

Relació entre el treball de força en sec i el treball de força a l'aigua en jugadors de waterpolo

Relationship between Land Strength Work and Water Strength Work in Water Polo Players

MOISÈS VILA BLANCH

JOAN SOLÉ FORTÓ

JOSEP MARIA PADULLÉS RIU

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya - Centre de Barcelona (Espanya)

Autor per a la correspondència

Moisès Vila Blanch

aremoi23@hotmail.com

Resum

El propòsit del present estudi va ser determinar si s'estableixen correlacions entre la potència muscular de les extremitats superiors i inferiors, mitjançant els exercicis pectoral contractor o "peck-deck" i premsa de cames, amb la velocitat de llançament amb dues tècniques diferents (T1: llançament amb suport inicial de la pilota a l'aigua. T2: llançament amb doble finta), l'alçada i alçada mantinguda de salt i les característiques antropomètriques en 9 jugadors de la selecció catalana de waterpolo ($16,8 \pm 0,8$ anys, massa corporal de $73,5 \pm 7,2$ kg, alçada de $184,7 \pm 7,9$ cm i IMC de $21,5 \pm 1,3$ (kg·m⁻²). Els resultats van indicar que encara que no hi ha significació estadística, sí s'observa una tendència a una correlació moderada entre la màxima potència en l'exercici de "peck-deck" i la màxima velocitat de llançament amb ambdues tècniques de llançament ($r = 0,50$, $p > 0,05$ i $r = 0,66$ $p > 0,05$, tècnica 1 i tècnica 2, respectivament). Les correlacions entre la màxima potència en premsa de cames i la màxima alçada i alçada mantinguda de salt van ser baixes i no significatives ($r = 0,31$ $p > 0,05$ i $r = 0,00$ $p > 0,05$, respectivament). Finalment, es va determinar a nivell antropomètric, que el pes, envergadura i pes muscular correlacionaven amb la potència mecànica a la màquina de "peck-deck" ($r = 0,867$ $p < 0,01$); ($r = 0,71$ $p < 0,05$); ($r = 0,86$ $p < 0,01$), respectivament.

Paraules clau: força, waterpolo, potència mecànica, composició corporal

Abstract

Relationship between Land Strength Work and Water Strength Work in Water Polo Players

The purpose of this study was to determine if there are any correlations between muscle power of the upper and lower extremities using the peck-deck exercise and leg press with throwing velocity using two different techniques (T1: throwing with initial support of the ball in the water; T2: throwing with double feint), the height and maintained height of jumping and anthropometric characteristics in 9 players from the Catalan water polo team (16.8 ± 0.8 years, body mass 73.5 ± 7.2 kg, height 184.7 ± 7.9 cm and BMI 21.5 ± 1.3 [kg·m⁻²]). The results indicate that although there is no statistical significance there is a tendency toward moderate correlation between the maximum power in the peck-deck exercise and maximum throwing velocity with both techniques ($r = 0.50$ $p > 0.05$ and $r = 0.66$ $p > 0.05$, technique 1 and technique 2 respectively). The correlations between maximum leg press power and the maximum height and maintained height of jumping were low and not significant ($r = 0.31$ $p > 0.05$ and $r = 0.00$ $p > 0.05$ respectively). Finally, we found that anthropometrically weight, size and muscle weight correlated with mechanical power on the peck-deck machine ($r = 0.867$ $p < 0.01$); ($r = 0.71$ $p < 0.05$); ($r = 0.86$ $p < 0.01$) respectively.

Keywords: strength, water polo, mechanical power, body composition

Introducció

En el transcurs d'un partit de waterpolo es produeixen moltes accions de diferent durada i intensitat, com saltar, llançar, lluitar, nedar, etc. En aquest tipus d'esports, que requereixen d'una òptima combinació de força i velocitat, tenir la capacitat per generar potència muscular sembla decisiu per maximitzar el rendiment (Izquierdo, Häkkinen, González-Badillo, Ibañez, & Gorostiaga, 2002). És per això que, un bon desenvolupament d'aquestes qualitats permetrà que les accions esportives s'executin de manera més eficient i reeixida (Baker, 1995; Saez Saez, 2006).

De les diferents accions que es produeixen durant el partit, el llançament és considerat una de les més determinants. La combinació d'una alta velocitat en el llançament juntament amb una bona precisió dificultarà que la pilota sigui interceptada tant pels defensors com per als porters. Segons els diferents autors, la velocitat del llançament en waterpolo depèn de diferents factors com: la força muscular, la tècnica, l'adequada sincronització dels diferents segments corporals, la capacitat d'elevació del cos fora de l'aigua en el llançament i les característiques antropomètriques (Joris, Van Muyen, Van Ingen Schenau, & Kemper, 1985; McCluskey et al., 2010).

Altres accions, considerades també molt importants en aquest esport, són l'alçada de salt i l'alçada mantinguda. En el transcurs del joc apareixen moltes situacions on el cos es mou verticalment fora de l'aigua amb l'objectiu de llançar a porteria, bloquejar un llançament o per passar la pilota (Platanou, 2005; Sanders, 1999). Destaquem que els estudis publicats s'han centrat principalment a valorar la màxima alçada de salt, i no en la capacitat de mantenir el més alt possible el cos fora de l'aigua.

En la bibliografia científica són molts els estudis que s'han interessat a determinar si hi ha correlació entre els exercicis generals de força i les accions específiques de l'esport (Baker & Nance, 1999; Bosco, 1997; Gorostiaga, Granados, Ibañez, & Izquierdet, 2005; Granados, Izquierdo, Ibañez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007). Per exemple, en diferents treballs s'ha demostrat una forta correlació entre l'alçada de salt vertical en el terra amb la producció de força i potència de les extremitats inferiors (Ashley & Weiss 1994; Canavan & Vescovi, 2004; Podolsky, Kaufman, Cahalan, Aleshinsky, & Chao, 1990). També ha estat de gran interès la resposta que produeixen diferents mètodes d'entrenament sobre

els nivells de força i potència muscular, induint així a la millora del rendiment esportiu específic de cada esport (Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010; Hermassi, Chelly, Fathloun, & Shephard 2010; Van den Tillar 2004).

En l'àmbit del waterpolo, l'avaluació de la força i potència muscular, i la seva relació amb el rendiment del joc, ha estat molt poc investigada. Bloomfield, Blanksby, Ackland i Allison (1990) han valorat la força isomètrica d'agafada, l'extensió del braç i la força de rotació mitjançant un cable de tensiometria. No van trobar modificacions en la velocitat de llançament, però sí increments en els nivells de força. En l'estudi dut a terme per Ferregut, Vila et al. (2011) es va evidenciar una correlació entre la força isomètrica d'agafada i la velocitat de llançament amb porter, però no en altres situacions de llançament. Krueger, Focke, Sperlich, Zinner i Mester (2010) constaten una correlació moderada entre la força dinàmica màxima del *pull-over* i la rotació de tronc cap a l'esquerra, amb la velocitat de llançament.

En relació amb les extremitats inferiors, Saez Saez (2006); Platanau (2005); Platanau i Varamenti (2011) i Sanbers (1999), comproven que no hi ha correlació entre el salt vertical en sec i a l'aigua. Els autors atribueixen aquests resultats a les particularitats tècniques del moviment requerides a l'aigua. D'altra banda, Krueger et al., (2010) i McCluskey et al. (2010) troben una correlació moderada entre extremitats inferiors i la velocitat de llançament.

La comunitat científica també s'ha interessat per la composició corporal dels esportistes, permetent proporcionar informació sobre l'estructura de l'esportista i les adaptacions produïdes causades per l'entrenament (Vila et al., 2009). A més a més, també s'ha estudiat la influència d'aquestes característiques antropomètriques amb el rendiment esportiu. En aquesta línia, alguns autors han analitzat les característiques antropomètriques amb les variables de rendiment en waterpolo, especialment amb el llançament (Ferregut, Vila et al., 2011; Wende, 2005; Vila et al., 2009). En l'estudi presentat per Wende (2005) es va determinar la relació entre la circumferència del braç amb la velocitat de llançament. Vila et al. (2009) van establir correlacions entre el diàmetre del fèmur i la longitud acròmion radial amb la velocitat de llançament sense porter. Finalment, Ferregut, Vila et al. (2011) van observar que tant l'amplària biacromial com l'amplària biepicondilar del fèmur correlacionen amb la velocitat de llançament amb porter.

En waterpolo, una part important de l'entrenament de la força es fa fora de l'aigua, i està orientat a incrementar la força i potència muscular, així com també a la prevenció de lesions. Per a això s'utilitza material del gimnàs (pesos lliures i màquines de musculació), deixant en un segon pla l'especificitat en l'entrenament d'aquesta qualitat (Smith, 1998). A més a més, els estudis que realitzen avaluacions a l'aigua se centren principalment a mesurar la màxima velocitat de llançament en diferents situacions i la màxima alçada de salt. No apareixen investigacions on es valori la capacitat de mantenir, el més alt possible, el cos fora de l'aigua durant un determinat temps. És per això, que tant pel seu nivell d'especificitat, com per la seva importància en les accions defensives, s'hauria d'incloure en el protocol de valoració. En aquest treball es presenta una proposta per al seu control.

Per últim, el propòsit d'aquest estudi és determinar si s'estableixen correlacions entre la potència muscular de les extremitats superiors i inferiors, mitjançant els exercicis de "peck-deck" i premsa de cames, amb la velocitat de llançament, l'alçada i alçada mantinguda de salt i les característiques antropomètriques en jugadors de waterpolo.

Material i mètodes

Subjectes

Nou jugadors, de la Federació Catalana de Waterpolo, amb una mitjana d'edat de $16,8 \pm 0,8$ anys, massa corporal de $73,5 \pm 7,2$ kg i alçada de $184,7 \pm 7,9$ cm, IMC de $21,5 \pm 1,3$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), envergadura de $192,4 \pm 7,8$ cm, % gras $10,9 \pm 2,1$, pes gras $8,1 \pm 2,1$ kg, % muscular $48,6 \pm 1,6$ i pes muscular de $35,7 \pm 3,5$ kg van participar voluntàriament en aquest estudi. Tots els subjectes eren jugadors de camp i entrenaven una mitjana de 15 hores/setmana. Els jugadors van ser informats de l'objectiu, contingut i característiques del projecte. Així mateix, tots ells van signar per escrit el consentiment per formar part de la mostra. Cap d'ells patia cap malaltia o lesió que pogués limitar el rendiment esportiu.

Material

El material que es va utilitzar per a la realització d'aquest estudi va ser el següent:

- Velocímetre Radar Stalker Pro (Applied Concepts Inc., Pla Texas, TX, EUA) amb una precisió $\pm 0,1$ MPH, rang de velocitat 1 -300 MPH, 1-480 KPH amb una freqüència de registre de 100Hz i amb 0,045 sensibilitat $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Les unitats de mesura es van expressar en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Equip de valoració per a la força i la potència MuscleLab model 4000/4000e (Ergotest Innovtion a.s., Porsgrum Norway. Les unitats dels valors de força obtinguts es van expressar en watts (W).
- Pilota de waterpolo, model Mikasa 6000W Tricolor.
- Porteria reglamentària de waterpolo, mesures de $3 \times 0,90$ m.
- Material de cineantropometria: bàscula (kg), tallímetre (cm), plicòmetre (mm), i antropòmetre (cm).
- Càmera de filmar Casio ComputerCo.,Ltd EXILIM High speed EXFC 100,Tòquio.
- Trípede Hama Star 5 Traveller.
- Programa Kinovea 0.8.15. Les unitats es van expressar en m.
- Programa estadístic SPSS Inc., Chicago, IL, USA v.18.0.

Procediment

L'estudi es va fer a les instal·lacions del Centre d'Alt Rendiment (CAR) de Sant Cugat del Vallès (Barcelona). Es va comptar amb la participació de la unitat de fisiologia del CAR i del laboratori de fisiologia de l'INEFC Barcelona.

El procediment que es va aplicar per al desplegament del present estudi va consistir a executar els protocols de valoració que es descriuen a continuació en 2 dies diferents. D'aquesta manera, es va evitar que hi haguessin possibles influències per la fatiga acumulada. El primer dia es va fer el test de potència en premsa de cames horitzontal i en l'exercici de pectoral "peck-deck". El segon dia es va dur a terme el control de velocitat màxima de llançament, i el de màxima alçada i alçada mantinguda de salt. Es va informar els jugadors que seguissin una dieta normalitzada i hàbits saludables els dies anteriors i durant el projecte.

Tots els subjectes estaven familiaritzats amb els protocols, material i característiques de les proves. D'aquesta manera, es va garantir la correcta execució de cadascun dels tests. A continuació, es descriuen els protocols d'actuació de cada prova:

Test de potència muscular

Per a la seva avaluació es va fer un test de càrregues progressives realitzant les repeticions a màxima velocitat possible (Bosco, 1997). Els exercicis elegits per a la seva avaluació van ser la premsa de cames horitzontal i l'exercici de pectoral de "peck-deck". Previ a l'execució de les proves, els subjectes van fer un escalfament general que va consistir en exercicis de mobilitat articular i un escalfament específic de 15 repeticions de l'exercici a testar. En l'avaluació de la premsa de cames, el subjecte es col·locava inicialment amb les cames flexionades a 90°, monitoritzat amb el goniòmetre, fins a completar la màxima extensió. En l'exercici de "peck-deck", la posició de partida era amb flexió de colzes a 90° i a l'alçada de l'articulació escapulohumeral, fins a completar el recorregut. En cadascun dels continguts es va fer un test de càrregues progressives (4 càrregues) a diferents percentatges del RM (20 %, 40 %, 60 % i 80 % de RM) per poder obtenir la corba de potència (Tous, 1999). Per a cada càrrega, el subjecte executava repeticions fins que es produïa una disminució dels nivells de potència en dues repeticions consecutives. Al final de cada repetició (fase concèntrica) es feia una parada de 3 segons. De cadascun dels exercicis es va escollir, per a cada pes, la repetició amb què s'obtenien majors nivells de potència. Per a l'anàlisi estadística es va utilitzar el pic de màxima potència de la corba de potència – càrrega externa, de cada exercici.

Valoració de la velocitat de llançament

Per al registre de la velocitat màxima de la pilota es va emprar el radar StalkerPro, una eina de valoració objectiva de la velocitat d'un projectil (Ferregut, Alcaraz, Vila, Abraldes, & Rodríguez, 2010). Es va determinar la velocitat màxima de llançament utilitzant dues tècniques diferents de llançaments:

- Llançament amb suport inicial de la pilota a l'aigua (T1): el jugador subjecta la pilota per la seva banda superior, recolzat aquest a la superfície de l'aigua. A continuació arma el braç i llança el mòbil cap a la porteria.
- Llançament amb doble finta (T2): el subjecte inicia l'exercici amb el braç armat. A continuació realitza dues fintes consecutives sense aturada, i llança el mòbil cap a la porteria.

Després d'un escalfament de 10 min de nedada, 10 min de desplaçaments específics, 5 min de passades

en moviment i rotació completa i 5 min de llançaments a porteria es van realitzar els tests.

Per a la seva avaluació, cada jugador va executar cinc llançaments seguits a la màxima velocitat des de la zona de 6 m. Segons Arturo Abraldes, Ferregut, Rodríguez, Alcaraz i Vila (2011) van comprovar que el 52,86 % dels llançaments executats en un partit eren executats des d'una distància superior als 5 m. Els cinc llançaments es van fer en ambdues tècniques descrites anteriorment i amb el mateix ordre presentat. Entre cada tipus del llançament es va deixar un període de recuperació de 5 min. Els intents es van realitzar amb la mà hàbil, sense porter i havien d'acabar en gol. En el cas de fallar el llançament, aquest es tornava a repetir. Les repeticions es van fer lliurement, sense ordre prèvia. Els resultats es van anotar en un full de registre. Dels cinc llançaments es va seleccionar el millor per a l'ulterior anàlisi.

Valoració del salt vertical i l'alçada mantinguda

En aquest apartat es van plantejar dos objectius: valorar la màxima alçada vertical i la màxima alçada a què el jugador pot mantenir el cos fora de l'aigua durant 5 segons.

Per al seu registre s'ha utilitzat, en ambdues proves, una càmera de filmació d'alta velocitat. A més a més, es va utilitzar una taula de fusta, d'un metre de longitud, amb línies marcades cada cinc centímetres. Aquesta es va subjectar en un dels pals de la porteria per utilitzar-la com a referència de distàncies en el tractament de dades. Per a l'anàlisi de dades es va utilitzar el programa Kinovea.

Tots els participants van realitzar un escalfament estandarditzat previ a la realització de les proves, que va consistir en 10 min de nedada, 10 min d'exercicis generals i 10 min de moviments específics.

Màxima alçada vertical

La finalitat d'aquesta prova és mesurar la màxima alçada vertical a què el jugador pot moure el cos fora de l'aigua. En la fase inicial del test, el subjecte es manté surant amb l'apòfisi del mentó just per sobre de la superfície de l'aigua i sense oscil·lacions verticals. A continuació, sense ordre previ i lliurement, el jugador realitza el salt vertical cercant el màxim abast amb la mà. En tot moment, el jugador ha de mantenir el cap mirant cap a la mà. Es van fer tres repeticions amb cada braç i es va establir un descans de 3 min entre repeticions. Per a la

seva avaluació es va mesurar la distància entre la superfície de l'aigua i la màxima alçada de l'apòfisi del mentó. Dels 3 intents amb cada braç, es va seleccionar el millor i es va fer un mitjana d'aquests per a l'anàlisi estadística.

Màxima alçada a què el jugador es pot mantenir durant 5 segons

La finalitat d'aquesta prova és mesurar la màxima alçada a què el jugador pot mantenir el cos fora de l'aigua durant 5 segons. Inicialment, el subjecte es manté surant amb l'apòfisi del mentó just per sobre de la superfície de l'aigua i sense oscil·lacions verticals. A continuació, sense ordre previ i lliurement, el jugador eleva el cos fora de l'aigua intentant mantenir la màxima alçada durant els 5 segons. Durant la realització de l'avaluació, el subjecte ha de romandre amb el braç aixecat, simulant així l'acció de bloqueig. Així mateix, durant l'execució, el jugador ha de mantenir la posició del cap mirant cap endavant. En tot moment el cos ha de romandre en la mateixa zona, sense moviments anteroposteriors, i sense sobrepassar la referència mètrica. Per a la seva avaluació es va mesurar la distància entre la superfície de l'aigua i l'alçada de l'apòfisi del mentó. El mesurament comença en el moment que el jugador obté la màxima alçada i es registra durant 5 segons. El resultat s'obté fent un mitjana d'aquest interval de 5 segons. Dels 3 intents amb cada braç es va seleccionar el millor i es va fer un mitjana d'aquests per a l'anàlisi estadística.

Variabls antropomètriques

Aquesta fase va consistir a avaluar les característiques antropomètriques dels diferents jugadors, amb l'objectiu de caracteritzar-los morfològicament.

Els paràmetres que es van mesurar van ser el pes i la talla mitjançant una bàscula (Sartorius EA 150 FEG, Alemanya) amb una precisió mínima de 100 g i un tallímetre (Holtain) amb una precisió d'1 mm. Calculant-se a partir d'aquests l'índex de massa corporal (IMC). També es va mesurar l'envergadura mitjançant l'antropòmetre (Holtain Harpenden Anthropometer) amb una precisió de 1 mm i els plecs cutanis amb el lipòmetre (Holtain T/W Skinfold Caliper, Anglaterra) amb una precisió de 0,2 mm. Amb el propòsit d'estandarditzar i unificar criteris quant a la tècnica de mesurament i consideració de punts anatòmics es van seguir els criteris de la International Society of the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), basant-se en la metodologia proposada de Ross i Marfell-Jones (1991).

Les proves per a la determinació de les característiques antropomètriques van ser fetes per personal especialitzat de la unitat de fisiologia del CAR de Sant Cugat del Vallès.

Tractament estadístic

Per al tractament de dades es va utilitzar el programa estadístic SPSS. En primer lloc es va realitzar una anàlisi descriptiva de cadascuna de les variables estudiades (màximes, mínimes, mitjanes i desviació estàndard). Posteriorment, per observar la relació entre les variables d'interès, es va utilitzar l'estadística inferencial, aplicant el coeficient de correlació no paramètric de Spearman. El nivell de significança establert va ser de $p = 0,05$.

Resultats

A la *taula 1* es mostren les característiques antropomètriques (mitjanes i desviació estàndard) dels nou jugadors.

A la *taula 2* s'observen els resultats de les variables de rendiment analitzades (màximes i desviació estàndard): potència en premsa de cames i "peck-deck", velocitat de llançament amb les dues tècniques utilitzades, i alçada i alçada mantinguda de salt.

Variables	Mitjana i DE
Edat (anys)	16,8 ± 0,8
Pes (kg)	73,5 ± 7,2
Alçada (cm)	184,7 ± 7,9
IMC	21,5 ± 1,3
Envergadura	192,4 ± 7,8
Percentatge gras (%)	10,9 ± 2,1
Pes gras (kg)	8,1 ± 2,1
Percentatge muscular (%)	48,6 ± 1,6
Pes muscular (Kg)	35,7 ± 3,5
DE: desviació estàndard.	

Taula 1. Característiques antropomètriques (mitjanes i DE)

Variables	Mitjana i DE
Potència premsa de cames horitzontal (W)	626,36 ± 63,9
Potència "peck-deck" (W)	370,68 ± 63,1
Màx. velocitat de llançament T1 ($m \cdot s^{-1}$)	18,98 ± 0,6
Màx. velocitat de llançament T2 ($m \cdot s^{-1}$)	18,8 ± 0,8
Màx. alçada mantinguda de salt (m)	0,25 ± 0,02
Màx. alçada de salt (m)	0,73 ± 0,05

Taula 2. Variabls de rendiment (mitjanes i DE)

Variables		Potència "peck-deck"	Potència premsa cames	Màx. vel. llanç. T1	Màx. vel. llanç. T2	Màx. alçada mantinguda	Màx. alçada de salt
Pes	Coef. de cor.	0,867	0,183	0,451	0,538	0,050	0,083
	Sig. (bilateral)	0,002	0,637	0,223	0,135	0,898	0,831
Alçada	Coef. de cor.	0,467	0,000	0,000	0,437	-0,150	0,483
	Sig. (bilateral)	0,205	1,000	1,000	0,240	0,700	0,187
IMC	Coef. de cor.	0,583	0,217	0,528	0,345	-0,033	-0,350
	Sig. (bilateral)	0,099	0,576	0,144	0,364	0,932	0,356
Envergadura	Coef. de cor.	0,717	0,200	0,136	0,563	-0,267	0,417
	Sig. (bilateral)	0,030	0,606	0,727	0,114	0,488	0,265
% greix	Coef. de cor.	0,217	0,350	-0,179	0,034	-0,517	-0,233
	Sig. (bilateral)	0,576	0,356	0,645	0,932	0,154	0,546
Pes gras	Coef. de cor.	0,533	0,217	0,230	0,462	-0,367	-0,250
	Sig. (bilateral)	0,139	0,576	0,552	0,210	0,332	0,516
% muscular	Coef. de cor.	0,109	-0,435	0,248	0,304	0,251	0,268
	Sig. (bilateral)	0,781	0,242	0,520	0,427	0,515	0,486
Pes muscular	Coef. de cor.	0,865	0,186	0,554	0,658	0,119	0,136
	Sig. (bilateral)	0,003	0,631	0,122	0,054	0,761	0,728
Sumatori plecs	Coef. de cor.	0,367	0,133	0,026	0,311	-0,517	-0,300
	Sig. (bilateral)	0,332	0,732	0,948	0,415	0,154	0,433

Taula 3. Matriu de correlacions de les variables de rendiment

Després de realitzar l'anàlisi del coeficient de correlació de Spearman entre les variables antropomètriques i les variables de rendiment es van obtenir els resultats següents: es va observar una correlació entre el pes, l'envergadura i el pes muscular amb la potència generada per les extremitats superiors ($r = 0,867$ $p < 0,01$; $r = 0,71$ $p < 0,05$; $r = 0,86$ $p < 0,01$, respectivament). No es van trobar més correlacions entre les altres variables antropomètriques i les variables de rendiment (taula 3).

D'altra banda, també es va analitzar la relació que existia entre les pròpies variables de rendiment. Així, quan es correlaciona la màxima velocitat de llançament de la tècnica 1 i tècnica 2 amb la màxima potència en l'exercici de "peck-deck" s'obté una relació moderada no significativa ($r = 0,50$, $p > 0,05$ i $r = 0,66$ $p > 0,05$, respectivament). De la mateixa manera, la correlació entre la màxima potència en premsa de cames i la màxima alçada pot considerar-se mitjana-baixa ($r = 0,31$ $p > 0,05$). No obstant això, els nostres resultats indiquen que no hi ha relació entre les variables màxima potència en premsa de cames i alçada mantinguda de salt ($r = 0,00$ $p > 0,05$). Finalment, tampoc es correlaciona la màxima potència en la premsa de cames i la màxima velocitat de llançament, amb ambdues tècniques ($r = 0,09$ $p > 0,05$ i $r = -0,17$ $p > 0,05$, respectivament).

Discussió

Els resultats de l'anàlisi estadística realitzada, indiquen que no es van establir correlacions significatives entre les variables de rendiment analitzades. Així, no es va trobar relació entre la potència mecànica de l'extremitat superior en l'exercici de "peck-deck" i la màxima velocitat de llançament amb ambdues tècniques. Encara que la correlació entre la màxima velocitat de llançament de la tècnica 1 i tècnica 2 amb la màxima potència en l'exercici de "peck-deck" no obté significació estadística, considerem que, donada la mida reduïda de la mostra es pot observar una tendència moderada de relació entre les esmentades variables. Igualment succeeix amb les variables màxima potència en premsa de cames i la màxima alçada. Aquests resultats, amb la deguda prudència, podrien considerar-se en la línia dels trobats per altres investigadors com Krueger et al. (2010) els qui van observar correlacions en exercicis d'extremitat superior i tronc, amb la velocitat de llançament en jugadors de waterpolo. En aquest cas, van establir relació entre l'exercici de *pull-over* i rotació de tronc al costat esquerre, amb la màxima velocitat de llançament: *pull-over* mà esquerra ($r = 0,70$, $p < 0,01$) i mà dreta ($r = 0,52$, $p < 0,01$); rotació tronc costat esquerre ($r = 0,67$, $p = 0,01$). Ferregut et al. (2011) van trobar correlacions entre la força isomètrica màxima

d'agafada amb la velocitat de llançament en presència de porter ($r = 0,603$; $p < 0,05$). En el llançament de penal, la pilota ha de mantenir-se ben fixada durant l'execució del moviment a més de fer una flexió de canell en la seva fase final. Per tant, en aquest tipus de moviments, la força en l'avantbraç podria ser molt important i estar relacionada amb el llançament (Ferregut, Vila et al., 2011).

Les diferències pel que fa a la significació trobades en el nostre estudi respecte a la bibliografia científica podrien explicar-se per la mida de la mostra, el mètode d'avaluació i el tipus de tractament estadístic utilitzat. En aquest treball, la mida de la mostra és petita. La metodologia utilitzada, així com el tipus d'exercici i grup muscular avaluats són diferents. Referent al tractament estadístic, per determinar l'existència de correlació entre variables, s'ha utilitzat la tècnica no paramètrica d'Spearman, no emprada en la major part d'estudis, malgrat comptar amb mostres reduïdes. Per tot això, malgrat no trobar significació estadística, s'estableix una relació moderada entre les variables esmentades. D'altra banda, cal destacar que en el nostre treball el control de la potència s'ha fet de manera directa emprant un codificador lineal connectat a un MuscleLab, en canvi, en els restants estudis la potència s'ha estimat de manera indirecta a través de l'alçada d'una bateria de salts. L'ocupació de diferent tecnologia pot ser un argument per explicar la diferència entre els resultats.

En la present investigació no es va observar una correlació significativa entre l'exercici de premsa de cames i la màxima velocitat de llançament en ambdues tècniques. En aquesta línia, Kruguer et al. (2010) van trobar correlació, encara que molt discreta entre abductors i màxima velocitat de llançament ($r = 0,57$, $p = 0,03$). També McCluskey et al. (2010) en un estudi fet en jugadors d'alt nivell va constatar una correlació moderada, entre la potència de les extremitats inferiors generada en el salt vertical fora de l'aigua, amb la velocitat de llançament ($r = 0,61$, $p < 0,01$). Tanmateix, segons aquests autors, aquesta relació no es mantindria en jugadors de menor nivell, pel fet que la seva acció d'impuls amb les cames *eggbeater kick* és menys eficient. Amb la potència generada per si sola no n'hi ha prou si no va acompanyada de bons nivells tècnics. En altres àmbits, fora del medi aquàtic com és el cas del golf, s'ha trobat que la premsa de cames correlacionava amb la velocitat de sortida de la bola (Torres, Solé, & Vallejo, 2010).

Quan es va relacionar l'exercici de premsa de cames amb la màxima alçada i màxima alçada mantin-

guda de salt, no es van obtenir correlacions ($r = 0,32$, $p > 0,05$ i $r = -0,40$, $p > 0,05$, respectivament). Saez Saez (2006) tampoc es van observar correlacions entre el test de 1RM en la premsa de cames i el test de salt vertical (SJ), amb el test de "Sargent" adaptat a l'aigua. Platanau (2005) i Platanau i Varamenti (2011) obtenen baixos nivells de correlació entre el salt en sec i el salt vertical a l'aigua ($r = 0,25$ i $r = 0,23$ $p > 0,195$ respectivament). Com es pot observar en els diferents estudis, encara que el salt vertical a l'aigua és explosiu, no sembla tenir correlació amb l'exercici de potència en sec. L'escassa relació trobada podria ser explicada per altres aspectes considerats més determinants, com la complexitat tècnica del moviment, les característiques del medi i les variables cinemàtiques, i no sols la musculatura implicada o la manifestació de força (Jacobs et al., 1996; Platanau, 2005; Sanders, 1999).

Aquest treball aporta informació nova sobre capacitat de mantenir, el més alt possible, el cos fora de l'aigua durant un determinat temps (alçada mantinguda). No hem trobat cap referència bibliogràfica que faci referència a aquesta capacitat que associem amb les accions de caràcter defensiu. Per aquesta raó, no podem establir comparacions dels resultats obtinguts amb altres investigacions. Ressaltem que no s'observa una correlació significativa entre la màxima alçada de salt i aquesta variable. Encara que es requereixen més estudis en aquesta línia, els nostres resultats ens suggereixen que fan falta metodologies diferents per al seu entrenament i control.

Finalment, de les diferents variables antropomètriques valorades com el pes corporal, envergadura i el pes muscular van correlacionar amb la potència mecànica realitzada a la màquina de "peck-deck". D'altra banda, no es van establir correlacions entre les variables antropomètriques i la potència mecànica en la premsa de cames, la velocitat de llançament amb ambdues tècniques i l'alçada i alçada mantinguda de salt. En aquesta línia, Vila et al. (2009) van obtenir correlacions entre la velocitat de llançament sense porter amb el diàmetre del fèmur i la longitud acròmion radial. Sembla que un major diàmetre del fèmur podria estar associat a majors nivells de força, la qual cosa ajudaria a estabilitzar millor les extremitats inferiors en el moment d'efectuar el llançament (Davis & Blanksbhy, 1977; Elliot & Armour, 1988; Vila et al., 2009). En canvi, en situació de llançament amb porter, es van determinar correlacions amb BMI, amb els plec axil·lar, de la cresta ilíaca, supraespinal i abdominal, amb el diàmetre del braç relaxat i contret flexionat, així

com amb el diàmetre del fèmur i biacromial Vila et al. (2009). En el seu estudi, McCluskey et al. (2009), van observar que els jugadors que llançaven a velocitats superiors a $15,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ eren més alts, més pesats, tenien major massa muscular i presentaven majors diàmetres en el braç i en el bessons, que els jugadors que llançaven per sota d'aquestes velocitats. Platanou (2011), va constatar, igual que en la present investigació, que la velocitat de llançament correlacionava amb l'envergadura. Finalment, Ferregut, Vila et al. (2011) van observar que tant l'amplària biacromial com l'amplària biepicondiliar del fèmur correlacionaven amb la velocitat de llançament amb porter. Alguns estudis constaten que la longitud d'espatlles guarda relació amb les palanques del moviment. Per tant, aquest moviment (rotació de tronc i espatlles) beneficiaria la velocitat de sortida de la pilota (Elliot & Armour, 1988; Wende, 2005).

Conclusions

Aquest estudi no mostra correlacions entre les variables de rendiment analitzades. No es van observar correlacions entre la potència muscular desenvolupada en el "peck-deck" i la màxima velocitat de llançament. Tampoc s'han establert relacions entre l'exercici de potència muscular executat en la premsa de cames amb la velocitat de llançament (ambdues tècniques); i amb l'alçada i alçada mantinguda de salt.

S'han observat correlacions entre variables antropomètriques i variables de rendiment. Concretament, s'ha demostrat que el pes, envergadura i el pes muscular influeixen en la potència mecànica realitzada a la màquina de "peck-deck".

S'ha comprovat que els jugadors que apliquen més potència en l'exercici de premsa de cames o en l'exercici de "peck-deck", no són els que llancen a més velocitat, salten més o aconsegueixen mantenir el cos fora de l'aigua més temps.

Segons els resultats obtinguts en aquest estudi, el treball d'extremitat inferior i superior fet només en sec no és suficient per a la millora del salt vertical a l'aigua o la velocitat de llançament. Considerem que el treball de força s'hauria de complementar amb treballs més específics a l'aigua, ja sigui mitjançant petits llasts o amb la utilització de complements.

Després d'aquesta experiència remarquem que l'avaluació de la força en el waterpolo ha de fer-se principalment en el seu medi específic.

Com a novetat, hem de destacar la introducció d'un protocol de valoració de l'alçada mantinguda, amb els resultats corresponents. Considerem, que és un bon complement a altres test utilitzats en la bibliografia, per presentar un major nivell d'especificitat en situació de joc.

Agraïments

Els autors agraïm la col·laboració de la Federació Catalana i la Federació Espanyola de Waterpolo, així com la dels jugadors que han participat voluntàriament en aquesta investigació. Agraïm també la col·laboració del departament d'investigació d'INEFC-Barcelona i el Departament de Fisiologia del Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

Referències

- Arturo Abalde, J., Ferregut, C., Rodríguez, N., Alcaraz, P. E., & Vila, H. (2011). Throwing velocity in elite water polo from different areas of the swimming pool. *Portuguese Journal of Sports Sciences*, 11 (Suppl. 2), 41-44.
- Ashley, C. D., & Weiss, L. W. (1994). Vertical jump performance and selected physiological characteristics of women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 8(1), 5-11.
- Baker, D. (1995). Selecting the appropriate exercises and load for speed-strength development. *Strength & Conditioning Coach*, 3(2): 8-16.
- Baker, D. & Nance, S. (1999). The relation between strength and power in professional rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 224-229.
- Bloomfield J., Blanksby B. A., Ackland T., Allison, G. T. (1990). The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*; 22: 63-7.
- Bosco, C. (1997). *La forza muscolare: aspetti fisiologici de applicazioni pratiche*. Roma: Società Stampa Sportiva.
- Canavan, P. K., & Vescovi, J. D. (2004). Evaluation of power prediction equations: peak vertical jumping power in women. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(9), 1589-1593. doi:10.1249/01.MSS.0000139802.96395.AC
- Chelly M. S., Hermassi S., Shephard R. J. (2010). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(6):1480-1487. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf
- Davis, T., & Blanksby, B. A. (1977). A cinematographic analysis of the overhead water polo throw. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 17(1), 5-16.
- Dopsaj, M., & Matcovic, I. (1999). The structure of technical and tactical activities of water polo players in the First Yugoslav League

- during the game. En *Biomechanics and Medicine in Swimming, Proceeding of the VIII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. University of Jyväskylä.
- Elliott, B. C., & Armour, J. (1988). The penalty throw in water polo: a cinematographic analysis. *Journal of sports sciences*, 6(2), 103-114. doi:10.1080/02640418808729801
- Ferregut, C., Alcaraz, P. E., Vila, H., Abraldes, J. A. & Rodriguez, N. (2010). Evaluation of the validity of radar for measuring throwing velocities in water polo. En *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*, 77-78.
- Ferregut, C., Vila, H., Abraldes, J. A., Argudo, F., Rodriguez, N., & Alcaraz P. E. (2011). Relationship among maximal grip, throw velocity and anthropometric parameters in elite water polo players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 26-32.
- Gorostiaga E. M., Granados C., Ibañez J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225-32. doi:10.1055/s-2004-820974
- Granados C., Izquierdo M., Ibañez J., Bonnbau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860-867. doi:10.1055/s-2007-964989
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2010). The effect of heavy-vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2408-2418. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e58d7c
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibañez, J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87(3):264-71. doi:10.1007/s00421-002-0628-y
- Jacobs, R., Bobbert, M. F., & Van Ingen Schenau, G. J. (1996). Mechanical output from individual muscles during explosive leg extensions: the role of biarticular muscles. *Journal of biomechanics*, 29(4), 513-523. doi:10.1016/0021-9290(95)00067-4
- Joris, H., Van Muyen, A., Van Ingen Schenau, G., & Kemper, H. (1985). Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players. *Journal of Biomechanics*, 18(6), 409-414. doi:10.1016/0021-9290(85)90275-1
- Krueger, M., Focke, T., Sperlich, B., Zinner, C., & Mester, J. (2010). Correlation between maximal dynamic strength of specific muscle groups and throwing speed in elite water polo players. *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*. Oslo.
- McCluskey L., Lynskey S., Leung C. K., Woodhouse D., Briffa, K., & Hopper, D. (2010). Throwing velocity and jump height in female water polo players: performance predictors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 236-40.
- Platanau, T. (2005). On-water and dryland vertical jump in water polo players. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 45(1), 26-31.
- Platanau, T., & Varamenti E. (2011). Relationship between anthropometric and physiological characteristics with throwing velocity and on water jump of female water polo players *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 51(2), 185-93.
- Podolsky, A., Kaufman, K. R., Cahalan, T. D., Aleshinsky, S. Y., & Chao, E. Y. (1990). The relationship of strength and jump height in figure skaters. *The American journal of sports medicine*, 18(4), 400-405. doi:10.1177/036354659001800412
- Saez Saez E. (2006). Determinación de la potencia en jugadores de waterpolo y su relación con otras variables de rendimiento. *Comunicaciones técnicas* (4), 19-28.
- Sanders, R. (1999). A model of kinematics variables determining height achieved in water polo 'Boosts'. *Journal of Applied Biomechanics*, 15(3), 270-283.
- Smith, H. K. . Applied Physiology of Water Polo. *Sports Med.* 26 (5): 317-334. doi:10.2165/00007256-199826050-00003
- Torres, L., Solé, J., & Vallejo, L. (2010). Relació entre la potència muscular d'extremitats inferiors i tronc amb la velocitat de sortida de la bola al swing de drive al golf. *Apunts. Educació Física i Esports* (101), 75-82.
- Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona. Ergo.
- Van den Tillar, R. (2004). Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: A brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 388-396.
- Vila, H., Ferregut, C., Argudo, F. M., Arbraldes, J. A., Rodriguez, N., & Alacid, F. (2009). Relación entre parámetros antropométricos y la velocidad de lanzamiento en jugadores de waterpolo. *Journal Of Human Sport And Exercise*, 4(1), 62-74.
- Wende, K. V. D. (2005). *The effects of game specific task constraints on the outcome of the water polo shot* (Doctoral dissertation, Auckland University of Technology).