



Rendiment i entrenament

Paraules clau

biomecànica, handbol, llançament, velocitat de la pilota, precisió

Importància de la velocitat de sortida de la pilota i de la precisió com a paràmetres d'eficàcia en el llançament en salt a distància en l'handbol

Juan A. Párraga Montilla*Universidad de Jaén***Aurelio Sánchez Vinuesa***Universidad de Granada***Antonio Oña Sicilia***Universidad de Granada***Abstract**

This article analyses the speed and precision of the ball when it leaves the hand, in order to be located in the goal, as the main parameters of the effectiveness of a long-distance throw in handball. A photogrametric, bidimensional (2D) study is carried out in order to calculate the speed of the ball, just it leaves the thrower's hand; then the results are contrasted with the ones obtained in other similar studies. Equally, the ball precision is investigated bearing in mind that the target we find is variable (size, shape, location, etc.). effective areas from which to score a goal will differ every time due to: a) the position of the goalkeeper and the chance he will move around until the ball is out of his reach and b) the position of the ball at the moment when it leaves the thrower's hand.

After carrying out a previous study, in which the antecedents related to the highest difficulty zones for the goalkeeper to cover are analysed, we proceed to define areas with greater or lesser effectiveness, signing points between 0 to the 10 to the different zones of the goal, according to the difficulty the goalkeeper has in accessing them in order to intervene with the ball.

The analysis of the result shows that the speed rates which have been obtained are similar to those obtained in studies carried out using the same methodological characteristics. Furthermore, the precision does not appear to be affected by the speed with the ball leaves the hand, the moment of throwing the ball nor by the position of the goalkeeper.

Key words*biomechanich, handball, long distance throw, speed, precision***Resum**

En aquest estudi s'analitza la velocitat de sortida de la pilota i la precisió, en la seva localització en la porteria, com a paràmetres determinants de l'eficàcia del llançament en salt a distància en handbol.

Es realitza un estudi fotogramètric bidimensional (2D) per calcular la velocitat de la pilota, en el moment de perdre contacte amb la mà executora, i es contrasten els resultats amb els obtinguts en estudis similars. Igualment, s'analitza la precisió de la pilota, tenint en compte que el blanc a localitzar és variable (grandària, forma, localització, etc.). Els espais eficaços, per localitzar la pilota en la porteria, dependran en cada moment: a) de la posició del porter i les possibilitats de moviment fins que la pilota es trobi fora de l'abast d'aquest, i b) de la posició de la pilota en el moment de sortida de la mà del llançador.

Després de realitzar un estudi previ, en què s'analitzen antecedents d'investigació relatius a les zones de més dificultat d'intervenció per al porter, es procedeix a la definició d'espais de major o menor eficàcia, mitjançant l'assignació de puntuació (entre 0 i 10 punts), a diferents zones de la porteria, d'acord amb la dificultat d'accés per part del porter en les seves intervencions.

L'anàlisi dels resultats mostra que les taxes de velocitat obtingudes són similars a les obtingudes en estudis amb les mateixes característiques metodològiques. A més a més, la precisió no es veu afectada per la velocitat de sortida de la pilota, el moment del llançament i la posició del porter.



Introducció

El llançament a porteria en el context general del joc d'handbol

En el joc de l'handbol, de la mateixa manera que en altres esports col·lectius, el llançament a porteria suposa la fase de culminació de tota la construcció de l'anomenat cicle de joc en atac (Antón, 1990). El seu resultat condiciona l'èxit o el fracàs de les accions que el precedeixen i la possibilitat d'aconseguir l'objectiu per excel·lència del joc, el gol. Suposa, a més a més, l'acte final dels encadenaments tècnics i/o tàctics, individuals i/o col·lectius, d'un equip i, per tant, la manifestació de la seva eficàcia. De fet, la materialització objectiva de l'èxit, valorada en el resultat, resideix, prioritàriament, en la determinació final d'aquesta acció del joc. D'aquí ve la importància que adquireix en el context general de l'alta competició esportiva.

És objectiu prioritari el coneixement, de forma precisa, dels mecanismes que defineixen el funcionament del llançament, la seva estructura i les seves possibilitats d'aplicació, mitjançant l'establiment d'estratègies d'aprenentatge i/o entrenament que garanteixin un adequat procés de formació o especialització del jugador, tot permetent el desenvolupament de les habilitats motores especialitzades en el seu més alt nivell d'aplicació al joc de màxima competència. Això comporta una adequació contínua a les exigències del joc modern en els màxims nivells d'especialització esportiva i en la pràctica que se'n fa en la competició real. Si analitzem el llançament de llarga distància, 9-10 m de la porteria, comprovem que fonamentalment està supeditat al gran espai que hi ha entre la porteria i la pilota en el moment en què aquesta perd el contacte amb la mà. El porter, en aquest cas, disposa de més temps per realitzar la intervenció respecte als llançaments realitzats a distàncies més curtes, cosa que suposa menor avantatge per al llançador i, per tant, més avantatge per al porter. En aquest cas, hem de considerar com a paràmetre d'eficàcia que el temps que triga la pilota, des que surt de la mà fins que traspasa la línia de porteria entre pals, ha de ser inferior o si més no, no gaire superior al **temps de reacció (TR)**, (temps que transcorre des que es produeix l'estimulació, l'aparició de l'estímul, fins que es produeix l'inici del moviment), i no gaire superior al **temps de mo-**

viment (TM), (temps des de l'inici fins al final de la resposta motora, que necessita el porter per realitzar la seva intervenció), d'aquesta manera es veu obligat a utilitzar estratègies d'anticipació en les seves intervencions i, per tant, a assumir un nivell de risc més alt, cosa que suposaria, en principi, un avantatge inicial superior per a l'atacant respecte del porter.

En investigacions precedents, que analitzen la velocitat de sortida de la pilota en un llançament en l'handbol, destaquem les realitzades per Pokrajac (1980), on s'estudia el temps que triga la pilota a arribar a la porteria des que es desprèn de la mà del llançador. Les dades oscil·len entre 0,36 i 0,51 segons per a llançaments realitzats a 10 m de distància, mentre que per a llançaments a distàncies de 9 m, les dades oscil·len entre 0,32 i 0,46 segons. Bayer (1987), en un estudi amb metodologia similar, obté valors que oscil·len entre 0,40 s i 0,60 s, per a llançaments de 10 m, i valors que oscil·len entre 0,36 s i 0,68 s, per a llançaments des de 9 m.

En aquest cas, si coneixem el temps que triga la pilota a arribar a la porteria, cal, igualment, conèixer el temps mínim que necessita el porter, perquè la seva intervenció sigui eficaç. En aquesta línia, Zeier (1987) realitza estudis en què analitza el temps de reacció i el temps de moviment en porters d'elit. Els valors obtinguts oscil·len entre 0,57 s, 0,49 s i 0,39 s. Pokrajac (1980), en estudis similars, obté valors que oscil·len entre 0,63 i 0,69 s tenint en compte que, en aquest cas, els valors expressen el resultat total de la suma de TR i TM.

De la comparació de tots dos estudis obtenim dades que indiquen que un llançament on la pilota assoleixi una velocitat superior a 20 ms⁻¹, i sigui realitzat a una distància de la porteria de 9 m o inferior, obligarien, en cas d'estar localitzada eficaçment, que el porter utilitzés estratègies d'anticipació per poder interceptar la pilota.

Les dades anteriors semblen fer palès que l'eficàcia del llançament a distància depèn, en un percentatge molt elevat, de la velocitat de sortida de la pilota i, paral·lelament, de la precisió o localització de la pilota en la porteria en funció de la posició del porter (Fleck i col., 1992), a més a més de les que corresponen a factors de tipus tàctic d'adequació del moment, tipus de llançament, distància, angle, característiques del llançador, oponents, etc. En aquest cas, relacionats entre ells, haurien de ser els objectius

de referència sobre els quals s'han de construir totes les formes d'aplicació del llançament i, en gran mesura, l'entrenament del llançador, des d'una perspectiva tècnica, ha de basar-se en la millora prioritària d'aquests dos paràmetres.

Un dels sistemes més utilitzats, per a l'anàlisi de la velocitat de sortida de la pilota, és el descrit per Filliard (1989) que posa l'èmfasi en la utilització del *Radar de funcionament per efecte Doppler* en l'obtenció de mesures de velocitat de la pilota en l'handbol. En aquest aparell destaca la capacitat per mesurar la velocitat d'objectes mòbils en una situació esportiva, amb la utilització, mitjançant un radar fàcil i simple de manejar, que permet de calcular les velocitats de la pilota durant el transcurs d'un partit. L'obtenció de les dades es fa de forma directa en el joc real, sense necessitat d'utilitzar mesures en laboratori o fora de la competició. Aquest instrument de mesurament ha estat utilitzat en diferents modalitats esportives, on l'obtenció immediata de la velocitat pot suposar una dada rellevant per a la mateixa competició (tennis, futbol, voleibol, etc.).

Utilitzant aquest mateix instrument de mesura, en una línia d'investigació similar, es troben els treballs de Pokrajac (1980). En aquests s'analitza el llançament a porteria en salt en jugadors que pertanyen a diferents seleccions nacionals. Els resultats ofereixen dades interessants i mostren que la velocitat de sortida de la pilota en jugadors danesos és de 21,13 ms⁻¹, en jugadors polonesos és de 18,80 ms⁻¹ i en jugadors australians entre 18,05 i 25,00 ms⁻¹. Bretagne (1980), pel mateix procediment, obté resultats d'entre 17,50 i 25,55 ms⁻¹ per als llançaments realitzats sense saltar i d'entre 18,61 i 26,38 ms⁻¹ en llançaments realitzats en salt.

Un altre sistema important de mesurament de la velocitat de la pilota és el que va fer servir Holt (1969), denominat *Hale Reacción-Performance Timer*, que mesura el temps entre 1/100 per segon i que a diferència del radar per efecte Doppler s'utilitza fora del context de competició, és a dir, en condicions de laboratori. L'instrument es posa en funcionament cada vegada que s'inicia el llançament de la pilota des del lloc determinat per fer-ho, aleshores s'obre el circuit i comença a funcionar el rellotge que ens indicarà, en el moment final, el temps transcorregut. Tan bon punt la pilota arriba a la seva destinació (un blanc situat a una

Taula 1.

Velocitats i durada del vol de la pilota en llançaments a porteria en handbol des de diferents distàncies, segons l'estudi desenvolupat per Bayer (1987).

Distància de llançament	Velocitat de la pilota	Durada del vol
10 m	27,77 ms ⁻¹	0,40 s
	20,00 ms ⁻¹	0,50 s
	16,66 ms ⁻¹	0,60 s
	13,88 ms ⁻¹	0,75 s
9 m	27,77 ms ⁻¹	0,36 s
	19,44 ms ⁻¹	0,45 s
	16,66 ms ⁻¹	0,54 s
	13,88 ms ⁻¹	0,68 s
7 m	27,77 ms ⁻¹	0,28 s
	19,44 ms ⁻¹	0,35 s
	16,66 ms ⁻¹	0,42 s

distància determinada) el circuit es tanca i el rellotge s'atura i indica el temps emprat per la pilota des del començament del moviment fins a la zona de contacte. En aquest cas, cal adequar el gest analitzat a les necessitats que marca el sistema, que pot diferir del que s'utilitza en la mateixa competició.

Zeier (1987) confirma les dades anteriors en obtenir, en estudis similars, que en llançaments a distància de 8 metres la velocitat de sortida oscil·la entre 20,50 ms⁻¹ i 22,22 ms⁻¹. Igualment, els llançaments dels millors jugadors austríacs i danesos arriben a unes velocitats de sortida d'aproximadament 22,00 ms⁻¹ (Muller, 1980; Mikkelsen i Olesen, 1976). Jöris i col. (1985) obtenen velocitats de 17,2 ms⁻¹ en un estudi realitzat amb 56 jugadores d'handbol, i aquest és un dels pocs estudis, en aquesta línia, trobats realitzats amb equips femenins d'handbol.

Un treball que mereix ser ressaltat és el realitzat per Bayer (1987). En aquest estudi es descriuen els resultats obtinguts, en investigacions realitzades en llançaments a porteria, en funció de la distància i la velocitat de la pilota, i es determina el temps que aquesta triga a arribar a la porteria en cada un dels casos (taula 1).

Pel que fa a la precisió, en la localització de la pilota en la porteria en zones eficaces, ja indicàvem a l'inici de l'exposició que seria determinada per múltiples variables que incideixen en cada moment concret del joc i que fan que els criteris d'eficàcia siguin difícils de determinar. Algunes de les variables més

destacades són: la situació i posició del porter en el moment del llançament, la situació i posició del llançador, l'antropometria del llançador, del/s defensor/s i del porter, etc. L'objectiu del llançament, en qualsevol cas, serà l'elecció adequada de les zones de localització de la pilota i la mateixa localització d'aquesta en la porteria, això, junt amb una velocitat de la pilota òptima, suposarà l'augment dels nivells de dificultat de les intervencions del porter i, per tant, de les possibilitats d'èxit atacant. Davant de llançaments amb poca precisió i localitzacions en la porteria accessibles per al porter, caldria augmentar la velocitat del llançament i/o reduir-ne la distància, perquè el porter no pugui aturar la pilota sense utilitzar tècniques d'anticipació, cosa que suposaria més compromís en assumir un risc superior.

En aquest sentit, caldrà analitzar les zones i angles de la porteria que suposen més dificultat per a les intervencions del porter (sense valorar la situació i posició d'aquest) i que estan determinats fonamentalment per tres factors: a) *paràmetres antropomètrics del porter*, b) *aspectes energètics-capacitat de moviment del porter* i c) *situació de la pilota en el moment del llançament respecte a la porteria*. Els primers determinaran les distàncies dels diferents espais en la porteria, els segons, les possibilitats de moviment fonamentalment determinades en el moment de reacció i per l'eficàcia de les implicacions de les articulacions en la intervenció i, els tercers, els espais de la porteria de més dificultat en funció de la situació de la pilota i els dos paràmetres referits anteriorment.

Zeier (1987), en el seu estudi, valorava la relació existent entre el porter i la porteria, aportant dades significatives a tenir en compte. Si prenem com a referència un porter de 185 cm d'alçada i 190 cm d'envergadura (considerada des de la punta del dit d'una mà fins a la punta del dit de l'altra mà, estant en posició dempeus amb els braços en creu) i amb el porter situat al centre de la porteria, les distàncies que s'originen des dels punts més distals del cos fins als pals i el travessar de la porteria, ens indicaran les zones de més dificultat (en distància) per aturar la pilota. La capacitat de moviment del porter es veurà dificultada per les articulacions que hagin de participar en l'acció i els angles que formin els diferents segments afectats pel moviment.

La majoria dels estudis trobats relacionats amb la precisió del llançament a porteria en

l'handbol, utilitzen blancs estàtics com a dianes de diferents grandàries amb diverses zones de puntuació determinades per cercles concèntrics, algunes situades en la porteria (una diana o diverses) i d'altres, com a referències de localització. Pauwel (1976) utilitza cercles de 0,5 m de diàmetre. Jöris i col. (1985) utilitzen una zona de 40 x 40 cm on havien de fer blanc. Carreras (1992) utilitza un test de precisió marcant a la porteria d'handbol quatre quadrats de 55 x 55 cm. Rouard i Carré (1987) utilitzen cinc cercles concèntrics progressius de 18,5 en 18,5 cm (equivalent a la pilota d'handbol masculí). En el nostre estudi es van plantejar tres objectius clars d'investigació:

- Determinar la velocitat de sortida de la pilota en un llançament en salt en l'handbol.
- Determinar la precisió en la localització de la pilota en la porteria en un llançament en salt amb velocitat de sortida màxima.
- Comprovar la relació existent entre la precisió en la localització de la pilota en la porteria i la velocitat de sortida de la pilota.
- Deduir, en base a les dades obtingudes, aplicacions pràctiques per a l'entrenament del llançament en l'handbol.

Material i mètodes

L'estudi va ser realitzat amb 16 jugadors d'handbol, que en el moment de realització de l'experiment militaven en la Divisió d'Honor masculina de la Lliga ASOBAL Espanyola. L'edat mitjana era M = 22,68 anys SD = 2,55, pes M = 87,31 SD = 9,34 i alçada M = 1,86 m SD = 0,07. Tots els subjectes eren dretans, per tal d'evitar errors de digitalització en interposar-se el cos amb el braç executor en algun moment del llançament.

Cada subjecte va realitzar un total de 9 llançaments a porteria en 9 condicions diferents, determinades per la posició del porter, respecte a la porteria, i pel moment d'aparició de la imatge d'aquest:

- Condicció 1: Porter situat al centre de la porteria i aparició de l'estímul a 0 segons del moment d'enlairament del peu de batuda amb el terra.
- Condicció 2: Porter situat al centre de la porteria i aparició de l'estímul a 0,1 s del

moment d'enlairament del peu de batuda amb el terra.

- Condició 3: Porter situat al centre de la porteria i aparició de l'estímul a 0,2 s del moment d'enlairament del peu de batuda amb el terra.
- Condició 4: Porter situat a l'esquerra, respecte de la porteria, (dreta, respecte al llançador) i aparició de l'estímul a 0 s de l'enlairament del peu de batuda.
- Condició 5: Porter situat a l'esquerra, respecte de la porteria, (dreta, respecte al llançador) i aparició de l'estímul a 0,1 s de l'enlairament del peu de batuda.
- Condició 6: Porter situat a l'esquerra, respecte de la porteria, (dreta, respecte al llançador) i aparició de l'estímul a 0,2 s de l'enlairament del peu de batuda.
- Condició 7: Porter situat a la dreta, respecte de la porteria, (esquerra, respecte al llançador) i aparició de l'estímul a 0 s de l'enlairament del peu de batuda.
- Condició 8: Porter situat a la dreta, respecte de la porteria, (esquerra, respecte al llançador) i aparició de l'estímul a 0,1 s de l'enlairament del peu de batuda.
- Condició 9: Porter situat a la dreta, respecte de la porteria, (esquerra, respecte al llançador) i aparició de l'estímul a 0,2 s de l'enlairament del peu de batuda.

Els llançaments es van realitzar a una distància de 9 metres respecte de la porteria i just en la perpendicular imaginària que divideix la línia de porteria en dues meitats iguals. Els llançaments es van executar de forma consecutiva, fins a concloure les nou condicions proposades, i quan va finalitzar el subjecte 1 va procedir el subjecte 2 i així successivament. Als llançadors se'ls va indicar que la pilota havia de sortir, en tots els llançaments, amb la major velocitat possible i, a més a més, en cada condició experimental, li van ser indicades les zones de preferència (amb més puntuació) on havia de localitzar la pilota en la imatge projectada de la porteria i el porter en una pantalla de projecció.

El disseny utilitzat es correspon amb un disseny d'investigació intrasubjecte-multivariat (3X3) (Pereda, 1987) on les variables independents es concreten en dos: moment d'aparició de l'estímul (amb tres nivells diferents) i posició del porter, respecte de la porteria (amb tres nivells diferents).

Per determinar les zones de preferència de localització de la pilota en la porteria es van se-

guir com a referència els estudis realitzats per Zeier (1987), i es va establir un esquema on s'assignaven puntuacions a cada zona de localització, d'acord amb l'eficàcia teòrica. La posició del porter es va determinar després de realitzar un estudi previ, en què es van analitzar 20 porters de màxima categoria nacional, mitjançant la visualització de vídeos de partits de màxima competició esportiva.

Per a obtenir els enregistraments s'utilitzaren tècniques fotogramètriques bidimensionals (2D) indirectes emprant una càmera de vídeo, Panasonic SVHS NV MSY, situada amb una orientació de 90° respecte a la trajectòria teòrica del desplaçament descrita pels jugadors. Es va filmar a una freqüència de 50 imatges per segon i amb una resolució i qualitat d'imatge de 307.200 píxels, amb ajustament manual de les òptiques i l'obturador. A més a més, es va utilitzar un ordinador portàtil 486 a 60 MHz, un vídeo projector d'imatge, una catifa interruptor, la

pantalla de projecció, una pilota d'handbol homologada i el programa informàtic dissenyat per Moreno i col. (1997).

Amb l'objecte d'evitar errors imputables a la localització de la càmera, es va seguir el protocol descrit per Plajenhoeft (1971) i per Zernicke i Gregor (1979), en què indiquen que la posició d'aquesta ha de ser com més allunyada millor, respecte del subjecte, per tal d'impedir l'efecte de deformació produït per l'increment de mida dels elements més propers a la càmera. Es van evitar situacions que poguessin veure's interferides pel desplaçament de mòbils en tallar l'eix òptic. Per al calibratge de la filmació es va disposar d'un fàcil sistema de referències per a la consegüent obtenció de les coordenades bidimensionals (2D). Aquest va consistir en la disposició espacial de quatre pals de fusta, amb les distàncies conegudes, entre elles i a la càmera, i dins del camp d'execució del gest tècnic (figura 1).

Figura 1.

Esquema del sistema de referències utilitzat en la filmació del gest.

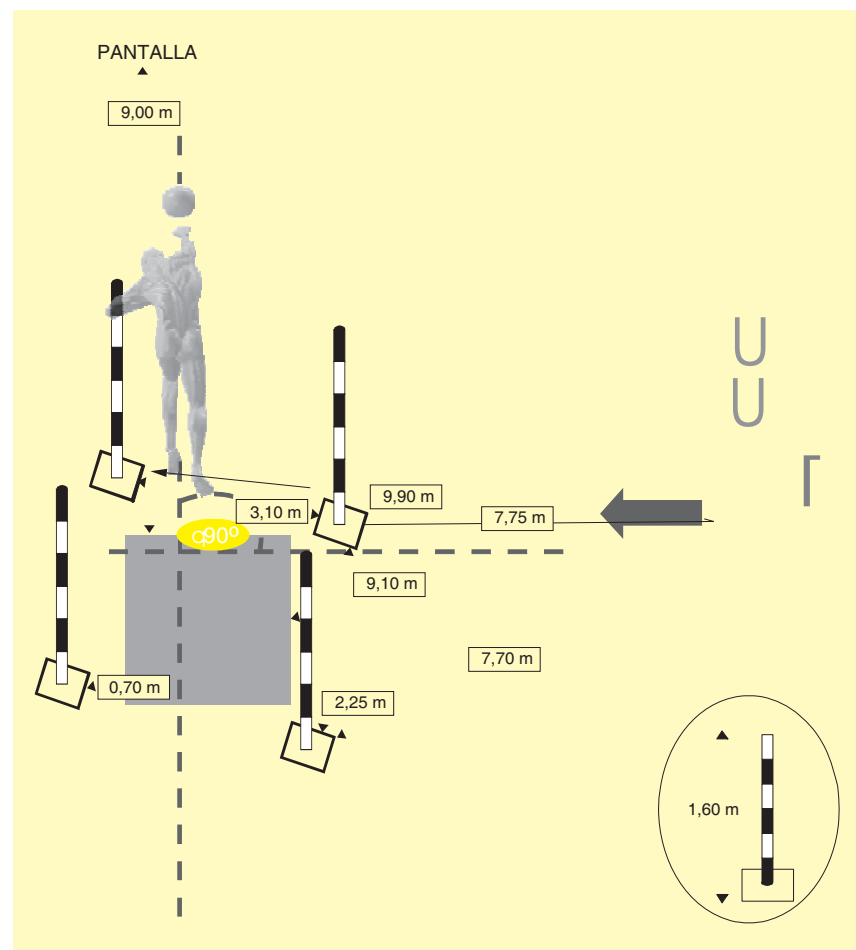
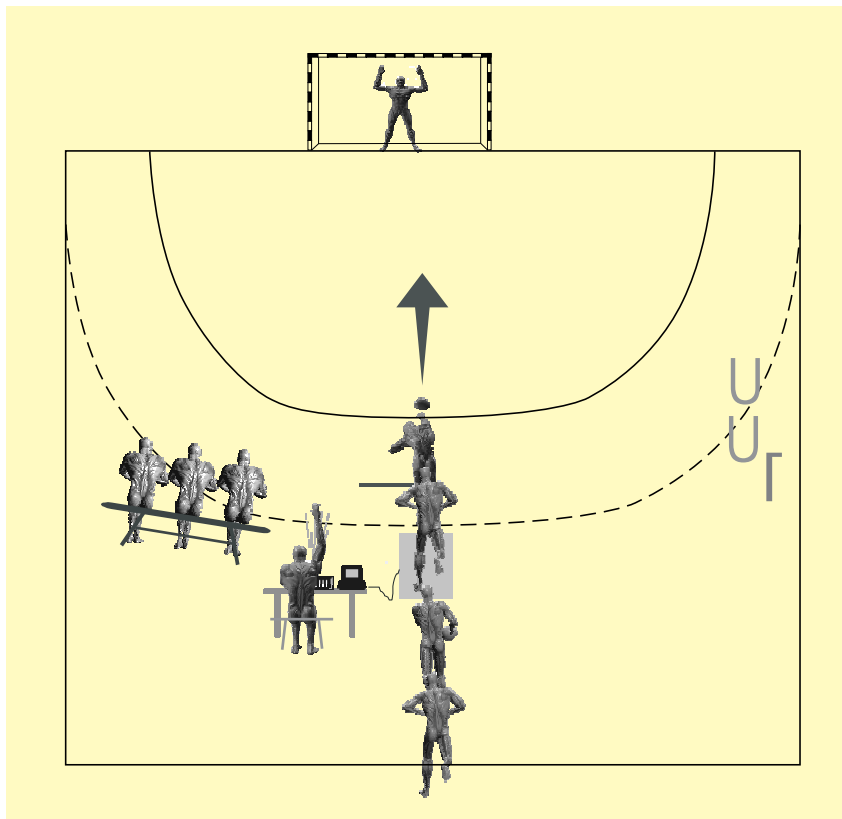


Figura 2.
Esquema del protocol utilitzat en la realització de l'experiment.



Per al tractament de dades posterior es va utilitzar el programa informàtic CIBORG, desenvolupat a la Universitat de Granada (Gutiérrez, 1990 i Soto, 1995). Es van digitalitzar i emmagatzemar a l'ordinador les

coordenades planes dels 21 punts que componen l'estructura esquemàtica del jugador més un punt 22 que defineix el centre geomètric de la pilota i que va servir per determinar la velocitat i la posició d'aquesta.

Taula 2.
Resultats relatius a la velocitat de sortida de la pilota a la resultant $-V_{\text{pilota}}(R)-$, a la component horitzontal $-V_{\text{pilota}}(X)-$ i a la component vertical $-V_{\text{pilota}}(Y)-$.

Condicció	$V_{\text{pilota}}(R) \text{ (ms}^{-1}\text{)}$		$V_{\text{pilota}}(X) \text{ (ms}^{-1}\text{)}$		$V_{\text{pilota}}(Y) \text{ (ms}^{-1}\text{)}$	
	M	SD	M	SD	M	SD
1	19,059	4,178	18,421	4,928	-1,262	4,117
2	19,147	3,515	18,832	3,671	-1,772	2,871
3	17,614	3,513	17,375	3,747	-0,751	2,568
4	19,386	3,152	18,804	3,904	-2,681	3,279
5	18,297	3,497	17,683	3,999	-2,538	3,592
6	17,214	3,847	16,734	4,192	-2,440	2,868
7	20,539	3,799	20,251	3,971	-0,655	3,278
8	20,539	6,014	20,304	6,111	-1,271	2,721
9	20,307	3,870	20,151	3,971	-1,356	2,019
	F = 2,754 $p = 0,0079^{**}$		F = 2,543 $p = 0,0136^{*}$		F = 1,158 $p = 0,3305$	

Subjects n = 16. Llançaments = 144. (** $p \leq 0,01$) (* $p \leq 0,05$).

Per a la generació de resultats es van utilitzar diferents rutines de càlcul incorporades a l'estructura del sistema d'anàlisi utilitzada, descrites per Gutiérrez (1990), i d'altres desenvolupades amb caràcter específic per a aquest estudi. El tractament estadístic es va gestionar amb el programa Statgraphics 7.0 i la base de dades Microsoft Excel-97. A més a més, hi van participar tres subjectes observadors, que es van encarregar d'anotar la localització de la pilota a la porteria en un full de registre elaborat per a la tasca esmentada i la posterior obtenció de les puntuacions, i un subjecte que es va encarregar de manejar i manipular el material. A la figura 2 es recull un esquema del protocol utilitzat.

Resultats i discussió

Els resultats obtinguts es van analitzar inicialment mitjançant una estadística descriptiva, basada en tècniques d'anàlisi de tendència central i dispersió de dades, en què han estat utilitzades respectivament la mitjana (M) i la desviació típica (SD). Amb posterioritat, es va utilitzar una anàlisi inferencial mitjançant l'estudi de variància multifactorial entre els nivells de la variable i, finalment, el tractament estadístic inferencial conclòs amb una prova de contrastos.

El càlcul de la velocitat lineal de la pilota es va realitzar mitjançant la determinació de la primera derivada de les posicions espacials dependents del temps, i es va obtenir la funció mitjançant l'algorisme de Splines elevat a la cinquena potència, utilitzant el desenvolupament de càlcul expressat per Gutiérrez (1998). El procés de càlcul d'aquestes variables s'ha realitzat a través d'imatge de vídeo amb una freqüència de 50 Hz, i que posteriorment han estat interpolades a 100 Hz. La velocitat obtinguda és conseqüència del càlcul de tres intervals de temps corresponents amb el temps que coincideix amb el moment en el qual la pilota perd contacte amb la mà executora i 0,01 s abans i després d'aquest; posteriorment, es realitza la mitjana aritmètica de les tres velocitats instantànies dels temps descrits.

Els resultats posen de manifest l'existència de diferències significatives en la velocitat de sortida resultant de la pilota a nivell $p = 0,01$ i en la velocitat de la component horitzontal a nivell $p = 0,05$, encara que no es manifesten diferències significatives en la component vertical de la velocitat.



Els majors nivells de velocitat de la pilota es produeixen quan el porter es troba situat a la dreta, respecte a una visió des de la porteria, amb independència del moment en què era presentat l'estímul. La mitjana dels valors màxims en aquesta condició experimental mostra 20.539 ms^{-1} respecte al mínim de 17.214 ms^{-1} que es dona en la condició en la qual el porter es troba a l'esquerra respecte de la porteria (taules 2, 3 i 4 i figura 3).

El fet que la velocitat de sortida de la pilota sigui superior quan el porter se situa a la dreta, respecte a una visió des de la porteria (esquerra respecte a la visió del llançador), pot ser provocat per la necessitat d'utilitzar més temps per desenvolupar la cadena cinètica i algunes condicions compensatòries, necessàries per a una correcta execució mecànica del gest, en el cas de llançar a l'esquerra (respecte a una visió des de la porteria).

En els llançaments realitzats en el punt feble (costat contrari al del braç executor) la cadena cinètica implica una major rotació del tronc i una compensació en sentit contrari dels malucs i membres inferiors. En canvi, si s'oblga a llançar al punt fort, és a dir, a la dreta del llançador en jugadors dretans, amb el porter situant a la seva esquerra en la porteria, la cadena cinètica implicada és més natural, i s'assembla, pel que fa a la dinàmica dels segments superiors del sistema, a la que s'utilitza en els llançaments de javelina (Navarro, 1994). En aquests s'implica, bàsicament, una rotació més desplaçament del tronc cap al davant, associat a una participació important dels músculs rotatius de l'espatlla en cicle estirament-escurçament, sense que hi hagi una rotació excessiva del tronc, on la línia d'espatlles es mou paral·lela o gairebé paral·lela a la porteria, cosa que permet que la velocitat de sortida de la pilota, en les condicions esmentades, sigui superior (figura 4), i en aquest cas es justifiquen els resultats obtinguts.

Els valors de velocitat de sortida de la pilota, obtinguts en el nostre estudi, són lleugerament inferiors als obtinguts en estudis similars. La possible explicació d'aquestes dades la podem trobar en la diferència de nivell de qualificació dels jugadors. En els estudis revisats, les mostres es corresponen amb jugadors del màxim nivell, respecte del nivell mitjà de la mostra utilitzada en el nostre estudi. A més a més, es poden imputar

Taula 3.

Resultats de la prova de contrast per determinar el nivell de significació entre les nou condicions experimentals en la variable VSpilota(R).

Condicció	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	x	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	x	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	x	-	-	-	**	**	*
4	-	-	-	x	-	*	-	-	-
5	-	-	-	-	x	-	*	*	-
6	-	-	-	-	-	x	**	**	**
7	-	-	-	-	-	-	x	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	x	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	x

*** $p \leq 0,001$. ** $p \leq 0,01$. * $p \leq 0,05$.

Taula 4.

Resultats de la prova de contrast per determinar el nivell de significació entre les nou condicions experimentals en la variable VSpilota(X).

Condicció	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	x	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	x	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	x	-	-	-	*	*	*
4	-	-	-	x	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	x	-	*	*	*
6	-	-	-	-	-	x	**	**	**
7	-	-	-	-	-	-	x	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	x	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	x

*** $p \leq 0,001$. ** $p \leq 0,01$. * $p \leq 0,05$.

les diferències existents a la metodologia utilitzada.

El càlcul de la precisió, localització de la pilota en blancs eficaços de la porteria, es va realitzar mitjançant l'assignació de puntuació a diferents espais de la porteria. Per fer-ho, es van tenir en compte criteris de dificultat d'intervenció del porter descrits per Zeier (1987). Cada observador anotava la localització de l'impacte de la pilota i com a conseqüència s'assignava la puntuació seguint la taula d'assignació. Posteriorment, se seleccionava la puntuació quan coincidí en tots tres observadors, o almenys en dos, i en cas de no ser coincident amb cap d'ells es calculava la mitjana aritmètica. La pun-

Figura 3.

Representació gràfica de la velocitat de sortida de la pilota en la component resultant.

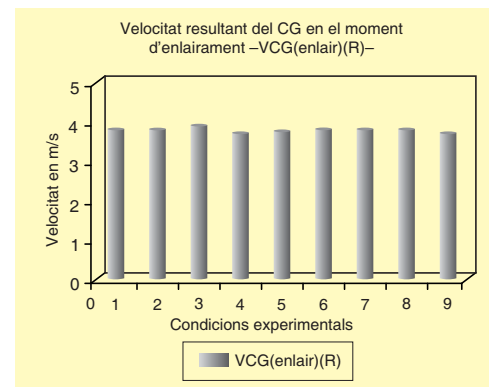


Figura 4.

Representació gràfica de l'acció dels malucs i les espatlles en funció de la trajectòria del llançament (esquema A: a punt fort del llançador, i esquema B: b punt feble del llançador).

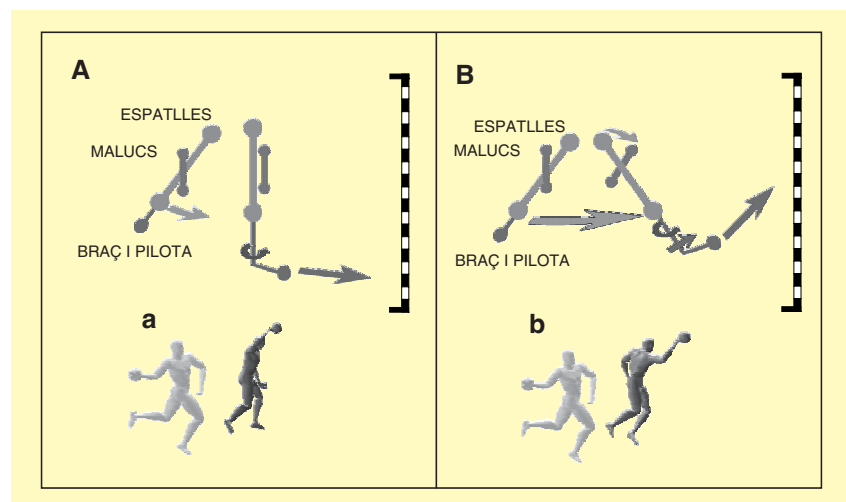
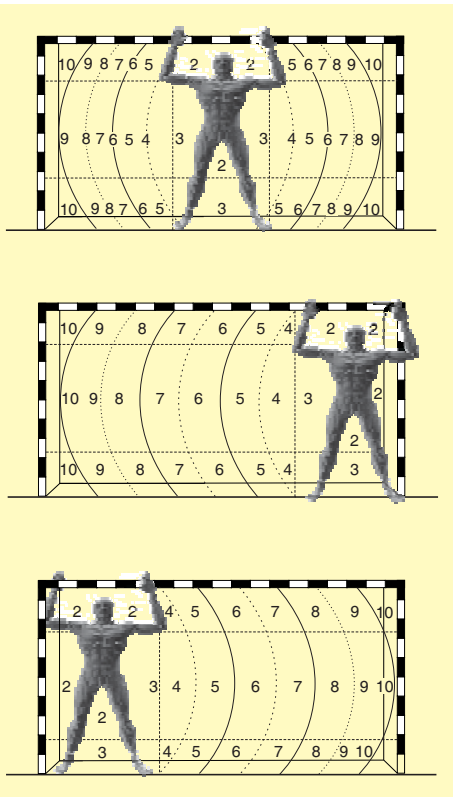
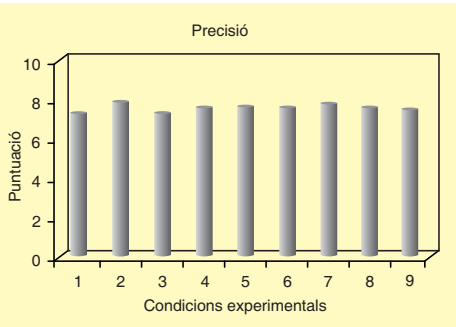


Figura 5.
Representació gràfica de les puntuacions assignades en funció de la posició del porter en les diferents condicions experimentals.



tuació oscil·lava entre valors de 0 a 10 punts, tal com es mostra a la figura 5. Els resultats obtinguts mostren que no existeixen diferències significatives, pel que fa a la precisió, entre les nou condicions experimentals a què es va sotmetre els subjectes. El valor màxim obtingut coincideix amb el porter situat al centre de

Figura 6.
Representació gràfica de les puntuacions obtingudes en funció de la localització de la pilota en la porteria.



la porteria i la imatge apareix a 0,1 s de l'enlairament del peu de batuda i el valor mínim amb el porter situat al centre i la imatge a 0 s i 0,2 s, de l'enlairament, respectivament. En qualsevol cas, es pot afirmar que el moment d'aparició de l'estímul i la situació del porter no afecten la precisió en la localització de la pilota en blancs estàtics eficaços definits en la porteria (taula 5 i figura 6).

Conclusions

Els valors de velocitat de sortida de la pilota i els alts nivells de precisió obtinguts impliquen que el porter haurà de fer servir tècniques d'anticipació, en les seves intervencions, en necessitar més temps de moviment que l'utilitzat per la pilota des que es desprèn de la mà del llançador fins que traspasa la línia de porteria entre pals. L'entrenament de la velocitat de sortida de la pilota ha d'afavorir l'obtenció de valors superiors a 20 ms⁻¹ per reduir al màxim les possibilitats d'intervenció del porter. A més a més, conèixer aquest factor ha de ser un referent per a l'entrenador i per al mateix jugador, per tal de valorar en cada situació de joc les seves possibilitats d'èxit i ajustar la distància òptima individual de llançament. Que els valors de velocitat de la pilota siguin superiors quan aquesta es localitza a la dreta (punt fort del llançador), des d'una visió del llançador, ha de ser un factor a tenir en compte per l'atacant, en l'elecció del llançament, i per al porter i/o defensors en les estratègies de protecció o oferiment a utilitzar en les seves intervencions. En qualsevol cas, la capacitat de salt i, per tant, de major temps de vol afavoreixen la realització correcta de la cadena cinètica del llançament, tot reduint les diferències de velocitat entre la localització de la pilota al punt fort o al punt feble del llançador. Els alts valors de puntuació obtinguts en totes les condicions experimentals ens fan pensar que, tant el protocol utilitzat com les condicions, no han creat gaire incertesa en l'execució del gest del llançador ni en la presa de decisions. Possiblement, en situació real de joc, la incertesa no estigui tant en la posició que adopta el porter sinó en els indicadors que manifesta en els seus desplaçaments i en el temps que triga a manifestar el desplaçament esmentat, així com en la possible acció defensiva d'altres oponents. Aquest haurà de ser un aspecte prioritari a

treballar en la formació de jugadors i en el seu entrenament en l'alt rendiment. En futurs estudis seria convenient utilitzar una metodologia que contemplés el factor oposició, bé establint plafons de puntuació, referents al porter, en situacions aleatòries, tant de direcció de desplaçament, a través d'imatges animades i mitjançant la utilització de tècniques de simulació o similars, o bé en condicions reals en la intervenció del porter, en la de defensors o en totes dues. L'entrenament de la precisió del llançament ha d'adequar-se al màxim a la situació real exigida en el joc. En aquesta línia hauran de plantejar-se situacions amb localització de blancs variables pel que fa a: forma, mida, posició en la porteria, prioritat, etc. i amb exigències de màxima velocitat de sortida. En l'aprenentatge i entrenament del llançament és important que l'esportista adquireixi un patró automatitzat i eficaç del gest mecànic i, paral·lelament, que sigui capaç d'adequar-lo a situacions canviants d'exposició. Per fer-ho, la varietat de les formes d'execució ha de ser motiu d'entrenament des dels primers nivells, tot ampliant els recursos de la tècnica del jugador per a la seva aplicació eficaç d'acord amb l'elecció. La velocitat de la pilota i la precisió han de ser considerats paràmetres bàsics de referència de l'eficàcia del llançament a distància a porteria en l'handbol. En la formació del jugador d'handbol han de ser dos objectius d'entrenament prioritaris.

Taula 5.
Resultats corresponents a la precisió en la localització de la pilota en la porteria (Precisió).

Condicció	M	SD
1	7,47	2,00
2	8,09	1,61
3	7,47	1,50
4	7,69	0,95
5	7,78	0,93
6	7,67	0,99
7	8,06	0,96
8	7,94	0,98
9	7,93	0,90

F = 0,580
p = 0,7926

Subjectes n = 16. Llançaments = 144.

Bibliografia

- Antón, J.: *Balonmano. Fundamentos y etapas de aprendizaje*, Madrid: Gymnos, 1990.
- Bayer, C.: *Técnica del balonmano, la formación del jugador*, Madrid: Hispano Europea, 1987.
- Bretagne, T.: "Lance missiles du sport", *Equipe magazine*, 15, 10 (1980), pàg. 4-7.
- Carreras, J.: "Proposta de metodologia pel perfeccionament del llançament en handbol a l'etapa d'iniciació", *Apunts. Educació Física i Esports*, 30 (1992), pàg. 38-44.
- Filliard, J. R.: "L'effet Doppler: application a mesure de la vitesse de balle en hand-ball", *Science et motricite*, Paris, 7 (1989), pàg. 42-44.
- Fleck, S. J.; Smith, S. L.; Craib, M. W.; Denaham, T.; Snow, R. E. i Mitchell, M. L.: "Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball", *Journal of Applied Sport Science Research*, 6 (1992), pàg. 120-124.
- Gutiérrez, M.: *Desarrollo de un sistema computerizado de análisis cinematográfico y su sincronización con los registros directos para el análisis del movimiento humano*, Tesis Doctoral, Servicio de publicaciones, Universitat de Granada, 1990.
- Gutiérrez, M.: *Biomecánica Deportiva. Bases para el análisis*, Madrid: Síntesis, 1998.
- Holt, L.: "Comparative study of selected handball technique", *Research quarterly*, 40 (1969), pàg. 700-703.
- Jöris, H. J. J.; Van Muyen, A.; Van Ingen Schenau, G. i Kemper, H.: "Force, Velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players", *Journal Biomechanics*, 18 (6) (1985), pàg. 409-414.
- Mikkelsen, F. i Olesen, M.: "Handball", *Idrottsfysiologi, rapport*, Kopenhan, 18 (1976), pàg. 30-34.
- Moreno, F.; Oña, A.; García F. i Martínez, M.: *Psicología del Deporte en Andalucía*, Málaga: Edinfor, 1997.
- Müller, E.: *Zur Bewegungsübertragung bei wurfbewegungen*, Innsbruck, Institut für Sportwissenschaft der Universität Innsbrucks, 1980.
- Navarro, E.: *Análisis Biomecánico de la Técnica Individual del Lanzamiento de Jabalina*, tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Valencia, 1994.
- Pauwels, J.: "Relationship between somatic development and motor ability, and the throwing velocity in handball for secondary school students", *International Congress on Physical Activity Sciences*, 6 (1976), pp. 357-369.
- Pereda, S.: *Psicología Experimental I. Metodología*, Madrid: Pirámide, 1987.
- Plagenhoeff, S.: *Patterns of human motion*, Toronto: Prentice-Hall, 1971.
- Pokrajac, B.: "Difference between initial ball velocities when using a sidearm throw in fieldball", *Fizicka kultura*, 34 (4) (1980), pp. 333-337.
- Rouard, A. i Carré, P.: "Etude Biomécanique du tir en suspension en Hand Ball", *Revue des Sciences et Techniques des Activités Phisiques et Sportives*, 8, 16 (1987), pp. 57-71.
- Soto, V. M.: *Desarrollo de un sistema para el análisis biomecánico tridimensional del deporte y la representación gráfica realista del cuerpo humano*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada, 1995.
- Zeier, U.: "As exigencias mínimas para a técnica do guarda-redes", *Setemetros*, 24 (1987), pp. 29-33.
- Zernicke, R. F. i Gregor, R. J.: "Biomechanics of Human Movement", *Kinesiology*, 130, University of Illinois, APS, 1979.