *Can J Appl Sport Sci*, 8(1), 34-40.
- Rivera, M. A. i Suarez, E. (1990). The somatotype of Puerto Rican male athletes at the X Pan American Games: a brief descriptive report. *P R Health Sci J*, 9(3), 207-213.

- Robergs, R. i Landwehr, R. (2002). The surprising history of the "HRmax=220-age" equation. *J Exerc Physiol on-line*, 5(2), 1-10.
- Rodriguez-Alonso, M., Fernandez-Garcia, B., Perez-Landaluce, J. i Terrados, N. (2003). Blood lactate and heart rate during national and international women's basketball. *J Sports Med Phys Fitness*, 43(4), 432-436.
- Rodriguez-Marroyo, J. A., Garcia Lopez, J., Juneau, C. E. i Villa, J. G. (2007). Workload demands in professional multi-stage cycling races of varying duration. *Br J Sports Med*.
- Rodríguez Alonso, M. (1997). *Metabolismo aeróbico y anaeróbico en baloncesto femenino*. Oviedo (Medicina).
- Rodriguez Alonso, M., Terrados Cepeda, N., Pérez-Landaluce López, J., Fernández García, B. i García-Herrero Suárez, F. (1998). Déficit máximo acumulado de oxígeno en baloncesto femenino. *Arch Med Deporte*, XV(64), 115-122.
- Rodriguez, F. A. (1989). Fisiología, valoración funcional i esport d'alt rendiment. *Apunts Educació Física i Esports*, 15, 48-56.
- Rodriguez, F. A. i Aragonés, M. T. (1992). Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. In J. González (Ed.), *Fisiología de la actividad física y el deporte* (pp. 237-278). Madrid: Interamericana/McGraw-Hill.
- Rodriguez, F. A., Keskinen, K. L., Kusch, M. i Hoffmann, U. (2008). Validity of a swimming snorkel for metabolic testing. *Int J Sports Med*, 29(2), 120-128.
- Rossi, A., Calsamiglia, G., Ricciardi, L., Bartoletti, S., Orlandi, M., Sardi, C. i al. . (1984). [The cost of energy and cardiovascular expenditure in basketball players during a game]. *Boll Soc Ital Biol Sper*, 60(3), 581-587.

- Ruiz, J. R., Silva, G., Oliveira, N., Ribeiro, J. C., Oliveira, J. F. i Mota, J. (2009). Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test in youths aged 13-19 years. *J Sports Sci*, 27(9), 899-906.
- Sallet, P., Perrier, D., Ferret, J. M., Vitelli, V. i Baverel, G. (2005). Physiological differences in professional basketball players as a function of playing position and level of play. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(3), 291-294.
- Samanes Prat, A. (1985). Estudio comparativo de dos tests indirectos de consumo máximo de oxígeno -Cooper y Astrand- en jugadores de baloncesto. Utilidad. *Arch Med Deporte*, II(5), 11-15.
- Samaniego, J. A. (2014). Número de posesiones en la Liga ACB. Unpublished Database. Club Joventut de Badalona.
- Sanchís Mínguez, C., Valverde Roig, M. J. i Mora Bello, J. (1996). Umbral de Compensación Respiratoria (UCR) como perfil de jugadores de baloncesto. *Arch Med Deporte*, XIII(56), 421-425.
- Santos, D. A., Silva, A. M., Matias, C. N., Magalhaes, J. P., Fields, D. A., Minderico, C. S. i al. . (2013). Validity of a combined heart rate and motion sensor for the measurement of free-living energy expenditure in very active individuals. *J Sci Med Sport*.
- Scanlan, A. T., Fox, J. L., Borges, N. R., Dascombe, B. J. i Dalbo, V. J. (2016). Cumulative Training Dose Alters the Interrelationships Between Common Training Load Models During Basketball Activity. *Int J Sports Physiol Perform*.
- Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., Borges, N. R. i Dalbo, V. J. (2014). Training Mode's Influences on the Relationships Between Training-Load Models During Basketball Conditioning. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(5), 851-856.

- Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S. i Dalbo, V. J. (2014). The relationships between internal and external training load models during basketball training. *J Strength Cond Res*, 28(9), 2397-2405.
- Scribbans, T. D., Berg, K., Narazaki, K., Janssen, I. i Gurd, B. J. (2014). Heart rate during basketball game play and volleyball drills accurately predicts oxygen uptake and energy expenditure. *J Sports Med Phys Fitness*.
- Scribbans, T. D., Berg, K., Narazaki, K., Janssen, I. i Gurd, B. J. (2015). Heart rate during basketball game play and volleyball drills accurately predicts oxygen uptake and energy expenditure. *J Sports Med Phys Fitness*, 55(9), 905-913.
- Schelling, X., Calleja-Gonzalez, J., Torres-Ronda, L. i Terrados, N. (2015). Using testosterone and cortisol as biomarker for training individualization in elite basketball: a 4-year follow-up study. *J Strength Cond Res*, 29(2), 368-378.
- Schmitz, K. H., Treuth, M., Hannan, P., McMurray, R., Ring, K. B., Catellier, D. i al. . (2005). Predicting energy expenditure from accelerometry counts in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc*, 37(1), 155-161.
- Silva, A. M., Santos, D. A., Matias, C. N., Minderico, C. S., Schoeller, D. A. i Sardinha, L. B. (2013). Total energy expenditure assessment in elite junior basketball players: a validation study using doubly labeled water. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1920-1927.
- Silva, A. M., Santos, D. A., Matias, C. N., Rocha, P. M., Petroski, E. L., Minderico, C. S. i al. . (2012). Changes in regional body composition explain increases in energy expenditure in elite junior basketball players over the season. *Eur J Appl Physiol*, 112(7), 2727-2737.

- Silla, D. (1998). *Capacidad Física y valoración funcional del jugador de hockey hierba*. Universitat de Barcelona, Pedagogia (Teoria i Historia de l'Educació).
- Sjodin, B. i Svedenhag, J. (1992). Oxygen uptake during running as related to body mass in circumpubertal boys: a longitudinal study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 65(2), 150-157.
- Smith, H. K. i Thomas, S. G. (1991). Physiological characteristics of elite female basketball players. *Can J Sport Sci*, 16(4), 289-295.
- Smolander, J., Ajoiviita, M., Juuti, T., Nummela, A. i Rusko, H. (2011). Estimating oxygen consumption from heart rate and heart rate variability without individual calibration. *Clin Physiol Funct Imaging*, 31(4), 266-271.
- Smolander, J., Juuti, T., Kinnunen, M. L., Laine, K., Louhevaara, V., Mannikko, K. i al. . (2008). A new heart rate variability-based method for the estimation of oxygen consumption without individual laboratory calibration: application example on postal workers. *Appl Ergon*, 39(3), 325-331.
- Sousa, A., Rodriguez, F. A., Machado, L., Vilas-Boas, J. P. i Fernandes, R. J. (2015). Exercise modality effect on oxygen uptake off-transient kinetics at maximal oxygen uptake intensity. *Exp Physiol*, 100(6), 719-729.
- Sproule, J., Kunalan, C., McNeill, M. i Wright, H. (1993). Validity of 20-MST for predicting VO₂max of adult Singaporean athletes. *Br J Sports Med*, 27(3), 202-204.
- St Clair Gibson, A., Broomhead, S., Lambert, M. I. i Hawley, J. A. (1998). Prediction of maximal oxygen uptake from a 20-m shuttle run as measured directly in runners and squash players. *J Sports Sci*, 16(4), 331-335.

- Stagno, K. M., Thatcher, R. i van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*, 25(6), 629-634.
- Stickland, M. K., Petersen, S. R. i Bouffard, M. (2003). Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Can J Appl Physiol*, 28(2), 272-282.
- Strumbelj, B. i Erculj, F. (2014). Analysis of experts' quantitative assessment of adolescent basketball players and the role of anthropometric and physiological attributes. *J Hum Kinet*, 42, 267-276.
- Strumbelj, B., Vuckovic, G., Jakovljevic, S., Milanovic, Z., James, N. i Erculj, F. (2014). Graded Shuttle Run Performance by by Playing Positions in Elite Female Basketball. *J Strength Cond Res*.
- Strumbelj, B., Vuckovic, G., Jakovljevic, S., Milanovic, Z., James, N. i Erculj, F. (2015). Graded shuttle run performance by playing positions in elite female basketball. *J Strength Cond Res*, 29(3), 793-799.
- Swyer, P. R. (1991). Assumptions used in measurements of energy metabolism. *J Nutr*, 121(11), 1891-1896.
- Tabata, I., Irisawa, K., Kouzaki, M., Nishimura, K., Ogita, F. i Miyachi, M. (1997). Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 29(3), 390-395.
- Tanner, J. M. (1949). Fallacy of per-weight and per-surface area standards, and their relation to spurious correlation. *J Appl Physiol*, 2(1), 1-15.
- Tavino, L., Bowers, C. i Archer, C. (1995). Effects of basketball on aerobic capacity, anaerobic capacity, and body composition on male college players. *J Strength Cond Res*, 9(2), 75-77.

- Tessitore, A., Tiberi, M., Cortis, C., Rapisarda, E., Meeusen, R. i Capranica, L. (2006). Aerobic-anaerobic profiles, heart rate and match analysis in old basketball players. *Gerontology*, 52(4), 214-222.
- Tomlin, D. L. i Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1-11.
- Tomlin, D. L. i Wenger, H. A. (2002). The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *J Sci Med Sport*, 5(3), 194-203.
- Tong, T. K. i Fu, F. H. (2006). Effect of specific inspiratory muscle warm-up on intense intermittent run to exhaustion. *Eur J Appl Physiol*, 97(6), 673-680.
- Toriola, A. L., Adeniran, S. A. i Ogunremi, P. T. (1987). Body composition and anthropometric characteristics of elite male basketball and volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 27(2), 235-239.
- Toriola, A. L., Salokun, S. O. i Mathur, D. N. (1985). Somatotype characteristics of male sprinters, basketball, soccer, and field hockey players. *Int J Sports Med*, 6(6), 344-346.
- Torres-Ronda, L., Ric, A., Llabres-Torres, I., de Las Heras, B. i Schelling, I. D. A. X. (2016). Position-Dependent Cardiovascular Response and Time-Motion Analysis During Training Drills and Friendly Matches in Elite Male Basketball Players. *J Strength Cond Res*, 30(1), 60-70.
- Tsiaras, V., Zafeiridis, A., Dipla, K., Patras, K., Georgoulis, A. i Kellis, S. (2010). Prediction of peak oxygen uptake from a maximal treadmill test in 12- to 18-year-old active male adolescents. *Pediatr Exerc Sci*, 22(4), 624-637.

- Tsunawake, N., Tahara, Y., Moji, K., Muraki, S., Minowa, K. i Yukawa, K. (2003). Body composition and physical fitness of female volleyball and basketball players of the Japan inter-high school championship teams. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 22(4), 195-201.
- Tumilty, D. (1993). Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Med*, 16(2), 80-96.
- Ugarkovic, D., Matavulj, D., Kukolj, M. i Jaric, S. (2002). Standard anthropometric, body composition, and strength variables as predictors of jumping performance in elite junior athletes. *J Strength Cond Res*, 16(2), 227-230.
- Uth, N., Sorensen, H., Overgaard, K. i Pedersen, P. K. (2004). Estimation of VO₂max from the ratio between HRmax and HRrest--the Heart Rate Ratio Method. *Eur J Appl Physiol*, 91(1), 111-115.
- Vaccaro, P., Wrenn, J. P. i Clarke, D. H. (1980). Selected aspects of pulmonary function and maximal oxygen uptake of elite college basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 20(1), 103-108.
- Vachon, J. A., Bassett, D. R. J. i Clarke, S. (1999). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J Appl Physiol*, 87(1), 452-459.
- Vamvakoudis, E., Vrabas, I. S., Galazoulas, C., Stefanidis, P., Metaxas, T. I. i Mandroukas, K. (2007). Effects of basketball training on maximal oxygen uptake, muscle strength, and joint mobility in young basketball players. *J Strength Cond Res*, 21(3), 930-936.
- Vaquera, A. (2003). Valoración de la resistencia específica en el baloncesto mediante test de campo. *III Curso de especialización de la preparación física en el baloncesto de formación y alto nivel*.

- Vaquera, A., Refoyo, I., Villa, J. G., Calleja, J., Rodriguez-Marroyo, J. A., Garcia-López, J. i al. . (2008). Heart rate response to game-play in professional basketball players. *J Hum Sport Exerc*, 3(1), 2-9.
- Vaquera, A., Rodríguez-Marroyo, J., Ávila, C., Morante, J. i Villa, J. (2003). Consumo máximo de oxígeno en baloncesto; influencia del sexo y del puesto de juego. *Arch Med Deporte*, XX(95), 205-212.
- Verschuren, O., Maltais, D. B. i Takken, T. (2011). The 220-age equation does not predict maximum heart rate in children and adolescents. *Dev Med Child Neurol*, 53(9), 861-864.
- Viviani, F. (1994). The somatotype of medium class Italian basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 34(1), 70-75.
- Voss, C. i Sandercock, G. (2009). Does the twenty meter shuttle-run test elicit maximal effort in 11- to 16-year-olds? *Pediatr Exerc Sci*, 21(1), 55-62.
- Vucetic, V., Sentija, D., Sporis, G., Trajkovic, N. i Milanovic, Z. (2014). Comparison of ventilation threshold and heart rate deflection point in fast and standard treadmill test protocols. *Acta Clin Croat*, 53(2), 190-203.
- Vučković, G., Dežman, B., Perše, M., Kristan, M., Perš, J., Kovačič, S. i al. . (2010). An automatic tracking analysis of the movement velocities of national level basketball guards, forwards and centres. In V. K. a. I. Juhas (Ed.), *Zbornik radova* (pp. 97-101). Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
- Wallace, L. K., Slattery, K. M. i Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. *Eur J Appl Physiol*, 114(1), 11-20.

- Wallace, L. K., Slattery, K. M., Impellizzeri, F. M. i Coutts, A. J. (2014). Establishing the criterion validity and reliability of common methods for quantifying training load. *J Strength Cond Res*, 28(8), 2330-2337.
- Wasserman, K., Hansen, J., Sue, D. i Whipp, B. (Eds.). (1999). Torrance, CA (USA): Lea and Febiger.
- Weir, J. (1949). New methods for calculate matabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*, 109, 1-9.
- Welsh, R. S., Davis, J. M., Burke, J. R. i Williams, H. G. (2002). Carbohydrates and physical/mental performance during intermittent exercise to fatigue. *Med Sci Sports Exerc*, 34(4), 723-731.
- Welsman, J. R., Armstrong, N., Nevill, A. M., Winter, E. M. i Kirby, B. J. (1996). Scaling peak VO₂ for differences in body size. *Med Sci Sports Exerc*, 28(2), 259-265.
- Weston, M., Helsen, W., MacMahon, C. i Kirkendall, D. (2004). The impact of specific high-intensity training sessions on football referees' fitness levels. *Am J Sports Med*, 32(1 Suppl), 54S-61S.
- Wilmore, J. i Costill, D. (Eds.). (2008). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Withers, R. T., Roberts, G. D. i Davies, G. J. (1977). The maximum aerobic power, anaerobic power and body composition of South Australian male representatives in athletics, basketball, field hockey and soccer. *J Sports Med Phys Fitness*, 17(4), 391-400.
- Woolstenhulme, M. T., Bailey, B. K. i Allsen, P. E. (2004). Vertical jump, anaerobic power, and shooting accuracy are not altered 6 hours after strength training in collegiate women basketball players. *J Strength Cond Res*, 18(3), 422-425.

- World Medical Association declaration of Helsinki. Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects. (1997). *JAMA*, 277(11), 925-926.
- Young, W. B., Newton, R. U., Doyle, T. L., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G. i al. . (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules Football: a case study. *J Sci Med Sport*, 8(3), 333-345.
- Zacharogiannis, E. i Farrally, M. (1993). Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance running performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 33(4), 337-347.
- Zadro, I., Sepulcri, L., Lazzer, S., Fregolent, R. i Zamparo, P. (2011). A protocol of intermittent exercise (shuttle runs) to train young basketball players. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1767-1773.
- Zamparo, P., Zadro, I., Lazzer, S., Beato, M. i Sepulcri, L. (2014). Energetics of shuttle runs: the effects of distance and change of direction. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(6), 1033-1039.
- Zavala, D. C. (1989). *Nutritional assessment in critical care. A training Handbook*. Iowa (US): University of Iowa.

11. Annex

11.1. Descripció del funcionament del K4b²

Per a les valoracions en joc simulat hem utilitzat un analitzador de gasos portàtil K4b² (Cosmed, Roma, Itàlia). És un sistema de circuit obert, petit i lleuger que permet fer valoracions respiració a respiració. El K4b² mesura 170*55*100 mm i pesa uns 550 gr. La bateria –de Ni–Cd– mesura 170*48*90 mm i pesa uns 550 gr. Tot es munta en un arnés especial, on s'adapta el receptor de temperatura i de la freqüència cardíaca connectat al K4b². L'entrada i sortida d'aire –i la seva mesura– es produeixen a través d'una màscara tova de goma (Hans–Rudolph, Kansas City, MO, USA), que cobreix la boca i nas, adaptant–se al contorn de la cara per impedir fuites. La màscara utilitzada és escollida entre varies mesures per a una millor adaptació i la màxima comoditat. En la seva part frontal s'hi adapta la turbina fluxomètrica (28 mm de diàmetre). Aquesta duu una fulla rodant bidireccional, que és moguda pel flux d'aire d'un pes i inèrcia negligibles. El poc pes evita un efecte gran en el retard a l'inici del moviment, i la inèrcia és eliminada per no conduir a error davant de les nombroses revolucions creades per un flux per minut elevat. La rotació de la fulla és mesurada per un sistema optoelectric, que mesura les revolucions per segon de la fulla, i que té una resposta lineal de 0 a 300 L·min⁻¹. Una mostra de l'aire exhalat passa a través d'un tub capil·lar especial semipermeable de Nafion de 0,75 m de longitud (Permapure, NJ, USA), que el duu a l'analitzador d'oxigen GFC (correlació filtre de gasos)

amb un rang de mesura de 7a 24% O₂. Aquest és un sistema que conté un elèctrode polarogràfic per mesurar la F_EO₂.

L'analitzador de CO₂ és un elèctrode d'infrarojos. Aquests tipus d'analitzadors es basen en el fet que el diòxid de carboni absorbeix la radiació infraroja. Dos rajos infrarojos son enviats a una cel·la amb gas de referència i a una mostra de gas espirat de flux constant. Un sistema mecànic interromp el dos rajos quan assoleixen el detector, el que provoca una oscil·lació de magnitud proporcional a la diferència de les dues senyals. El sistema es conegut com infraroig no dispersiu, i funciona en un rang de 0 a 8% de CO₂.

El consum d'oxigen en cada moment es calcula segons la fórmula:

$$\dot{V}O_2(\text{STPD}) = \dot{V}E(\text{STPD}) \cdot \left(\left(\frac{1 - (F_{E}O_2 - F_{E}CO_2)}{1 - F_{I}O_2} \cdot F_{I}O_2 \right) - F_{E}O_2 \right)$$

On $\dot{V}O_{2\text{STPD}}$ és el consum d'oxigen en condicions estàndard; $\dot{V}E_{\text{STPD}}$ és el volum espiratori en condicions estàndard; $F_{E}O_2$ és la fracció espiratòria d'oxigen; $F_{E}CO_2$ és la fracció espiratòria de diòxid de carboni; i $F_{I}O_2$ és la fracció inspiratòria d'oxigen (valor de calibratge).

Els analitzadors són calibrats abans de cada prova, comparant l'aire ambient (20,93% O₂ i 0,03% CO₂) amb una mescla especificada pel fabricant (15% O₂ i 6% CO₂). L'analitzador de volum es calibra amb una xeringa de volum fix de 3000 mL. Hi ha un últim calibratge de retard, per

igualar temporalment els canvis de $F_{E}O_2$ i $F_{E}CO_2$. La temperatura dels gasos espirats es mesura a través d'un sensor dins la turbina. La pressió baromètrica es mesura per un sensor independent connectat a la unitat portàtil.

La validesa, fiabilitat i exactitud del K4b² han estat estudiades i descrites en diversos casos (Hauswirth, Bigard, i Le Chevalier, 1997; McLaughlin, King, Howley, Bassett, i Ainsworth, 2001; Littlewood i al., 2002; Duffield, Dawson, Pinnington, i Wong, 2004; Mc Naughton, Sherman, Roberts, i Bentley, 2005). En aquests estudis, es compara el nou K4b² amb d'altres sistemes considerats de referència (p.e. sac de Douglas). Rodríguez i al. (Rodríguez, Keskinen, Kusch, i Hoffmann, 2008) eliminen la variabilitat biològica amb un disseny d'un sistema calibrador d'intercanvi de gasos simulat, que permet comparar la referència d'input de gasos conegut – volum, freqüència i percentatges de O_2 i CO_2 – amb les obtingudes per l'aparell. Els resultats assenyalen que no hi ha biaixos significatius, a excepció del volum corrent –volum d'aire de cada respiració– que va ser lleugerament sobreestimat (0,081 L, 4%), però sense ser suficient per tenir una influència en l'exactitud de mesura. Els autors descriuen que la VE tendeix a sobreestimar-se (4,2%), així com el VO_2 (3,6%) mentre que el VCO_2 es subestima (-2,2%). En la seva opinió, aquestes dades indiquen que el K4b2 és un instrument acurat per la mesura de les variables ventilatòries al llarg de l'ample rang fisiològic durant l'exercici. Aquests resultats estan d'acord amb la comparació amb el sac de Douglas que efectuen McLaughlin i al. (McLaughlin i al., 2001).

11.2. Metodologia: escalfament de la prova de 20 m

Escalfament previ a les proves de valoració de 20 m*Inici al palier número 5 de**l'anterior en proves múltiples*

0:00	0:03	Carrera suau		
0:03	0:07	Estiraments actius		
0:07	0:10	Skipping	x3	1 pista
0:10	0:12	Talonar	x3	1 pista
0:12	0:15	Salts i arrencades	x5	10 metres

11.3. Metodologia: escalfament de la prova de joc simulat

Escalfament previ a les proves de valoració de joc simulat

minuts

Inici a 2' del joc anterior en proves múltiples

0:00	0:03	Carrera suau		
0:03	0:07	Estiraments actius		
0:07	0:10	Skipping	x3	1 pista
0:10	0:12	Talonar	x3	1 pista
0:12	0:15	Salts i arrencades	x5	10 metres
0:15	0:18	Entrades a cistella	x5	
0:18	0:21	Llançaments	x5	

11.4. Cronologia de la prova de joc simulat

**PROTOCOL PER A LA REALITZACIÓ DE LA PROVA DE JOC SIMULAT
AMB EL K4b²**

TEMPS	TASCA 1	DURADA	TASCA 2	DURADA
00:00	Escalfament del K4b ²	45'	Muntatge aparell de filmació	5'
00:45	Escalfament Jugadors	30'		
01:15	Reunió NORMATIVA amb jugadors, entrenadors, taula i àrbitre/s	5'		
01:20	Muntatge primer jugador	5'		
	Muntatge arnés			
	Muntatge màscara			
01:25	Prova de portabilitat	5'		
01:30	Inici de la prova	15–20'		
01:50	Final de la prova			
	Període de recuperació	5'		
01:55	Desmuntatge arnés i màscara	5'		

02:00	Assecat del Permapure	5'	Rentat i assecat de la màscara	5'
02:05	Muntatge segon jugador	5'		
	Muntatge arnés			
	Muntatge màscara			
02:10	Prova de portabilitat	5'		
02:15	Inici de la prova	15–20'		
02:35	Final de la prova			
	Període de recuperació	5'		
02:40	Desmuntatge arnés i màscara	5'		
02:45	Assecat del Permapure	5'	Rentat i assecat de la màscara	5'
02:50	Muntatge tercer jugador	5'		
	Muntatge arnés			
	Muntatge màscara			
02:55	Prova de portabilitat	5'		
03:00	Inici de la prova	15–20'		
03:20	Final de la prova			

03:25	Període de recuperació	5'		
03:30	Desmuntatge arnés i màscara	5'		
	Assecat del Permapure	5'	Rentat i assecat de la màscara	5'

11.5. Cronologia de la prova de 20 m

**PROTOCOL PER A LA REALITZACIÓ DE MEDICIONS EN LA PROVA DE
20 M AMB L'ANALITZADOR DE GASOS K4b²**

TEMPS	TASCA 1	DURADA	TASCA 2	DURADA
00:00	Escalfament del K4b ²	45'	Muntatge de l'aparell de filmació	5'
00:45	Muntatge i comprovació del material d'àudio	10'		
00:55	Escalfament jugadors	15'		
01:10	Explicació de la prova	5'		
01:15	Muntatge primer jugador	5'		
	Muntatge arnés			
	Muntatge màscara			
01:20	Inici de la prova	15'		
01:35	Final de la prova			
	Període de recuperació	5'		
01:40	Desmuntatge arnés i màscara	5'		
01:45	Assecat del Permapure	5'	Rentat y	5'

			assecat de la màscara	
01:50	Explicació de la prova	5'		
01:55	Muntatge segon jugador	5'		
	Muntatge arnés			
	Muntatge màscara			
02:00	Inici de la prova	15'		
02:15	Final de la prova			
	Període de recuperació	5'		
02:20	Desmuntatge arnés i màscara	5'		
02:25	Assecat del Permapure	5'	Rentat y assecat de la màscara	5'
02:30	Explicació de la prova	5'		
02:35	Muntatge tercer jugador	5'		
	Muntatge arnés			
	Muntatge màscara			
02:40	Inici de la prova	15'		
02:45	Final de la prova			

	Període de recuperació	5'		
02:50	Desmuntatge arnés i màscara	5'		
			Rentat i	
02:55	Assecat del Permapure	5'	assecat de	5'
			la màscara	

