

Elaboración y validación biomecánica de un guante de protección para jugar a pelota valenciana

Development and biomechanical validation of a protection glove for playing pelota valenciana

**Carlos Montaner-Sesmero, Ana María Montaner-Sesmero,
Pedro Perez-Soriano, Salvador Llana-Belloch**

Universidad de Valencia. España

Resumen

La pelota valenciana es uno de los antiguos juegos de pelota a mano que perdura en la Comunidad Valenciana. Los jugadores para amortiguar los impactos de la pelota durante el golpeo se confeccionan sus propias protecciones. En torno a ellas existen diversos factores que dificultan la práctica segura y eficaz de este deporte: el excesivo tiempo empleado en su elaboración, el elevado número de lesiones que sufren en las manos o el inadecuado control de la pelota que consiguen. En base a esto y a la inexistencia de un equipamiento deportivo específico para la mano, se ha desarrollado y validado un guante para intentar solventar estos inconvenientes. En la validación biomecánica se comparó el guante con una protección tipo a nivel de presiones palmares, de precisión y la distancia alcanzada en el golpeo. También se registró la opinión de los jugadores acerca del guante con una encuesta. En el ensayo biomecánico participaron 15 jugadores de pelota (9 profesionales). Para el registro de las presiones palmares se utilizó el equipo Biofoot/IBV® adaptado a la mano. Los resultados muestran que el guante disminuye la presión en tres zonas de la mano, que ofrece la misma precisión y que favorece una mayor distancia de golpeo que las protecciones tradicionales. Los jugadores han valorado satisfactoriamente aspectos como la usabilidad, el ajuste y el confort térmico. Se ha desarrollado un guante que disminuye el tiempo de preparación, que ofrece mejores prestaciones de protección y que a nivel general es valorado positivamente por los jugadores.

Palabras claves: pelota valenciana; protección; guante; mano; presiones.

Abstract

The pelota valenciana game is one of the ancient ball hand game that lasts in the Valencian Community. The players, in order to cushion the hand impacts of the ball during the hits, make their own protections. Around them there are several factors that impede the safe and effective practice of this sport: the excessive time spent in the manufacture, the high number of hand injuries suffered or the inappropriate control of the ball obtained. According to this and the lack of a specific gear sport for the hand, it has been developed and tested a glove trying to solve those inconveniences. The glove was compared to a standard protection and were analyzed the hand pressures and the precision and distance achieved during the hit. Moreover the players' opinion about the glove was registered using an inquiry. 15 players of pelota (9 of them professional) took part in the biomechanical test. The Biofoot/IBV® equipment adapted to the hand was used to record the hand pressures. The results show that the glove diminishes the pressure in three hand zones, offers the same precision and improves the hit distance than with the traditional protections. The players have successfully rated aspects such as the usability, the fit and thermal comfort. It has developed a glove that decreases the time of collocation in comparison to the traditional protections, gives better protection performance and in general is positively valued by the players.

Key words: pelota valenciana; game; protection; glove, hand; pressures.

Correspondencia/correspondence: Salvador Llana Belloch
Universidad de Valencia. España
E-mail: Salvador.Llana@uv.es

Introducción

El juego de pelota a mano tuvo un importante arraigo en Europa hasta que la aparición del tenis en el s. XIX hizo decaer su práctica (Crespo, 1993). En la actualidad se sigue practicando en países como Bélgica, Holanda, Italia, Francia y, por supuesto, España. En nuestro país existen dos modalidades con gran arraigo, la Pelota Vasca y la Pelota Valenciana. Esta última es el deporte tradicional más importante en la Comunidad Valenciana, que ha conseguido perdurar a través del tiempo como parte cultural de los valencianos. Practicado desde el siglo XIV en la instalación deportiva conocida como trinquete (Conca, García, Gimeno, Llopis, Naya y Pérez, 2003; Conca y Pérez, 1999), cuenta con diversas modalidades de juego (<http://www.uv.es/pilota/modalitats/totmodalitats.htm>). Entre ellas, *escala i corda* y *raspall* son las que cuentan con un mayor número de licencias federativas (<http://www.fedpival.es/>) y además, son consideradas las principales en el entorno de la pelota (Llopis, 1999; Millo, 1976; Montaner, 2010; Moreno, 1992; Olaso, 1994; Soldado, 1999).

El trinquete es una instalación asimétrica constituida por cuatro paredes, dos laterales que reciben el nombre de *murallas* y dos frontales que se conocen como *rebots*; el pavimento y una *escala* (grada) de cuatro peldaños. Otro elemento característico es la *corda* (utilizada en la modalidad de *escala i corda*) que divide el terreno de juego en dos mitades (Conca y col. 2003; Conca y Pérez, 1999; Montaner, 2010; Vilalta, 1986). Los jugadores pueden ocupar en el trinquete diferentes posiciones de juego: *rest*, *mitger* o *punter*. El *rest* es el jugador que ocupa la posición más retrasada en la pista de juego; el *punter* es el que se encuentra más adelantado, mientras que el *mitger* se sitúa en una posición intermedia entre ambos jugadores en el juego de tres contra tres. Actualmente, predominan los torneos y ligas en que se enfrentan dos jugadores contra dos (*rest* y *mitger*).

La pelota de juego de los jugadores profesionales de *escala i corda* se llama *pilota de vaqueta* (figura 1), es de piel de toro curtida y rellena de lana, de 42 milímetros de diámetro, 138 milímetros de circunferencia y pesa entre 40 y 42 gramos (Conca y col. 2003). En el caso del *raspall*, la *pilota de vaqueta* es algo más pesada (alrededor de 50 gramos) y tiene un mayor diámetro. La altura media alcanzada en este tipo de pelotas durante el primer bote es de 0,943 m y de 0,389 m en el segundo bote (Montaner, Llana, Montaner y Alcántara, 2012).



Figura 1. *Pilotes de vaqueta* utilizadas en *escala i corda*.

Los jugadores, para amortiguar los fuertes impactos que conlleva golpear una pelota tan dura y pesada, se protegen las manos de forma artesanal antes de cada entrenamiento o partida. El modo de protegerse la mano varía de un jugador a otro y es fruto de la experiencia. En la configuración de la protección utilizan materiales no técnicos, sino de uso cotidiano. Suelen utilizar cinta adhesiva de doble cara, planchas de metal, cartas, *tesamoll*® (material similar a la goma EVA), cartuchos, cuero, etc. Una vez elaborada la protección la cubren con

esparadrapo (figura 2). Además, los jugadores de *raspall* se cubren la falange distal de los dedos con dedales de plástico o de piel para realizar una acción técnica del juego denominada *raspada*, que consiste en golpear la pelota a ras de suelo.



Figura 2. Pasos en la confección de la protección tradicional de pelota valenciana.

La construcción de la protección es un proceso que ha formado parte de la tradición del juego a lo largo de la historia, el cual tiene un fuerte arraigo emocional en los jugadores. Sin embargo, en la actualidad existen datos objetivos que ponen en entredicho la eficiencia y aceptación de este tipo de protecciones:

- En primer lugar, el excesivo tiempo que emplean en su elaboración: el 84% tarda una hora o más en la confección y el 60% de los jugadores declaran que se trata de una tarea “engorrosa” (Montaner, 2010) Además, un 99% de los jugadores declara estar dispuesto a utilizar un futuro sistema de protección a modo de guante, siempre y cuando les ofreciera al menos las mismas prestaciones que las protecciones actuales (Montaner, 2010).
- En segundo lugar, el elevado número de lesiones que sufren los jugadores (tabla 1), especialmente en la mano, que es la zona anatómica del cuerpo que más lesiones sufre (76,5% en profesionales) (Montaner, 2010). Esto muestra que los actuales sistemas de protección no protegen adecuadamente las manos de los jugadores.

Tabla 1. Zonas de incidencia de lesión en función de la posición de juego y la modalidad practicada en pelota valenciana (Montaner, 2010).

ZONA LESIONADA	POSICIÓN DE JUEGO			MODALIDAD PRACTICADA		
	<i>Mitger</i>	<i>Rest</i>	P	<i>Escala i corda</i>	<i>Raspall</i>	P
Hombro	55,8 %	65,1%	0,574	64,8%	53,7%	0,057
Codo	35,3%	30,2%	0,640	41,4%	17,5%	0,291
Zona lumbar	26,4%	20,9%	0,571	21,7%	21,2%	0,230
Tobillo	47,1 %	32,5 %	0,456	65,1%	66,2%	0,278
Mano	73,5%	65,1%	0,251	65,5%	65,4%	0,820

- En tercer lugar resulta fundamental tener una protección de la mano eficaz, que además de evitar las molestias en la mano, sea capaz de ofrecer la suficiente sensibilidad durante el golpeo y esté construida apropiadamente para poder direccionar la pelota según las necesidades del juego. En este sentido, el 67% de los jugadores opina que las actuales protecciones tradicionales empeoran el rendimiento (Montaner, 2010).

- Por último, hay que destacar que existen equipamientos deportivos específicos a modo de guante que se utilizan en otras modalidades de pelota a mano: pelota vasca en España (Gámez, 2008), *balle pelote* en Bélgica (<http://www.frnp-knk.be/>) o *one wall* en EE.UU. (<http://ushandball.org/>) (figura 3). El diseño de estos guantes pueden servir de referencia para definir algunas especificaciones técnicas del guante de *pelota valenciana*. Sin embargo, las características de juego de estas modalidades (pelota de juego, dimensiones de la instalación, reglamento, etc.) difieren de la modalidad practicada en la Comunidad Valenciana y es por ello que se requiera un estudio individualizado para generar un guante.



Figura 3. Guantes desarrollados para deportes de pelota a mano: pelota vasca (izquierda), *balle pelote* (centro) y *one wall* (derecha).

A partir de un estudio previo (Montaner, 2010) se pudo establecer las características de material (distribución y cantidad) utilizadas para confeccionar actualmente la protección tradicional por los *pilotaris* (figura 4), lo que puede servir de referencia para definir una futura protección.

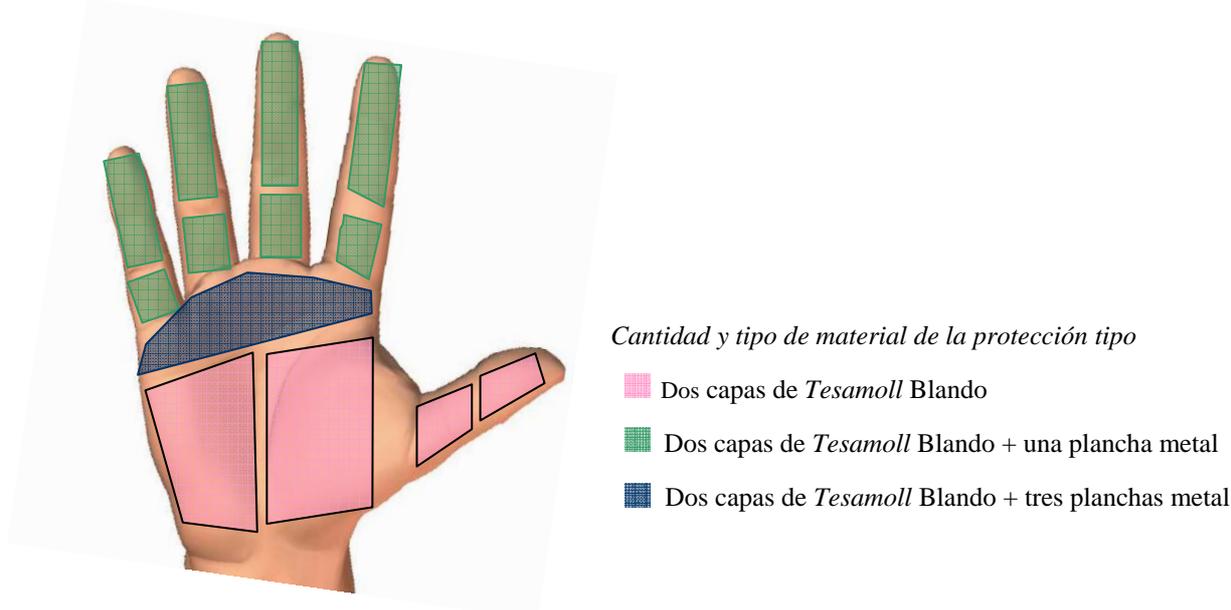


Figura 4. Distribución y cantidad de material en la protección tradicional tipo utilizada por los jugadores de pelota valenciana (Montaner, 2010).

Con todo lo indicado, en el presente estudio se planteó diseñar un guante de protección para jugar a pelota valenciana que intentase mejorar las actuales protecciones tradicionales en términos de protección, de rendimiento en el juego y de facilidad en el uso por parte del jugador (“usabilidad”). El estudio se divide en dos fases:

- Fase 1: diseño y construcción de un prototipo de guante para jugar a *pelota valenciana*, que recorte considerablemente el tiempo utilizado por los jugadores en confeccionar sus protecciones tradicionales y que utilice materiales técnicos que mejoren las prestaciones de los actualmente utilizados.
- Fase 2: validación biomecánica del guante, para lo cual se comparará el guante con la protección tradicional, a nivel de precisión, distancia alcanzada y presiones palmares en el golpeo. Asimismo, se conocerá la percepción subjetiva de los jugadores acerca del guante elaborado.

Material y métodos

Fase 1: Diseño y construcción del guante

El guante que se diseñó tuvo en consideración las especificaciones de diseño detalladas por los propios jugadores (Montaner, 2010). A partir de ahí, se definieron las soluciones de diseño más adecuadas para satisfacer las demandas de los jugadores, estableciéndose los elementos estructurales, de ajuste y de protección del guante. Para estos últimos, se llevó a cabo un estudio comparativo entre los materiales actualmente utilizados (*tesamoll*® blando y *tesamoll*® duro), otros materiales de uso deportivo que se emplean en el calzado (EVA, Poron, Catane Light, capa Multiform, etc.) y por combinaciones de dos materiales de diferente rigidez: uno de rigidez alta con el propósito de favorecer la distribución de presiones y otro de rigidez baja con la misión de reducir fuerzas de impacto. Se analizó un grupo de 36 muestras compuestas por 44 materiales diferentes.

Para la evaluación de estos materiales se empleó un *drop test* (Andrew, Dowdell, y Svenson, 1998; Gámez, 2008; Pérez, 2004) dejándose caer una masa de 2,5 kg desde 0,44 metros de altura, de manera que se simulase el impacto de una pelota reglamentaria a 80 km/h. La masa tenía ubicada en la zona lateral un acelerómetro uniaxial con el propósito de registrar la deceleración debida al impacto. Se registraron tres impactos por cada muestra de material. Para la elección final del material se valoró tanto su capacidad amortiguadora como el grosor de los mismos, tratando de que este espesor se asemejara al utilizado habitualmente por los jugadores. En la figura 5 se muestra el análisis descriptivo de las 36 muestras analizadas. La combinación de materiales más adecuada fue la de goma EVA más chapa de resina de un milímetro, que reducía las fuerzas de forma significativa ($p < 0,05$) respecto el *Tesamoll*® en un 10%.

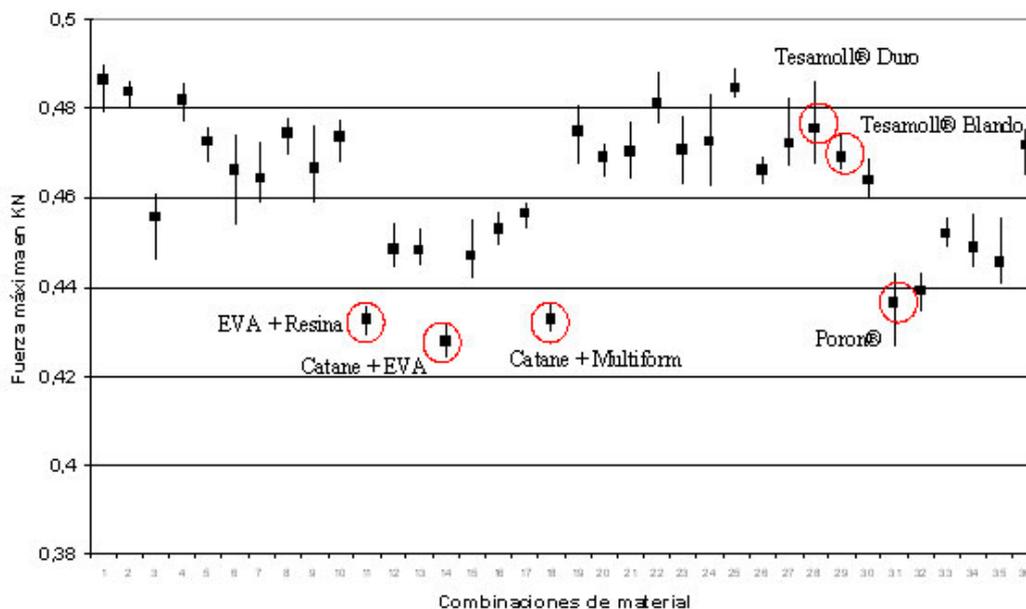


Figura 5. Diagramas de caja de las 36 muestras analizadas en el *drop test*.

Finalmente, atendiendo a diferentes aspectos de la morfología y antropometría de la mano (Peebles y Norris, 1998) se diseñó el prototipo, diferenciado en tres tallas: pequeña (percentil 50 de la población), intermedia (percentil 70 de la población) y grande (percentil 80 de la población).

De este modo, se configuró un guante en piel de vaca, con cierre de velcro® ajustable en la muñeca, textil de *Stretch Schoeller®* para el dorso del guante, tacos de protección anatómicos y con la cantidad y tipo de protección que puede observarse en la figura 6.

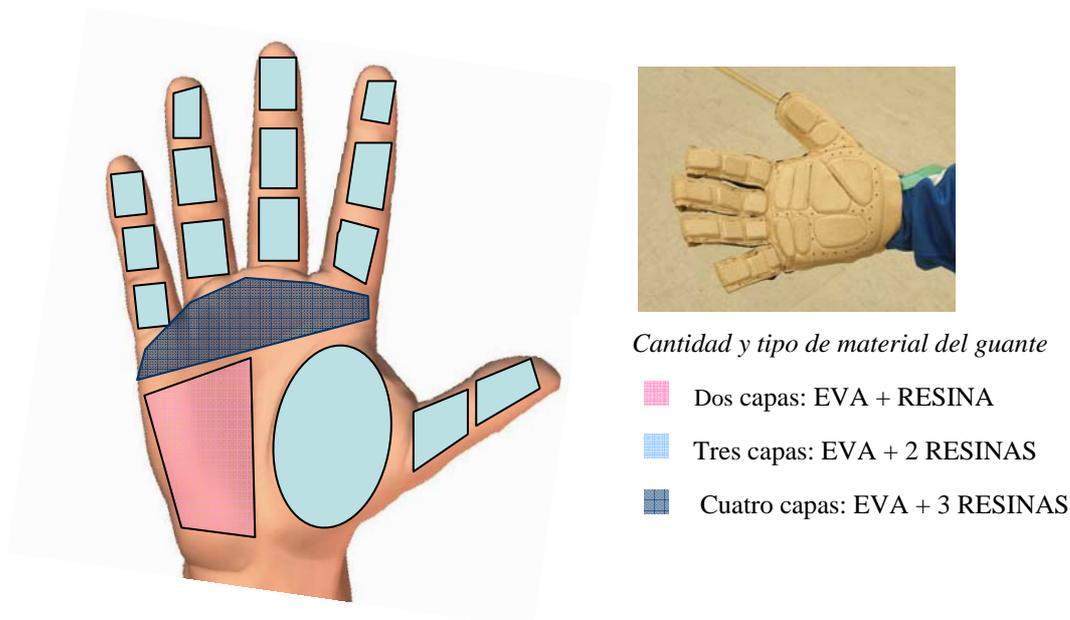


Figura 6. Prototipo de guante elaborado y distribución por zonas de la cantidad y tipo de material.

Fase 2: validación biomecánica del guante

Muestra

15 *pilotaris* (jugadores de *pilota valenciana*) ($24,00 \pm 5,83$ años de edad, $80,47 \pm 10,24$ Kg de masa y $180,07 \pm 7,10$ cm de talla) participaron en el estudio, siendo informados de las características del mismo y firmando un manifiesto de participación voluntaria. Todos eran varones y habían sido jugadores profesionales en los años previos al estudio.

Instrumentos

En el proceso de validación biomecánica del guante se utilizó el equipo de medición de presiones Biofoot/IBV® (http://www.podocen.com/pdfs/dossier_ibv.pdf; Soler, 2000). Este sistema, que registra las presiones plantares del calzado de calle (Alcántara, González, Alemany y García, 2001; Alemany y Nácher, 2003; Bataller, Alcántara, González y García, 2001; García y García, 2001; Garrido, Gil y Fernández, 2005) o del calzado deportivo (Dueñas, Ferrandis, Martínez, Candel, Arnau y Villanueva, 2002; Martínez, 2002), se readaptó (Gámez, 2008) para aplicarlo al análisis de las presiones palmares en deportes de pelota a mano (figura 7). Las características del equipo Biofoot/IBV® adaptado a la mano son: peso de 700 gramos; 16 sensores piezoeléctricos; no necesita ser recalibrado; transmite los datos por telemetría, utiliza unas palmillas de 0,7 mm de espesor y permite una frecuencia de muestreo entre 1900 y 5400 Hz.



Figura 7. Equipamiento completo del sistema de análisis de presiones palmares.

Procedimiento

La validación del guante se realizó mediante un estudio comparativo entre éste y una protección tradicional tipo (figura 5). Los ensayos se realizaron en el trinquete de la Universidad Politécnica de Valencia, donde fueron citados los *pilotaris* de forma individual. Tras un calentamiento dirigido de 15 minutos se pasó a registrar los golpes. Para ello, se lanzaba a los jugadores una *pilota de vaqueta* a 70 km/h (controlada con un radar basado en el efecto *doppler*), mediante el uso de un cañón neumático inclinado 25° respecto la horizontal y colocado a 35 m del jugador (Montaner y col. 2012). Una vez lanzada la pelota, ésta daba un bote y el jugador la devolvía con la acción técnica de golpeo denominada *palma*. En este golpeo el jugador se coloca frontalmente a la trayectoria de la pelota y describiendo el brazo un semicírculo en el plano vertical de abajo hacia arriba. Cada jugador realizó cinco golpes con la protección tradicional y cinco golpes con el prototipo de guante. La consigna que se les dio a los jugadores para golpear la pelota antes de comenzar el ensayo fue: “lanza lo más lejos posible, por encima de la cuerda, sin golpear la muralla y con la máxima precisión” (figura 8).

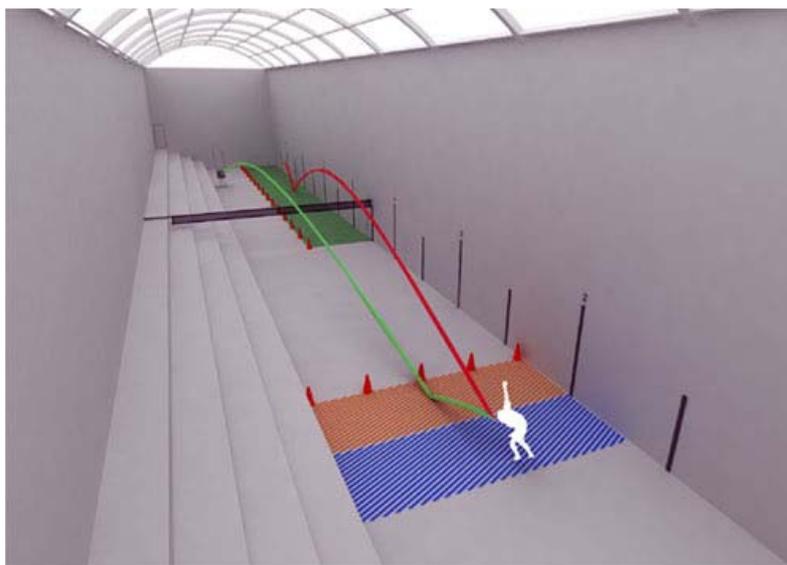


Figura 8. Ensayo biomecánico realizado en el trinquete. En verde la trayectoria descrita por la pelota al ser lanzada con el cañón y en rojo la descrita tras el golpeo por parte del jugador.

La elección de la protección con que se comenzaba el ensayo fue aleatoria (protección tradicional o guante). Antes de la colocación de la protección, se instrumentaba al jugador con el sistema de análisis de presiones palmares Biofoot/IBV® adaptado a la mano. Para fijar el guante instrumentado y que los sensores registraran siempre las mismas zonas de la mano, se colocó una cinta adhesiva de doble cara sobre la palma y los dedos de la mano (figura 7). Posteriormente, el jugador se colocaba encima la protección correspondiente.

Una vez realizados los cinco registros con cada sistema de protección, se les pasó una encuesta para conocer el grado de aceptación del guante por parte de los jugadores.

La duración total del ensayo fue de alrededor de una hora con cada jugador, durante la cual el jugador llevaba el guante puesto unos 20-25 minutos.

Variables analizadas

Las variables biomecánicas registradas con el sistema Biofoot/IBV® adaptado a la mano fueron la presión máxima (kPa) y la zona de impacto en la mano (sensores). Asimismo, se registró la distancia alcanzada por la pelota tras el golpeo (metros) y la precisión del lanzamiento (acierto/error), como variables de rendimiento. La distancia obtenida en el golpeo se determinó midiendo el alcance de la pelota desde dónde golpeaba el jugador hasta dónde la pelota botaba por primera vez. Por su parte, para la variable precisión en el golpeo se consideró acierto que la pelota botara directamente dentro de un espacio de 3,5 m de ancho delimitado entre la muralla (pared lateral derecha) y el centro del trinquete (línea de conos, ver figura 8). Fue considerado error, no enviar la pelota dentro de la zona de acierto, no superar la red (1,80 m de altura) así como golpear la pelota en la muralla.

Las variables subjetivas (tabla 2) se recogieron en base a una encuesta compuesta por 21 preguntas tipo Likert de cinco puntos (Likert, 1932).

Tabla 2. Variables de percepción del usuario utilizadas en la validación del guante.

VARIABLES SUBJETIVAS	
1. Es fácil de colocar	12. Tiene una adecuada cantidad de material
2. Tacto adecuado con la pelota	13. Buena transpiración del dorso
3. Permite una buena flexión de la mano	14. Buena protección
4. Genera poco sudor	15. El dorso gusta
5. Permite una buena adherencia a la mano	16. Adecuada talla
6. Adecuado cierre del velcro	17. Buena distribución de los tacos de protección
7. Costuras cómodas	18. El color gusta
8. Adecuado tamaño de los tacos de protección	19. Buena sensibilidad de la pelota durante el golpeo
9. Adecuado grosor de los tacos de protección	20. Es fácil de quitar
10. Buena movilidad en la flexión de los dedos	21. Es cómodo
11. Buen ajuste de la falange distal	

Análisis estadístico

El tratamiento de los datos se llevó a cabo con el programa SPSS 17.0. En primer lugar, se exploraron y analizaron todos los datos con el fin de identificar valores anómalos. Los análisis estadísticos utilizados para cada variable fueron:

1. Presiones palmares

- Análisis descriptivo de los datos: media, desviación típica y máximo en cada sensor, tanto para el guante como para la protección tradicional.
- Análisis de las diferencias entre la protección tradicional y el guante. Con el objetivo de determinar la normalidad de la distribución de la varianza, se realizó la prueba de la bondad del ajuste con el estadístico Kolmogorov-Smirnov. A continuación, se aplicó la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de la varianza. Una vez comprobados estos supuestos, se realizó un análisis de la varianza (Modelo Lineal General Multivariante) de la media de las presiones máximas de cada uno de los sensores utilizando como factor fijo los sistemas de protección, como factor aleatorio el sujeto, así como la interacción entre ambos y fijando el nivel de significación en $p < 0,05$.

2. Distancia alcanzada después del golpeo

- Análisis descriptivo de los datos: media, máximo, mínimo, cociente de variación y desviación típica.
- Análisis de las diferencias entre la protección tradicional y el guante. Se realizó una prueba T ($p < 0,05$).

3. Precisión en el golpeo

- Análisis descriptivo de los datos: frecuencia, porcentaje y porcentaje acumulado.
- Análisis de las diferencias entre la protección tradicional y el guante. Se realizó un análisis no paramétrico con el estadístico Kruskal Wallis. Se introdujo el tipo de protección como variable de agrupación y el nivel de significación fue de $p < 0,05$.

4. Variables subjetivas

- Análisis descriptivo de los datos. Se utilizó como estadístico la frecuencia y las diferentes variables de la encuesta fueron agrupadas en las siguientes variables de nivel superior: usabilidad, ajuste, confort, rendimiento, protección y diseño. Las valoraciones subjetivas de los jugadores acerca del guante (realizadas en una escala de uno a cinco) se agruparon en tres bloques:

- ✓ De acuerdo (puntuaciones cuatro y cinco de la escala subjetiva).
- ✓ Neutro (puntuación tres de la escala subjetiva).
- ✓ En desacuerdo (puntuaciones una y dos de la escala subjetiva).

Resultados

Resultados de las presiones palmares

En la tabla 3 se observan los estadísticos descriptivos de las presiones máximas obtenidas durante los ensayos con cada una de las protecciones. Con el guante, la presión máxima alcanzada se sitúa en 2289,16 kPa (sensor 3), mientras que con la protección tradicional la presión máxima obtenida es de 2278,60 kPa (sensor 7). Los sensores que registran una mayor media de presión máxima utilizando el guante son: el sensor 7 con 411,14 kPa; el sensor 3 con 366,97 kPa y el sensor 1 con 363,3 kPa. En el caso de la protección tradicional, los sensores que muestran una mayor media de presión máxima son: el sensor 7 con 559,25 kPa; el sensor 1 con 451,11 kPa y el sensor 3 con 423,93 kPa (tabla 3). Por otro lado, en la figura 9 puede observarse las zonas de golpeo de la mano con un promedio de impacto mayor y menor utilizando el guante.

Tabla 3. Resultados descriptivos de las presiones palmares obtenidas durante los ensayos biomecánicos y análisis de la varianza de la media de las presiones palmares máximas con una y otra protección *($p < 0,05$).

RESULTADOS DESCRIPTIVOS								
SENSORES	SENSOR 1	SENSOR 2	SENSOR 3	SENSOR 4	SENSOR 5	SENSOR 6	SENSOR 7	SENSOR 8
GUANTE								
N Válidos	61	60	61	61	61	61	61	61
Perdidos	14	15	14	14	14	14	14	14
Máximo (kPa)	1935,15	807,96	2289,16	1057,14	1415,96	1129,3	1986,33	1415,21
Media (kPa)	363,30	121,61	366,97	178,10	283,11	258,14	411,14	238,54
Desviación típica (kPa)	59,29	38,23	56,58	29,79	37,21	50,81	63,15	50,66
PROTECCIÓN TRADICIONAL								
N Válidos	61	60	61	60	61	60	61	60
Perdidos	14	15	14	15	14	15	14	15
Máximo (kPa)	2205,22	2062,05	2033,71	1379,11	1435,23	2186,7	2278,60	2178,25
Media (kPa)	451,11	285,84	423,93	179,21	341,72	349,03	559,25	387,47
Desviación típica (kPa)	54,79	35,22	52,29	27,74	34,38	47,31	58,36	41,75
ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA MEDIA DE PRESIONES MÁXIMAS								
p	p = 0,27	p = 0,00*	p = 0,46	p = 0,97	p = 0,25	p = 0,19	p = 0,08	p = 0,03*



Figura 9. Zonas de mayor impacto medio (kPa) con el guante (puntos rojos) y las dos zonas de menor impacto medio (puntos verdes).

Los resultados del análisis de la varianza pueden observarse en la tabla 3. En los sensores 2 y 8 hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), existiendo una menor presión media de las presiones máximas con el uso del guante. En el sensor 7 las diferencias están próximas a la significatividad ($p = 0,08$). En la figura 10 se muestran las zonas donde se obtiene menor presión utilizando el guante ($p < 0,05$).



Figura 10. Zonas con una menor presión (kPa) utilizando el guante, una vez realizado el análisis comparativo de la varianza ($p < 0,05$).

Resultados de la distancia y de la precisión en el golpeo

La tabla 4 explica los resultados descriptivos relacionados con la distancia alcanzada después del golpeo en función del tipo de protección utilizada. El ANOVA indica que existen diferencias significativas ($p = 0,04$) en la distancia alcanzada después del golpeo con el uso de una y otra protección, consiguiéndose más distancia con el guante. Por lo que respecta al análisis diferencial en función de grupos específicos, cabe destacar que se hallan diferencias significativas ($p < 0,05$) en la distancia alcanzada después del golpeo, tanto en el grupo de jugadores de categoría amateur ($p = 0,01$) como en el grupo de jugadores que juega habitualmente de restos ($p = 0,01$). En ambos casos consiguen alcanzar más distancia después del golpeo con el guante que con la protección tradicional.

Tabla 4. Resultados descriptivos de la distancia alcanzada después del golpeo.

DISTANCIA ALCANZADA DESPUÉS DEL GOLPEO		
N = 15	Guante	Protección Tradicional
Media (m)	26,58	24,38
Máximo (m)	41,6	39,4
Mínimo (m)	11,9	9,2
Desviación típica (m)	6,34	6,59
C.V. (%)	23,85	27,03

El análisis no paramétrico de la varianza muestra que no existen diferencias significativas en la precisión del golpeo con el uso de una u otra protección ($p > 0,05$). Al realizar este análisis en función de diferentes grupos, se observa que no existen diferencias significativas en la precisión del golpeo en función del nivel deportivo ($p > 0,05$); ni en función de la posición de juego de los jugadores ($p > 0,05$) y tampoco según la modalidad practicada habitualmente ($p > 0,05$) (tabla 5).

Tabla 5. Resultados comparativos de la precisión en el golpeo entre el guante y la protección tradicional en función de diferentes variables de agrupación ($p < 0,05$).

PRECISIÓN EN EL GOLPEO					
EN FUNCIÓN DEL NIVEL DEPORTIVO		Frecuencia de Acierto	Acierto (%)	Error (%)	P
PROFESIONALES N = 9	Guante	15	33,3	66,7	0,651
	PT	13	28,9	71,1	
	Total	28	31,1	68,9	
AMATEURS N = 6	Guante	10	33,3	66,7	0,247
	PT	6	20	80	
	Total	16	26,7	73,3	
EN FUNCIÓN DE LA POSICIÓN DE JUEGO		Frecuencia de Acierto	Acierto (%)	Error (%)	P
<i>RESTOS</i> N = 10	Guante	15	30	70	0,36
	PT	11	22	78	
	Total	26	26	74	
<i>MITGERS</i> N = 5	Guante	10	40	60	0,56
	PT	8	32	68	
	Total	18	36	64	
EN FUNCIÓN DE LA MODALIDAD DE JUEGO		Frecuencia de Acierto	Acierto (%)	Error (%)	P
<i>ESCALA I CORDA</i> N = 9	Guante	16	35,6	64,4	0,82
	PT	15	33,3	66,7	
	Total	31	34,4	65,6	
<i>RASPALL</i> N = 6	Guante	9	30	70	0,12
	PT	4	13,3	86,7	
	Total	13	21,7	78,3	

Resultados de la valoración subjetiva

La tabla 6 expone los resultados descriptivos acerca de la opinión de los jugadores sobre el guante. Entre los aspectos positivos destaca el elevado grado de conformidad en relación a variables de primer orden como la usabilidad y el ajuste (exceptuando el ajuste en la falange

distal). Los aspectos peor valorados hacen referencia a la capacidad de protección (10 sujetos en desacuerdo) y al tamaño de los tacos de protección (9 sujetos en desacuerdo).

Tabla 6. Resultados de la encuesta de opinión acerca del guante. En sombreado la casilla con mayor frecuencia de respuesta.

VARIABLES	CUESTIÓN	DE ACUERDO	NEUTRO	EN DESACUERDO
Usabilidad	Es fácil de poner	10	2	3
	Es fácil de quitar	14	1	0
Ajuste	Permite una buena flexión de la mano	9	2	4
	Tiene una buena adherencia a la mano	7	6	2
	El cierre del velcro® es adecuado	8	6	1
	Permite una buena movilidad en la flexión de los dedos	12	2	1
	La talla es adecuada	11	3	1
	Permite un buen ajuste de la falange distal	3	6	6
	El tacto al golpear la pelota es bueno	6	2	7
Confort	Genera poco sudor	8	4	3
	Las costuras son cómodas	15	0	0
	Tiene una buena transpiración en el dorso	10	4	1
	Es cómodo	7	8	0
	Ofrece una buena sensibilidad de la pelota en el golpeo	3	9	3
Protección	Ofrece una buena protección	2	3	10
Diseño	La cantidad de material protector es buena	3	6	6
	Los tacos de protección tienen un tamaño adecuado	2	4	9
	Los tacos de protección tienen un grosor adecuado	4	6	5
	La distribución de los tacos es adecuada	4	3	8
	El dorso me gusta	12	1	2
	El color me gusta	12	2	1

Discusión

En esta investigación se ha desarrollado uno de los estudios más novedosos y específicos sobre presiones palmares. Es destacable que existe un gran vacío científico en el análisis de las presiones palmares en los deportes de pelota a mano. Así, a pesar de la importancia de los juegos de pelota a mano, practicados actualmente en diversos países de todo el mundo (Martínez y Alcántara, 2004) y en numerosas culturas y civilizaciones a lo largo de la historia (Scrambler, 2005), tan sólo un estudio realizado en pelota vasca analiza los impactos de la pelota (Gámez, 2008). Cabe destacar, que la evaluación del guante de *pelota valenciana* mediante el análisis de las presiones palmares es una metodología que se aplica de forma similar en el análisis de otros tipos de guantes, como los utilizados en ciclismo y que no sólo tiene una aplicación para la evaluación de productos, sino que contribuye en el estudio de determinadas patologías (Slane, Timmerman, Ploeg y Thelen, 2011). En futuras investigaciones sería interesante profundizar en el análisis de las relaciones existentes entre todas estas variables: presiones palmares, patologías en la mano y guantes específicos para su mejora.

Comparando los resultados con los de pelota vasca, estos muestran picos máximos superiores a 2000 kPa (máxima presión con protección tradicional = 2156,86 kPa; máxima presión con guante = 2180,78 kPa) (Gámez, 2008). En el presente estudio, las presiones máximas alcanzadas son algo mayores, superándose de nuevo los 2000 kPa (máxima presión con protección tradicional = 2278,6 kPa; máxima presión con guante = 2289,16 kPa). Las dos investigaciones reflejan niveles de impacto muy elevados en las principales modalidades de pelota a mano practicadas en España, muy por encima de las presiones plantares máximas obtenidas en el triple salto (Perttunen, Kyrolainen, Komi y Heinonen, 2000), de las obtenidas en cinta de correr a diferentes velocidades (Lee, Chou, Liu y Shiang, 2008) o de las presiones palmares al ejecutar diferentes tipos de flexiones de brazos (Choi y Robinovitch, 2010).

Las zonas de mayor impacto medio se producen en los sensores 1, 3 y 7, tanto con la protección tradicional como con el guante, siendo el sensor 2 y 4 los que registran una menor presión con ambos sistemas. Estos últimos sensores se localizan en las falanges proximales del segundo y tercer dedo, lo cual puede indicar que la pelota no suele impactar directamente sobre los dedos, sino que lo hace sobre la zona de la cabeza de los metacarpos y los espacios interóseos correspondientes (sensores 1, 3, 7, 8). Por otro lado, cabe destacar que en siete de los ocho sensores utilizados se registra más presión media utilizando la protección tradicional, siendo los sensores con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) el sensor 2 ($p = 0,00$) y el sensor 8 ($p = 0,03$), situándose las presiones registradas en el sensor 7 cercanas a la diferencia estadística ($p = 0,08$). En todas estas zonas, las presiones alcanzadas son menores utilizando el guante (entre un 26% y un 57% menos). Estos resultados indican que en tres zonas de ocho, la amortiguación y distribución de presiones con el guante es mejor que con el uso de la protección tradicional, mientras que en las otras cinco, las presiones son similares. De este modo, se podría considerar que el guante desarrollado disminuye las presiones alcanzadas en la mano durante los golpes respecto a la protección tradicional. Además, es destacable que la zona de la mano que se corresponde con los sensores 7 y 8, hacen referencia al espacio central de la mano por donde suele rodar la pelota en un golpeo bien realizado. La menor presión registrada en esta zona con el guante ($p < 0,05$), indica que la solución de diseño utilizada con los tacos situados en la cabeza de los huesos metacarpos ha sido un acierto.

Respecto a los resultados sobre la precisión del golpeo, el principal análisis es que guante y protección tradicional no se diferencian estadísticamente ($p > 0,05$). Esto ocurre en todas las subpoblaciones estudiadas de la muestra (nivel deportivo, posición de juego y modalidad).

Esto indica que se ha diseñado un sistema de protección que ofrece un control de la pelota similar al alcanzado con las actuales protecciones. Probablemente, con las mejoras de diseño que proponen los *pilotaris* en la encuesta de valoración, pueda obtenerse un guante que mejore aún más el control de la pelota durante el golpeo.

En el caso de la prueba que mide la distancia alcanzada después del golpeo, se ha comprobado que con el guante se consigue una mayor distancia que con la protección tradicional ($p < 0,04$). Esta mayor distancia puede ser debida a una mayor movilidad de la mano, aspecto muy bien valorado en la encuesta de opinión. Este resultado es importante para el propio desarrollo del juego y porque mejorará la percepción actual de los jugadores, ya que un 44% considera que sus protecciones tienen una influencia negativa en la velocidad de salida de la pelota (Montaner, 2010).

De la encuesta de opinión, los jugadores destacan los aspectos relacionados con la usabilidad, el ajuste y el confort térmico. La mayoría de los jugadores afirman que es fácil de quitar y de poner, lo que está directamente relacionado con el ajuste de la talla, aspecto también muy bien valorado. Todo ello refleja la importancia del estudio antropométrico de la mano que se ha llevado a cabo. Asimismo, exceptuando el ajuste en la falange distal de los dedos, el resto de variables relacionadas con el ajuste han sido positivamente evaluadas, destacando la buena movilidad que ofrece en la mano y en los dedos. Respecto al confort térmico, los jugadores consideran que el guante genera poco sudor y que el dorso transpira adecuadamente. Este resultado es muy positivo, ya que según la opinión de los jugadores el dorso de la mano es una de las zonas de mayor sudoración (Montaner, 2010).

Por otro lado, los jugadores indican que sería deseable que el guante proporcionara algo más de protección. Sin embargo, esta valoración se contradice con otras variables que están estrechamente relacionadas con la misma. Así, la valoración que hacen los jugadores acerca del confort es buena (el 46% lo considera cómodo y ningún jugador afirma que no lo es) y la percepción de la sensibilidad tampoco la refieren como inadecuada (es neutra). Además, el estudio de presiones palmares llevado a cabo, revela que el guante ofrece las mismas prestaciones de amortiguación que la protección tradicional e, incluso, que la mejora en tres zonas (sensor 2, 7 y 8). No obstante, la solución sería sencilla, pues bastaría con añadir alguna capa más de goma EVA en las zonas de mayor presión (sensores 1, 3 y 7), tratando de mantener la uniformidad del guante.

Respecto a los tacos de protección, algunos jugadores indican que los de la palma de la mano no presentan un tamaño adecuado, considerando que los de las zonas tenar e hipotenar deberían ser más pequeños. El motivo de esta apreciación es que durante el golpeo la pelota rueda y estos tacos no entran demasiado en contacto con la pelota. Esta valoración es lógica, ya que los jugadores no suelen protegerse estas zonas, tal y como se ha comprobado con la configuración básica (Montaner, 2010). Sin embargo, esta opinión podría obviarse, ya que en caso de un mal golpeo es necesario que estas zonas queden protegidas. También se ha considerado que los tacos de protección deberían ajustarse mejor a los espacios que protegen, especialmente en la zona de la cabeza de los metacarpianos. En dicha zona, se recomienda abarcar una mayor zona de protección en la parte superior y en el espacio central que separa ambos lados, para evitar que la pelota se clave durante el golpeo (figura 11).



Figura 11. Error descrito en la encuesta de valoración del guante: cubrir mejor las zonas que protegen los tacos de protección (marcado en rojo).

Conclusiones

Se ha diseñado un guante para jugar a pelota valenciana que ofrece una mejor protección en tres zonas de la mano, siendo la presión alcanzada en el resto de zonas similar que con el uso de una protección tradicional tipo. Además, el guante diseñado ofrece la misma precisión de golpeo que las actuales protecciones y permite lanzar la pelota a mayor distancia. Los jugadores han valorado positivamente el ajuste, la usabilidad y el confort térmico. Reducir el tiempo empleado para el uso de la protección es un resultado que por si mismo supone un gran avance en la promoción de este deporte. En futuros estudios, con el conocimiento hasta aquí alcanzado, se debería profundizar en el análisis del guante para reducir el elevado índice de lesiones que sufren los jugadores en la mano.

Bibliografía

- Alcántara, E.; González, J.; Alemany, S. y García, A. (2001). Development of a new method to measure the recovery ability of insole materials by simulating plantar pressures. En E. Hennig, A. Stacoff y H. Gerber (Eds), Fifth symposium on footwear biomechanic (pp. 4-5). Zurich: Laboratory for Biomechanics.
- Alemany, S., y Nácher, B. (2003). Estudio morfológico del pie aplicado al diseño funcional del calzado de tacón. *Revista Biomecánica*, 38, 15-18.
- Andrew, S.; Dowdell, B., & Svenson, N. (1998). Pedal cycle helmet effectiveness: A field study of pedal cycle accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 2 (30), 161-168.
- Bataller, A.; Alcántara, E.; González, J., & García, A. (2001). Influence of anatomical elements in the foot preasure distribution. En E. Hennig, A. Stacoff y H. Gerber (Eds), Fifth symposium on footwear biomechanic (pp. 14-15). Zurich: Laboratory for Biomechanics.
- Conca, M., y Pérez, V. (1999). Joc popular i tradicional valencià: la Pelota Valenciana. En M. Villamón (Ed.). *Formación de los maestros especialistas en E. Física*. Generalitat Valenciana (pp 187-215). Valencia: Generalitat Valenciana.
- Conca, M.; García, G.; Gimeno, T.; Llopis, F.; Naya, J., y Pérez, V. (2003). *La Pelota Valenciana, Unitat didáctica*. Valencia: Generalitat Valenciana.
- Crespo, M. (1993). *La técnica del tenis*. En M. Crespo (Dir.), *Tenis. Tomo I. Ed. Comité Olímpico Español*. Madrid.
- Choi, W.J., y Robinovitch, S.N. (2011). Pressure distribution over the palm region during forward falls on the outstretched hands. *Journal of Biomechanics*, 44 (3), 532-539.
- Dueñas, L.; Ferrandis, R.; Martínez, A.; Candel, J., Arnau, F., & Villanueva (2002). Application of biomechanics to the prevention of overload injuries in elite soccer player. En K. Giankikellis (Ed.), *Proceedings of the XXth internation Symposium on Biomechanics in Sport* (pp. 585-591). Cáceres: Universidad de Extremadura.

- Federación de Pilota Valenciana. [En línea], <http://www.fedpival.es/>. [Consulta: 22/12/2011]
- Gámez, J. (2008). Diseño de un guante de protección para pelota vasca, atendiendo a criterios biomecánicos, mecánicos y de rendimiento deportivo. *Tesis doctoral*. Valencia: Universidad de Valencia.
- García, A.C., y García, G. (2001). Desarrollo de una línea de calzados para pies exigentes fruto de la colaboración entre Pikolinos y el IBV. *Revista Biomecánica*, 31, 15-16.
- Garrido, J.D.; Gil, S., y Fernández (2005). L. EMO desarrolla un calzado para el pie diabético. *Revista Biomecánica*, 44, 19-22.
- Instituto de Biomecánica de Valencia. [En línea], http://www.podocen.com/pdfs/dossier_ibv.pdf. [Consulta: 22/12/2011].
- Lee, A.; Chou, J. H.; Liu, Y.F., & Shiang, T.Y. (2008). Correlation between treadmill acceleration, plantar pressure and ground reaction force during running (P52). En M. Estivalet y P. Brisson (Eds.), *The Engineering of Sport 7*. Vol 1 (pp. 281-290). Paris: Springer.
- Likert, R. (1932). Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.
- Llopis, F. (1999). *El joc de Pelota Valenciana*. Valencia: Carena.
- Martínez A., y Alcántara E. (2004). Contribución de la biomecánica al desarrollo de la pelota valenciana. *Revista de biomecánica*, 35, 19-21.
- Martínez, A. (2002). Nuevos conceptos en el diseño de calzado de fútbol para campos de tierra. *Revista Biomecánica*, 34, 15-21.
- Millo, Ll. (1976). *El trinquet*. Valencia: Prometeo.
- Montaner, A. (2010). *Estudio de los trinquetes de pelota valenciana, según criterios epidemiológicos, de opinión y biomecánicos*. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat de València.
- Montaner, A.M.; Llana, S.; Montaner, C., y Alcántara, E. (2012). Caracterización biomecánica y establecimiento de valores de referencia para determinar la calidad de los trinquetes de pelota valenciana. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 27 (8), 44-62.
- Moreno, C. (1992). *Juegos y deportes tradicionales en España*. Madrid: Alianza y CSD.
- Olaso, S. (1994). *El joc de la pelota en la Comunitat Valenciana*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Peebles, L., & Norris, B. (1998). *Adultdata. The handbook of adult anthropometric and strength measurements*. Departament of Trade and Industry (DTI). Nottingham: Institute for Occupational Ergonomics.
- Pérez, P. (2004). Análisis de los parámetros biomecánicos durante la recepción en colchonetas y su influencia en los mecanismos de lesión en gimnasia deportiva. *Tesis doctoral*. Valencia: Universitat de València.
- Perttunen, J.; Kyrolainen, H.; Komi, P., & Heinonen, A. (2000). Biomechanical loading in the triple jump. *Journal of Sport Science*, 18 (5), 363-370.
- Real Federación Belga de Ball de Pelote. [En línea], <http://www.frnp-knk.be/> [Consulta: 23/12/2011]
- Scrambler, G. (2005). *Sport and Society: history, power and culture*. Maidenhead: Open University Press.

Slane, J.; Timmerman, M.; Ploeg, H.L., & Thelen, D. (2011). The influence of glove and hand position on pressure over the ulnar nerve during cycling. *Clinical Biomechanics*, 26 (6), 642-648.

Soldado, A. (1999). *Joc de pilota. Historia de un deporte valenciano*. Valencia: Diputació de València.

Soler, C. (2000). Registro dinámico de la distribución de presiones plantares: diseño y desarrollo de un nuevo sistema de medida. Evaluación de su potencial de aplicación clínica e industrial. *Tesis Doctoral*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

United States Handball Association. [En línea], <http://ushandball.org/> [Consulta: 23/12/2011].

Universitat de València. [En línea], <http://www.uv.es/pilota/modalitats/totmodalitats.htm>. [Consulta: 22/12/2011].

Vilalta, S. (1986). *Estudi tipològic i catàleg dels trinquets*. Valencia: Conselleria de Cultura, Educació i Ciència.