

Análisis tridimensional del Ulama de cadera, el juego de pelota de origen prehispánico

Three-dimensional analysis of the Ulama of hip, the ball game of pre-Hispanic origin

Matilde Espinosa Sánchez

Unidad de Investigación en Cómputo Aplicado, Universidad Nacional Autónoma de México. Insurgentes Sur 3000, Zona Cultural. Ciudad Universitaria, Coyoacán. México, D.F. 04510. México. Email: matilde@unam.mx

Palabras clave: Juego pre hispánico, Golpe con la cadera, Cinemática en 3D, Técnica de juego, Pelota de hule

Key Words: Pre-Hispanic game, Hip stroke, 3D kinematics, Game technique, Rubber ball

Resumen

Este trabajo es un análisis de movimiento tridimensional (3D) de los principales gestos o elementos técnicos del juego de pelota de origen pre-hispánico, el Ulama modalidad de cadera. Se realizó un estudio mediante dos registros simultáneos en vídeo (60Hz) de un jugador golpeando la pelota de hule. Los movimientos fueron reconstruidos a 3D utilizando un espacio calibrado. El software desarrollado para este proyecto incluye módulos de los procedimientos de captura de los datos fuente, reconstrucción tridimensional del movimiento a través de la transformación directa lineal (DLT), interpolación, alisado y limpieza de los datos, desplazamiento y velocidad de las principales uniones articulares, y del comportamiento del centro de masa del cuerpo. Los parámetros cinemáticos se calcularon mediante un modelo inercial de 14 segmentos corporales. No se colocaron marcas en los puntos anatómicos. Los resultados de la cinemática angular de las uniones articulares, y del desplazamiento lineal del centro de masa, dicen del esfuerzo físico en la ejecución de los gestos técnicos. El conocimiento de la técnica de juego de este antiguo deporte podría motivar su práctica.

Abstract

This work is a three-dimensional movement analysis (3D) of the main technical elements or gestures that the players execute during the hip modality Ulama pre-Hispanic origin ball game. This work has been carried out by using two simultaneously recorded (60Hz) views of a player striking the rubber ball. The movements were reconstructed to 3D using a calibrated space. The software developed for this project includes modules of the calculation procedures: source data capture, 3D reconstruction using the direct linear transformation (DLT), interpolation, smoothing and cleaning the data, displacement and velocity of the main joints of the body, and the behavior of the body mass center. An inertial model of 14 corporal segments is used to calculate the kinematical parameters. No marks were used for locating the anatomical points. The results of the angular kinematics of the joints, and of the linear displacement of the center of mass, say about the physical effort in the execution of the technical gestures. The knowledge the way this game is played could motivate the practice of this ancient sport.

Introducción

El Ulama (de *ulamallistli*, palabra del náhuatl que es la unión de *ullama*, jugando un juego con una pelota, y *ulli*, caucho o hule) se jugó en los pueblos mesoamericanos varios siglos antes de la conquista. A la fecha hay textos publicados donde es posible aprender de los orígenes prehispánicos de esta actividad, de los objetivos, de los mitos, ritos y simbolismo, de las diversas modalidades del juego, del proceso de la fabricación de las pelotas, de la vestimenta utilizada por los jugadores, de los diferentes tipos de canchas y de los impresionantes vestigios arqueológicos (Cervantes de Salazar, 1971; Durán, 1995). El Ulama fue practicado a partir del período preclásico, del 1400 a.C. aproximadamente, desde Brasil hasta Arizona y las Antillas (Lizardi, 1972).

El juego de pelota fue una importante característica cultural que los pobladores de la América pre-Hispánica compartieron, estuvo relacionado con la agricultura, la fertilidad, la creación del hombre y con la religiosidad (Krickeberg, 1966; Caso, y Gutiérrez, 1965; Durán, 1980). Hasta la fecha se han descubierto cerca de 1200 canchas (Jiménez, 1965; de la Garza, e Izquierdo, 1986; Taladoire, 2000). Los vestigios arqueológicos son una muestra de la importancia que esta actividad tuvo entre las culturas mesoamericanas y el trabajo artístico espectacular de los canchas, relieves, figuras de barro, pintura mural, marcadores de cancha y anillos es espectacular (Figuras 1 y 2) (Beristaín, Bravo, 1992; Báuz, 1989).

Este juego se practicaba y practica en diversas modalidades, dependiendo de con qué se golpea a la pelota: cadera, brazo o mazo. El tamaño y el peso de la pelota hecha de hule (de la Garza e Izquierdo, 1986; Taladoire, 2000; Tarkanian y Hoster, 2000), es según la modalidad del juego: aproximadamente un kilo para la modalidad del brazo, y hasta cuatro kilos, para la modalidad de cadera (Lange, 1990).

Asombrosamente este juego ha sobrevivido por más de 3000 años y hasta la fecha se juegan las tres modalidades. Actualmente el Ulama, modalidad de cadera, se practica en la región norte de México. La cancha que se usa es de tierra, mide aproximadamente 65 metros de largo por 5 metros de ancho, y el ritual consiste en el barrer del campo, para limpiarlo de modo que no haya algún objeto que pueda dañar al jugador. Se juega entre dos equipos: de siete, cinco o tres jugadores cada uno (Figura 3) (Rochin, 1986; Leyenaar, 1978). Los jugadores golpean la pelota con la cadera para dirigirla al campo del equipo contrario, como en voleibol pero sin la red. Muchos jugadores visten respetuosamente la indumentaria tradicional, sin embargo hay algunos que usan zapatos deportivos, gorra, camiseta y pantalones (Lange, 1992).

En un trabajo previo se hizo la descripción cualitativa de los tres gestos (o elementos) técnicos básicos del juego (Espinosa, 2005): golpeo a la pelota con los pies en el piso, golpeo a la pelota con un salto, y golpeo a la pelota al ras del piso. El objetivo principal de este trabajo es contribuir con un estudio de la cinemática angular tridimensional (3D) y del desplazamiento lineal 3D del centro de masa del cuerpo, de la técnica del juego. Este conocimiento contribuirá para enriquecer las bases biomecánicas de la práctica de este deporte, y favorecerá su permanencia.

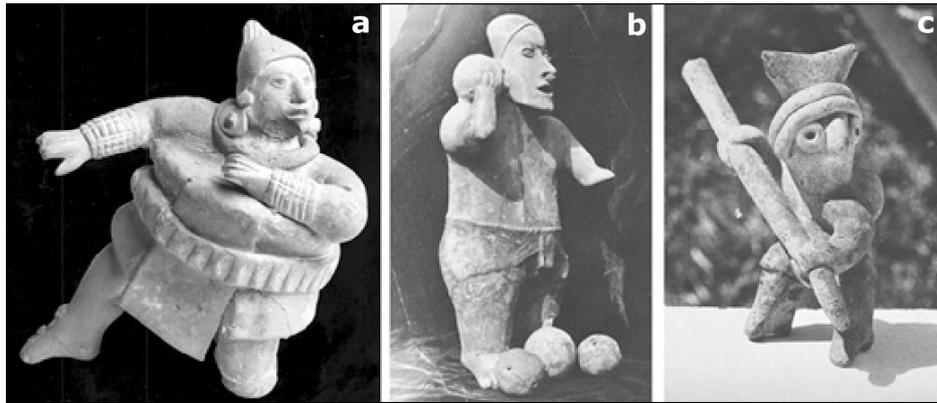


Figura 1. Piezas arqueológicas de jugadores: a. Jugador de Ulama de la modalidad de cadera (Jaina, Campeche, México), b. Jugador de la modalidad de brazo, y c. Jugador de la modalidad de mazo (del periodo pre-clásico, Nayarit, México). (Fotos: Arqueología Mexicana, VOLUMEN VIII, Editorial Raices, S.A. de C.V., 44).
Figure 1. Archaeological pieces of ball players: a. Hip-modality Ulama player (from Jaina, Campeche, Mexico), b. Hand-modality player, and c. Mallet-modality player (from Pre Classic Period, Nayarit, Mexico).

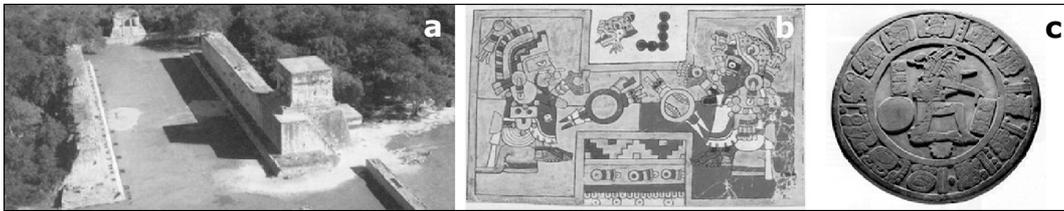


Figura 2. a. La cancha más grande del juego de pelota, en Chichen Itza en Yucatán, México, b. Un ejemplo de la pintura mural en el códice Nuttall y c. El disco de Chinkultic, Chiapas, México. (Fotos: Arqueología Mexicana, VOLUMEN VIII, Editorial Raices, S.A. de C.V., 44).
Figure 2. a. The almost the biggest ball game field at Chichen Itza in Yucatan, Mexico, b. A mural painting example in codex Nuttall, and c. The Chinkultic disk from Chiapas, Mexico.



Figura 3. Cuadro de la película *Ulama: el juego de la vida y de la muerte*, de Rochin, acerca el juego del Ulama de cadera (Rochin, 1986).
Figure 3. A film frame of the Rochin's film: *Ulama, el juego de la vida y la muerte*, about the Ulama game (Rochin, 1986).

Metodología

Los métodos son los que se utilizan normalmente en el análisis biomecánico 3D del movimiento del cuerpo humano. La fuente de la información se ha generado a partir de dos vídeos registrados simultáneamente en 60 hertzios, desde dos puntos de vista diversos (Figura 4). Los movimientos fueron reconstruidos a 3D en una computadora personal (PC) usando el procedimiento matemático de la transformación lineal directa (DLT, por sus siglas en inglés) (Abdel-Aziz, y Karara, 1971; Marzan, y Karara, 1975) y una estructura de un volumen con 20 marcas de coordenadas conocidas para calibrar el sistema. El cuerpo humano fue representado con 14 segmentos rectilíneos, delimitados por puntos anatómicos específicos basados en el modelo inercial de Chandler (Chandler, et al., 1975). No se utilizaron marcas para localizar los puntos anatómicos en el cuerpo. Los datos fueron interpolados y alisados por medio de Beta-Splines cúbicas, y limpiados con un filtro de paso (Low Pass Filter). Se calcularon: el desplazamiento y la velocidad angular de hombros, codos, caderas y rodillas, y el centro de la masa del cuerpo. Los resultados fueron obtenidos usando varios recursos de software, entre otros: Video Editor (Ulead Systems Inc.) para el manejo de los vídeos y obtención de imágenes, Adobe Photoshop para el manejo de las imágenes obtenidas a partir de los vídeos, hojas de cálculo Microsoft Excel, y programas codificados por la autora en Borland C++ Builder y Matlab para calcular los parámetros cinemáticos y localizar el centro de masa.

Los vídeos para este estudio fueron registrados en la cancha de la granja Llanitos en el municipio de Mazatlán en el estado de Sinaloa, México, hogar de la familia de Páez-Lizárraga, dedicada básicamente al negocio de ganado. Jesús Páez-Lizárraga (73 kilogramos de masa, 1,65 metros de estatura y 30 años de edad), con el torso desnudo y descalzo, siguiendo la tradición, vistió calzoncillos cortos de piel de ciervo (conocido como zapeta), protector de cuero a la altura de las caderas, y un pañuelo (paliacate) con el cual cubrió su cabeza. Se le solicitó ejecutar los movimientos que ordinariamente realiza durante un juego de Ulama. Jesús golpeó la pelota de hule (de 3,2 kilogramos) enviada a él a diversas alturas, distancias y velocidades. Este estudio es de un solo caso.

Los tres elementos técnicos son: golpear la pelota mientras los pies están en la tierra (no se separan del piso) (PT) (Figura 5a), golpear la pelota en un salto (CS) (Figura 5b), y golpear la pelota al nivel de la tierra (NT) (Figura 5c). Estos tres elementos técnicos son secuencias de movimientos no cíclicos, con una amplia posibilidad de la variación en la ejecución dependiendo de un número infinito de posibilidades de cómo la pelota se aproxima al jugador. Cada uno de los elementos técnicos consiste de tres fases (Hay, 1985): La fase de preparación que es cuando el cuerpo ejecuta los movimientos que lo preparan para golpear: aproximándose al encuentro con la pelota, colocándose a la distancia conveniente y adquiriendo la posición de golpear adelantando la cadera. La fase del golpeo, es la secuencia de movimientos que implican el contacto de la cadera con la pelota. Finalmente, la fase de recuperación que consiste de los movimientos del cuerpo requeridos para recuperarse del efecto del golpe y de alistarse para la siguiente intervención.

Se eligieron los vídeos que mejor demostraron los elementos técnicos. En un PC se separaron los archivos de vídeo de formato avi en imágenes (o cuadros), y éstas a su vez fueron separadas (desinterlazadas) en dos campos (imagen par e imagen impar del vídeo). Cuando los movimientos del cuerpo humano son rápidos, las dos imágenes, par e impar, son muy diferentes. El valor de las coordenadas de los puntos anatómicos que delimitan los 14 segmentos corporales fueron capturados de cada una de las imágenes obtenidas de las dos secuencias de los vídeos simultáneamente registrados. Los movimientos se reconstruyeron a 3D en un PC usando los valores de las coordenadas y la cinemática angular y el centro de masa se calcularon a partir de estos datos, interpolados, alisados y limpios.

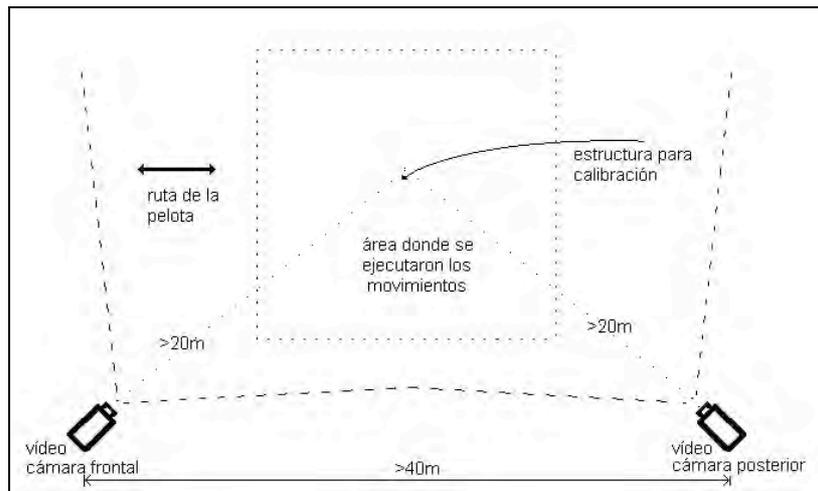


Figura 4. Colocación de la cámaras de video, estructura de calibración y área de registro de movimientos.
Figure 4. Setup area: approximate distances, the video cameras localization, place of the execution of the movements, and the structure for calibration.

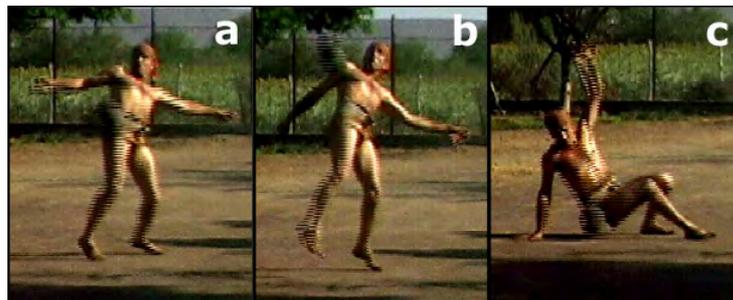


Figura 5. El jugador golpeando a la pelota con la cadera: mientras que los pies están a. En la tierra (PT), b. En un salto (CS) y c. Con la cadera al nivel de la tierra (NT).
Figure 5. Players striking to the ball with the hip: a. While feet on the ground, b. While jumping, and c. With the ball at the ground level.

Resultados

La Tabla 1 muestra los tiempos y los porcentajes de las fases de los elementos técnicos. El golpeo al nivel de la tierra necesitó más tiempo para ser ejecutado que los otros dos elementos técnicos, y golpear la pelota en un salto es el que se ejecuta más rápido. Naturalmente, la fase de preparación y la fase de recuperación son las más lentas para los tres elementos técnicos. La duración de estas dos fases es seguramente menor durante un juego debido a las condiciones dinámicas del mismo en las que se ejecutan con mayor velocidad.

La información estadística descriptiva se muestra en la Tabla 2. De los tres elementos técnicos, golpear la pelota en el nivel de la tierra es el que tiene el mayor rango del movimiento (ROM, por sus siglas en inglés), hay una mayor flexión de la cadera y de la rodilla. Cuando se trata de PT y de CS, ambos brazos se abducen cerca de 90 grados cuando el tronco se hiperextiende y rota en sentido contrario a las manecillas del reloj para mover la cadera derecha adelante con el objetivo de golpear la pelota. Sin embargo en el caso de NT, el brazo derecho apoya el cuerpo en el piso y el brazo izquierdo se abduce cerca de 90 grados cuando el tronco mueve la cadera derecha adelante con el objetivo de golpear la pelota.

La cinemática angular de los tres elementos técnicos analizados se muestran gráficamente en las figuras 6, 7 y 8. Debajo de los gráficos del desplazamiento angular se colocaron algunos de los cuadros interpolados representando el cuerpo en 14 segmentos corporales, se indican las fases y cuando el jugador golpea a la pelota. En seguida se muestra el gráfico de la velocidad angular.

El objetivo de estos diagramas es hacer corresponder las fases, los cuadros interpolados, la amplitud de los ángulos y la velocidad angular en la ejecución de los elementos técnicos.

El ROM es mayor al realizar el movimiento al nivel de la tierra, se observa el ROM más pequeño cuando se realiza el movimiento con los pies en la tierra. Hay una mayor variación en las velocidades angulares en la ejecución del movimiento al nivel de la tierra, y menos variación de las velocidades angulares en el golpeo con los pies en la tierra.

El desplazamiento lineal del centro de masa del cuerpo, para los tres elementos técnicos, se muestran en Figura 9. Esto es un gráfico en 3D donde es posible identificar la ruta del centro de masa del jugador al realizar los tres elementos técnicos. La ruta más larga corresponde al golpeo al nivel de la tierra y la ruta más corta, a golpear la pelota con un salto.

Fases del elemento técnico	Cuadros Interpolados	Tiempo total (s)	Fase de Preparación (s)	Fase de golpeo (s)	Fase de Recuperación (s)
Golpea la pelota con los pies en la tierra (PT)	310	2.06	1.34	0.21	0.52
Golpea la pelota al nivel de la tierra (NT)	385	2.56	0.65	0.17	1.75
Golpea la pelota en un salto (CS)	270	1.80	0.55	0.28	0.97
		100%	30.76%	15.57%	53.67%

Tabla 1. Elementos técnicos del juego de pelota Ulama modalidad cadera, tiempos y fases.

Table 1. Technical elements in hip Ulama ball game, times and phases.

Unión [grados]	Hombro Der			Hombro Izq			Cadera Der			Cadera Izq		
	PT	CS	NT	PT	CS	NT	PT	CS	NT	PT	CS	NT
MEDIA	10,5	26,8	10,1	19,9	20,9	66,9	176,9	169,8	143,4	173,9	173,2	147,8
DEV STD	13,5	33,1	5,7	24,8	16,9	60,4	1,9	12,5	49,3	4,6	2,8	50,1
MAX	58,3	123,7	23,7	85,5	66,5	161,4	179,7	178,0	179,1	179,0	178,2	178,6
MIN	1,2	1,2	2,7	2,0	0,9	2,6	173,2	124,6	37,8	161,1	167,1	33,9
ROM	57,1	122,5	20,9	83,4	65,6	158,8	6,4	53,4	141,3	17,8	11,1	144,8

Unión [grados]	Rodilla Der			Rodilla Izq			Codo Der			Codo Izq		
	PT	CS	NT	PT	CS	NT	PT	CS	NT	PT	CS	NT
MEDIA	174,0	166,4	148,4	170,3	172,0	144,1	162,9	163,6	177,7	159,6	143,1	151,7
DEV STD	4,5	16,0	45,1	6,9	4,2	49,0	30,8	12,5	1,3	41,7	44,0	30,2
MAX	179,0	178,8	179,7	178,5	179,0	179,2	179,1	177,8	179,8	179,1	178,5	178,4
MIN	161,5	110,9	34,9	155,8	164,0	38,9	55,8	125,7	174,4	10,0	27,4	61,4
ROM	17,5	67,9	144,7	22,7	15,0	140,3	123,3	52,1	5,3	169,0	151,2	116,9

Tabla 2. La estadística descriptiva de las uniones articulares del jugador. PT = Golpea la pelota con los pies en la tierra. CS = Golpea la pelota con salto. NT = Golpea la pelota al nivel de la tierra.

Table 2. The descriptive statistic of the player body joints values.

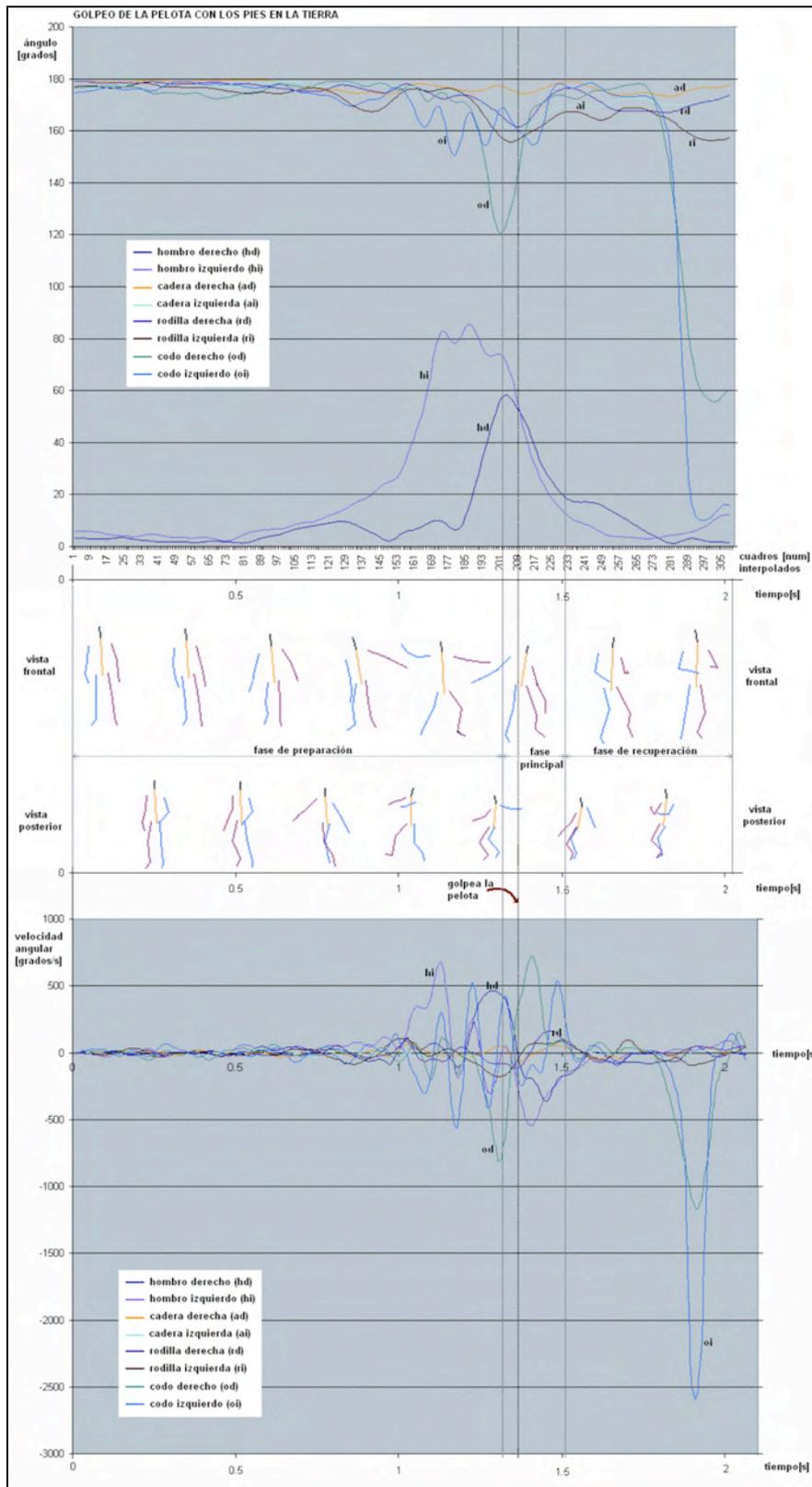


Figura 6. Los desplazamientos y las velocidades angulares de los hombros, codos, caderas y rodillas, calculadas para el golpeo a la pelota con los pies en la tierra (PT).

Figure 6. The joint's angular displacements and joint's angular velocities of the shoulders, elbows, hips and knees, calculated for striking the ball with the feet on the ground technical element.

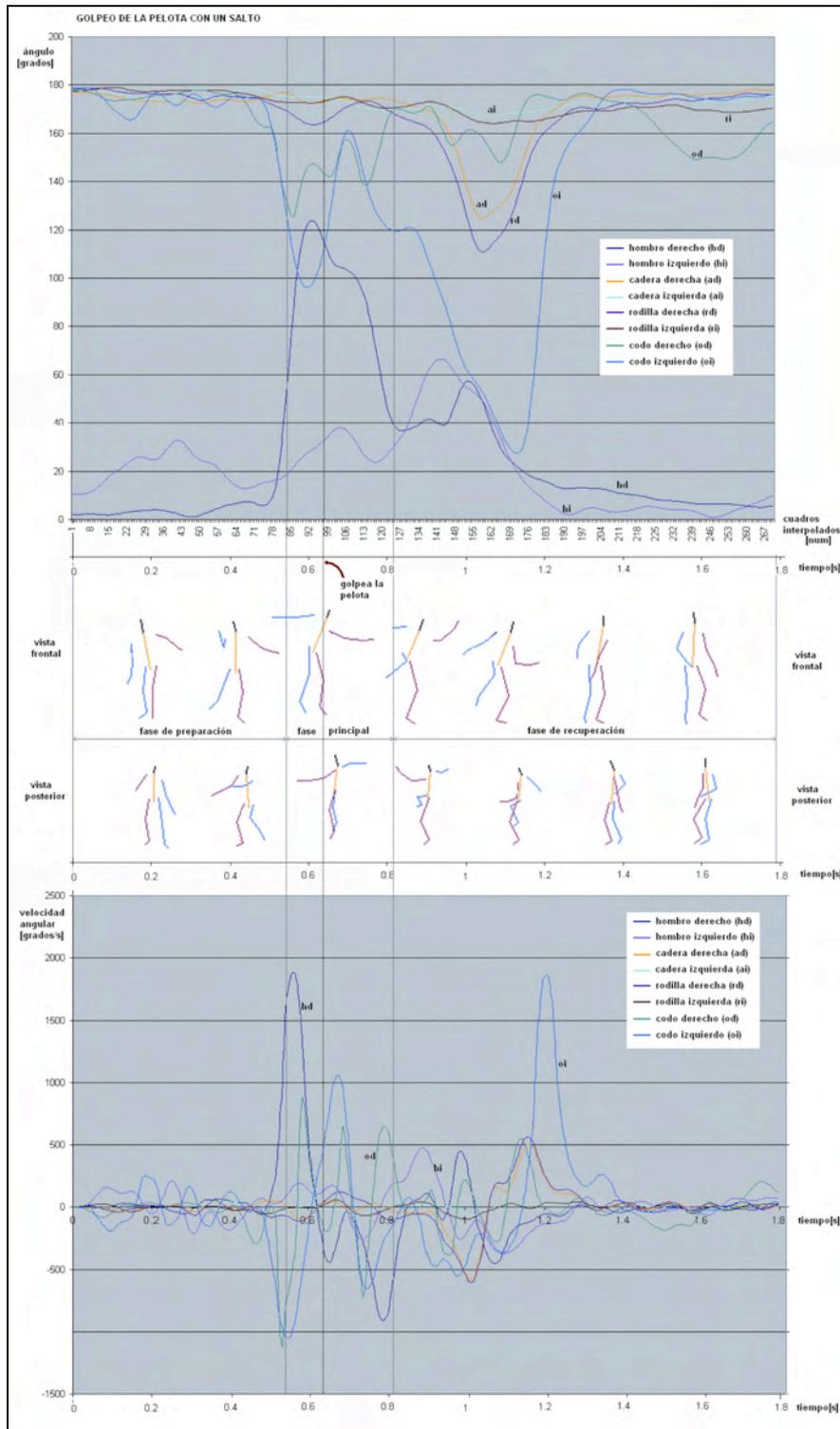


Figura 7. Los desplazamientos y las velocidades angulares de los hombros, codos, caderas y rodillas, calculadas para el golpeo a la pelota con un salto (CS).

Figure 7. The joint's angular displacements and joint's angular velocities of the shoulders, elbows, hips and knees, calculated for striking the ball while jumping technical element.

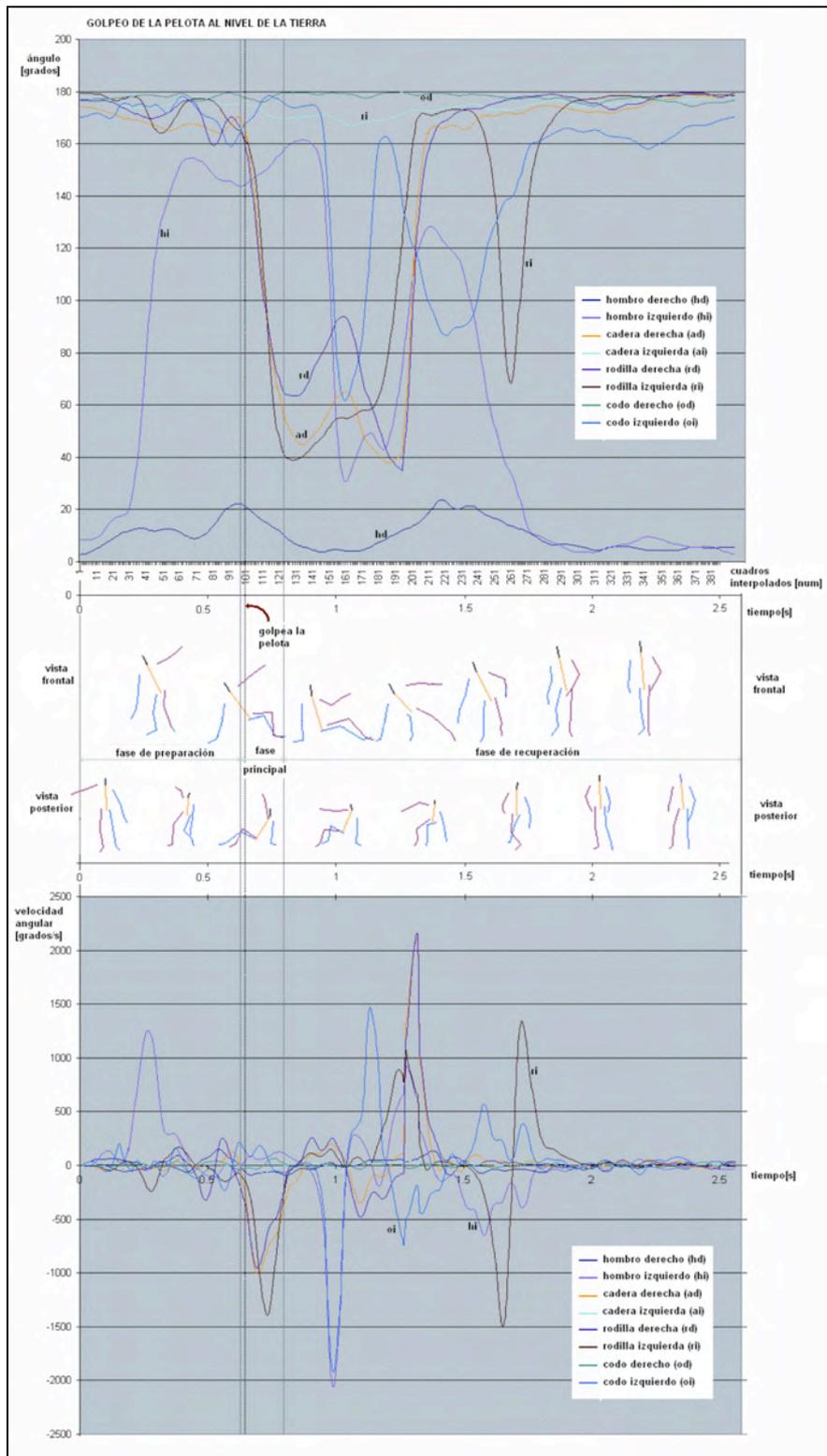


Figura 8. Los desplazamientos y las velocidades angulares de los hombros, codos, caderas y rodillas, calculadas para el golpeo a la pelota al nivel de la tierra (NT).

Figure 8. The joint's angular displacements and joint's angular velocities of the shoulders, elbows, hips and knees, calculated for striking the ball at the ground level technical element.

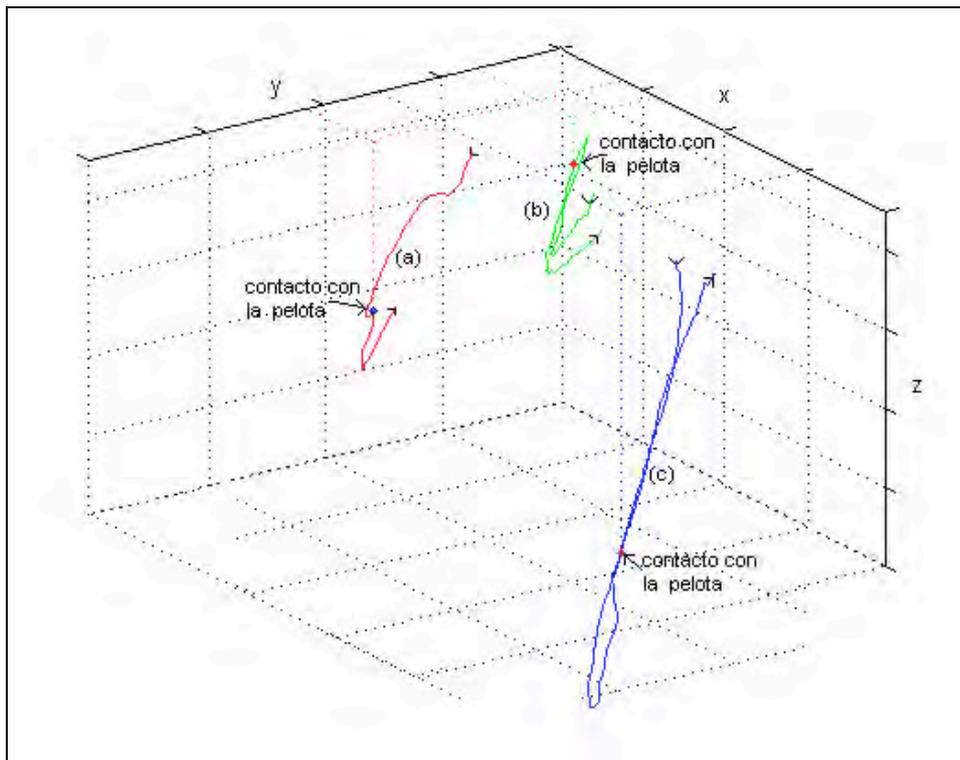


Figura 9. Los desplazamientos del centro de masa del cuerpo en los tres elementos técnicos: a. Golpeo a la pelota con los pies en la tierra (PT), b. Golpeo a la pelota con un salto (CS) y c. Golpeo a la pelota al nivel de la tierra (NT).

Figure 9. The body center of mass displacements calculated for the three technical elements: a. Strike the ball while feet on the ground, b. Strike the ball while jumping, and c. Strike the ball at the ground level.

Discusión y conclusiones

El elemento técnico que exige el mayor esfuerzo y movilidad es el de golpear la pelota al nivel de la tierra. La aproximación a la pelota exige bajar rápidamente el cuerpo, flexionando las caderas y las rodillas, hiper extendiendo el tronco y avanzando la cadera para golpear la pelota. Después de golpear hay una nueva exigencia de esfuerzo al jugador, el levantarse lo más rápidamente posible y estar listo para una posible siguiente intervención.

Para complementar el conocimiento biomecánico del juego, sería de mucha utilidad saber de las lesiones que experimentan a los jugadores. Un factor importante de riesgo es cuando el jugador está a punto de golpear a la pelota, debido a la dinámica del juego, la pelota podría golpearlo en alguna parte en su cuerpo o en la cabeza, dañándolo seriamente.

La exploración hecha para esta investigación incluyó trabajo realizado en varias etapas: una importante búsqueda bibliográfica, indagar donde en el país el juego todavía se practica, y finalmente hacer el análisis biomecánico. Desde varios puntos de vista, la exploración ha sido acertada, puesto que los objetivos propuestos al principio del proyecto fueron satisfechos: conocer la técnica del juego, la cinemática angular tridimensional y el desplazamiento del centro de masa del cuerpo en los movimientos del jugador.

Las secuencias seleccionadas son ejemplos de las muchas variantes que pueden ejecutar los jugadores dependiendo de las situaciones del juego. Sin duda, el estilo particular de cada jugador en la ejecución de estos elementos técnicos agrega variantes dando como resultado diversos valores cinemáticos.

Se sabe que las reglas de juego en el período pre-Hispánico eran muy variadas, las reglas actualmente son similares a las de un partido de voleibol. Sin embargo, por ejemplo, no hay límite en la duración del juego, y no hay tamaño y/o peso oficiales de la pelota. Aunque este estudio se orientó hacia el conocimiento de los movimientos del cuerpo humano, sería un éxito completo si

este conocimiento se utilizara para motivar a los jóvenes a practicar el Ulama modalidad cadera, para evitar su extinción.

Agradecimientos. La autora quisiera expresar su gratitud a la familia Páez-Lizárraga por su colaboración, también a Gerardo Espinosa y a Araceli Casas por su valiosa ayuda en la investigación histórica y en el registro de los videos.

Referencias

- Abdel-Aziz Y.I., Karara H.M., 1971, Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry. Proceedings of the ASP/UI Symposium on Close-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois, p. 1-18.
- Báuz, C., 1989, El juego de pelota prehispánico. México, Museo de Antropología e Historia, Centro Cultural Mexiquense, p: 8-15.
- Beristáin Bravo F., 1992, El juego de pelota en el área central de México: origen y desarrollo. En El juego de pelota en Mesoamérica. Raíces y Supervivencia. María Teresa Uriarte, coord. México, Siglo XXI.
- Caso A. and Gutiérrez T. (1965). El deporte prehispánico. En Artes de México. México, Artes de México. N° 75/76, p. 13.
- Chandler R.F., Clauser C.E., McConville J.T., Raynolds H.M., Young J.W., 1975, Investigation of inertial properties of the human body. Final report: AMRL-TR-74-137. Aerospace Medical Research Laboratory. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.
- Cervantes de Salazar F., 1971, Crónica de la Nueva España. Madrid, Ediciones Atlas, Biblioteca de Autores Españoles, Dos tomos, Tomo I.
- de la Garza M, Izquierdo A.L., 1986, El Ullamalitzli en el Siglo XVI. In Estudios de Cultura Náhuatl. Vol. 14, 315-333.
- Durán D., 1980, Ritos y fiestas de los antiguos mexicanos. Int. Cesar Macazaga Ordoño, México Inovación.
- Durán D., 1995, Historia de las indias de Nueva España e islas de tierra firme. México, CONACULTA, Tomo II.
- Espinosa M., 2005, Estudio de los movimientos del cuerpo humano en la práctica del juego de pelota, modalidad ulama de cadera. Estudios de Antropología Biológica XIII, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 473-493.
- Hay J., 1985, The biomechanics of sports techniques. Prentice Hall.
- Jiménez A., 1965, Juegos y deportes del México antiguo. In Boletín Bibliográfico. N° 323, julio, 10-13.
- Krickeberg W., 1966, El juego de pelota mesoamericano y su simbolismo religioso. Traducciones mesoamericanistas, No. 1, Mexico, D.F. Sociedad Mexicana de Antropología, México. p. 191-303.
- Lange Y., 1990, Ullama, en peligro de extinción. In México Desconocido. N° 162. año XIII, p. 23-27.
- Lange Y., 1992, La Pelota Mixteca. In México Desconocido. No. 185, julio, año XVI, p. 25-29.
- Leyenaar T.J.J., 1978, Ulama the perpetuation in Mexico of the pre-spanish ball game ullamalitzli. Leiden, E.J. Brill, The Netherlands.
- Lizardi R., 1972, La Decapitación en el Juego de Pelota. In Estudios Indigenistas Memorias del Primer Congreso mexicano-centroamericano Vol. I. México, 55-65.
- Marzan G.T. and Karara, H.M., 1975, A computer program for direct linear transformation solution of the colinearity condition, and some applications of it. Proc. Symp on close-range Photogrammetric Systems, American Society of Photogrammetry, 420-76.
- Rochin R., 1986, Director del filme: Ulama, el juego de la vida y la muerte. ” Tiempo: 105 min. Productores: Ángel Filippini, Roberto Rochín, Formato 35 mm, Compañía Productora: Mexica Films, Mexico.
- Taladoire E., 2000, El juego de pelota mesoamericano. In Arqueología Mexicana. Vol. VIII, No. 44. julio-agosto, 18-27.
- Tarkanian M.J. and Hosler D., 2000, La elaboración de hule en Mesoamérica. In Arqueología Mexicana. Vol. VIII, No. 44. 54-57.