

Artículo de investigación científica y tecnológica

Aspectos biomecánicos y lesiones musculoesqueléticas en miembros superiores en tenis adaptado

Biomechanical aspects and musculoskeletal injuries in upper limbs in adapted tennis

Laura Andrea Quintero Palma¹, Katty Johana Castaño Cardona¹, Luz América Martínez-Álvarez²

Recibido: 20 mayo de 2019

Aceptado para publicación: 28 diciembre de 2019

Resumen

Objetivo: Determinar las fases con mayor dificultad de ejecución en el gesto técnico del revés en deportistas de tenis adaptado.

Métodos: Estudio descriptivo transversal. Participaron los 8 deportistas de la Liga Vallecaucana de tenis adaptado. Se evaluó el gesto mediante el análisis del movimiento en tres dimensiones con el sistema de captura de Qualisys y el procesamiento de la información por medio de Visual 3D.

Resultados: Se identificaron seis fases en el gesto técnico del revés determinando con mayor dificultad de ejecución las fases 4 y 6. Fue posible analizar las articulaciones de hombro, codo, muñeca, tronco y cuello, identificando posibles lesiones osteomusculares.

Conclusión: El gesto de revés es el movimiento de mayor riesgo de lesión en el tenis adaptado.

Abstract

Objective: To determine the phases with the greatest difficulty of execution in the technical gesture of the reverse in adapted tennis athletes.

Methods: Descriptive cross-sectional study. The 8 athletes from the Vallecaucana League of adapted tennis participated. Gesture was evaluated by analyzing movement in three dimensions with the Qualisys capture system and processing the information using Visual 3D.

Results: Six phases were identified in the technical backhand gesture, determining phases 4 and 6 with greater difficulty of execution. It was possible to analyze the shoulder, elbow, wrist, trunk and neck joints, identifying possible musculoskeletal injuries.

Conclusion: The backhand gesture is the movement with the highest risk of injury in adapted tennis.

Palabras clave: biomecánica, lesiones musculoesqueléticas, deporte, tenis, silla de ruedas, revés, discapacidad, movimiento en tres dimensiones.

Key words: biomechanics, musculoskeletal injuries, wheelchair, tennis, sport, backhand, disability, three-dimensional movement

¹ Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte, Cali, Colombia

² Institución Universitaria Antonio José Camacho, Cali, Colombia

Autor de correspondencia: laura.quinteropalma@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El deporte adaptado es entendido como una modalidad deportiva que se adapta a un conjunto de personas que poseen una discapacidad o condición especial de salud, ya sea porque se han realizado una serie de adaptaciones y/o modificaciones para facilitar la práctica de aquellos, o porque la propia estructura del deporte permite su práctica.¹

El tenis adaptado, en particular, sigue las reglas del tenis tradicional y mantiene los mismos niveles de precisión, estrategia y táctica, con una única diferencia en las competiciones de tenis en silla de ruedas: se permite que la pelota dé dos botes, siempre que el primer bote haya sido dentro de los límites de la pista. Este deporte es practicado únicamente por personas con algún tipo de discapacidad física, que usan sillas de ruedas especiales, muy ligeras y con gran movilidad. Este deporte fue exhibido en los Juegos Paralímpicos de Seúl 1988 y se convirtió en deporte Paralímpico en el año 1992, en las Paralimpiadas de Barcelona.²

Los entrenadores de este deporte, existe la necesidad referida por falta de herramientas para una evaluación objetiva, ya que se hace desde los conocimientos previos o adaptados a las condiciones en las que se practica este deporte específicamente.³ Es aquí donde radica la importancia de entender que el deporte adaptado necesita ser comprendido desde estudios científicos de análisis del movimiento con técnicas y herramientas que logren extraer información biomecánica detallada.

La biomecánica como disciplina, se permite un enfoque más específico e interdisciplinar que por medio del estudio de las características fisiológicas y anatómicas, además la implementación de áreas de ergonomía complementaría aspectos psicológicos, socioculturales y emocionales en los que se busca la mutua adaptación entre el ser humano, la máquina y el medio donde se desarrolla el ser humano, logrando así, aumentar el rendimiento y la salud del deportista a través de diversos métodos en este contexto deportivo.⁴

El objetivo de la investigación fue describir las fases del movimiento durante el gesto deportivo e identificar las posibles lesiones musculoesqueléticas en miembros superiores durante la ejecución del movimiento de revés en deportistas de tenis adaptado

MATERIALES Y MÉTODOS

La población estuvo conformada por los 8 deportistas categoría mayores pertenecientes a la Liga Vallecaucana de Tenis adaptado. Se consideraron como criterios de exclusión deportistas que presentaran incapacidad médica, presentar alguna lesión en miembros superiores que pueda impedir que ejecute el gesto deportivo correctamente y decidir de no participar en el estudio. Para identificación de las fases del movimiento los deportistas realizaron el gesto deportivo en el Laboratorio de Biomecánica de la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte y fueron grabados con un sistema de captura de movimiento que cuenta con nueve cámaras optoelectrónicas (Qualisys), la ubicación de las cámaras fue estratégica para registrar el movimiento completo con captura adecuada de cada plano y eje de movimiento. Es de resaltar que este análisis se realizó de manera bilateral

El análisis de los datos se llevó a cabo usando el software Qualisys Track Manager (QTM) y Visual 3D con los que es posible generar un modelo biomecánico en el que se identifican los ángulos de movilidad articular en 3D. Para la creación del modelo biomecánico se usaron 32 marcadores reflectivos ubicados en referencias anatómicas en brazos, antebrazos, manos, tronco y cabeza. Los marcadores reflectivos son stickers que se ubican en las articulaciones a evaluar y facilitan el registro de la cámara para su posterior análisis en el software. Además, se utilizaron cuatro marcadores adicionales ubicados en la raqueta para seguir su movimiento e identificar la posición en la que se debía encontrar el elemento en cada una de las fases.

Aspectos éticos

Se comunicó la naturaleza, los propósitos de la investigación, el por qué de la participación del sujeto, la metodología de las pruebas, los objetivos de la investigación, los instrumentos para la recolección de información, los beneficios y riesgos, la confidencialidad de la información y el contacto de los investigadores que hacen parte de la investigación. Se obtuvo consentimiento informado explícito. Este estudio cuenta con el aval ético otorgado por el Comité de Ética de la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte. El nivel de riesgo de la investigación fue mínimo según la Resolución N° 8430 del 4 octubre de 1993.

RESULTADOS

Se determinó que el gesto técnico con mayor dificultad de ejecución es el gesto del revés, que “es el golpe al lado opuesto al drive. Es muy importante la posición del cuerpo, que debe ser colocado de perfil, utilizándose como técnica para ello, bajar el hombro para apuntarlo en dirección a la red, mientras el brazo derecho en los diestros e izquierdo en los zurdos, pasa sin ser flexionado por debajo del mentón, para ubicarse atrás antes de retornar para impactar la pelota, siempre delante del cuerpo. Es importante, al igual que el drive, que el peso del cuerpo se traslade de atrás hacia adelante en el momento de impactar la pelota”⁵ ya que se presentan golpes donde el tiempo de reacción del sujeto es tardío debido a la velocidad que alcanza la pelota en un breve intervalo de tiempo. Así mismo cuando la pelota se desplaza hacia el cuerpo del deportista se genera mayor dificultad en el impactos a la pelota con el centro de la raqueta por las condiciones de movilidad en las que se encuentran los deportistas en silla de ruedas.

Se determinaron las fases del movimiento de revés teniendo en cuenta las fases del tenis convencional. Dichas fases se muestran en la Figura 1. En las fases 4, 5 y 6 hay mayor criticidad en la ejecución se pueden generar lesiones osteomusculares.

Se realizó el análisis de las posturas angulares o amplitud articular. Se observó que los ángulos posturales abducción y extensión del hombro y extensión de la muñeca, principalmente, estaban por fuera del rango confortable pero dentro del rango de amplitud máxima de la articulación como en el caso de la extensión máxima con rotación externa del hombro en la fase 6.

Las fases más críticas fueron las fases 4 (movimiento hacia la pelota) y fase 6 (terminación) con un mayor efecto en el miembro superior derecho que es el brazo dominante y que sostiene y dirige



Figura 1. Detalle de las fases del movimiento identificadas para el movimiento del revés en deportistas de tenis adaptado.
Fuente: Elaboración propia.

la raqueta. la criticidad en la fase 4 radica en el movimiento de transferencia de energía que debe hacer el deportista manteniendo el brazo en una aceleración constante, pues en la siguiente fase el impacto en la colisión raqueta-pelota tiene como consecuencia mayor vibración en las articulaciones. En la fase 6 del movimiento se generan ángulos posturales por fuera de los ángulos de confort con el hombro en completa extensión con rotación externa.

En los deportistas diestros, el miembro superior izquierdo está encargado del control de la silla de ruedas, la muñeca debe realizar movimientos de desviación ulnar y radial frecuentes además de agarres con alta exigencia de fuerza por encima de la capacidad de la mano lo que puede generar lesiones como las explicadas en la Tabla 1.

Descripción de las fases del movimiento de revés

En la primera fase (preparada o neutra) el jugador debe posicionar los hombros, cabeza y tronco a nivel o levemente por delante de la cadera generando un equilibrio respecto a la posición de la silla de ruedas en relación al peso corporal. En la segunda fase (activación y primera rotación) se observa la activación por medio de la movilidad de la silla y en la tercera (movimiento de preparación) se produce la elongación de los músculos involucrados en la ejecución, los cuales van a actuar haciendo una buena pre- extensión y almacenamiento de energía. En la fase 4 (movimiento hacia la pelota) el eje de la pelvis (rotación de la silla), el tronco y los hombros son los protagonistas de la rotación angular, elemento fundamental para la generación de energía, ya que el golpe de revés a una mano en el tenis adaptado busca utilizar cada uno de estas partes en cadena y generar velocidad angular para el momento del impacto. La fase cinco (punto de impacto) el deportista impacta la pelota. Este es un instante crítico ya que se refleja el resultado del trabajo acumulado en las fases antepuestas al golpe; un intervalo muy corto de tiempo entre el contacto de raqueta/pelota, casi imperceptible debido a la velocidad con la que se realiza el gesto y, en la fase final (terminación) se desacelera el movimiento permitiendo liberar cualquier posible carga de estrés a los músculos involucrados en la transmisión de la energía elástica que fue almacenada en la fase anterior.

Se identificaron las posibles lesiones que pueden generarse por sobreuso y repetitividad de acuerdo con los movimientos que realizan las articulaciones del hombro, codo y mano

simultáneamente durante la ejecución del gesto de revés. El riesgo de lesiones depende de la fase en que cada articulación este mayormente involucrada, tal como se muestra en la Tabla 1 que a partir de la fase 3 se involucran movimientos de rotación, inclinaciones y extensión del tronco que pueden generar lesiones a nivel de columna. El riesgo de la aparición de lesión está asociada a las condiciones particulares de los deportistas, ya que existen factores tanto internos como externos que alteran las variables biomecánicas y por lo tanto la probabilidad del riesgo.

DISCUSIÓN

El movimiento de revés es el gesto técnico de mayor dificultad de ejecución tanto en el tenis convencional como en tenis adaptado según Saviano 6 “es cierto que a muchos deportistas les cuesta en gran manera y lo usan poco, muchos de los profesionales que ejecutan el revés lo hacen a dos manos ya que lo hace más versátil”, en contraste a esto, es de resaltar que los deportistas se encuentran en silla de ruedas y no es posible ejecutar el revés a dos manos, pues su brazo dominante tendrá que realizar el movimiento de la raqueta y el otro brazo lo utilizará para desplazar su silla de ruedas simultáneamente en rotación. El miembro superior derecho es el dominante en todos los sujetos de la muestra de este estudio, por lo que es con este brazo con el que manipula la raqueta y el brazo izquierdo es el encargado de realizar la propulsión de la silla de ruedas, aunque durante la transición de alguna de las fases el brazo derecho también realiza la propulsión simultáneamente con la raqueta.

En concordancia con esto, es coherente que las fases 4 y 6 del movimiento sean las más críticas de ejecución, a pesar de que la última sea de terminación del gesto, por los ángulos posturales máximos generados en la articulación del hombro que van de la extensión rotación externa a flexión rotación interna. Por la repetitividad de este movimiento, los deportistas se encuentren más propensos a que se presenten lesiones de tipo musculoesqueléticas por un sobreuso en las articulaciones involucradas en este gesto como lo menciona King et al.⁷, quienes observaron que los deportistas lesionados tenían una actividad significativamente mayor en los músculos extensores de los miembros superiores (en articulaciones como hombro, codo, muñeca y tronco) durante el impacto de la pelota y el seguimiento hasta la terminación del gesto, casi seguramente causado por una mecánica subóptima que

Tabla 1. Lesiones musculoesqueléticas que se pueden generar en las articulaciones de miembros superiores durante la ejecución del gesto técnico del revés en deportistas de tenis adaptado.

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6
posición preparado o neutra	Activación y primera rotación	Movimiento de preparación	Movimiento hacia la pelota	Punto de impacto	Terminación
Hombro					
Derecho: -Manguito rotador -Tendinitis de Biceps Proximal - Pinzamiento - Bursitis de hombro Izquierdo: N/A	Derecho: -Manguito rotador - Tendinitis de Biceps Proximal - Pinzamiento - Bursitis de hombro Izquierdo: N/A	Derecho: -Manguito rotador - Tendinitis de Biceps Proximal - Pinzamiento - Bursitis de hombro Izquierdo: N/A	Derecho: -Manguito rotador - Tendinitis de Biceps Proximal - Pinzamiento - Bursitis de hombro Izquierdo: N/A	Derecho: -Manguito rotador - Tendinitis de Biceps Proximal - Pinzamiento - Bursitis de hombro Izquierdo: N/A	Derecho: -Manguito rotador - Tendinitis de Biceps Proximal - Pinzamiento - Bursitis de hombro Izquierdo: N/A
Codo					
Derecho: -Epicondilitis Lateral - Bursitis de codo - Tendinitis de biceps Distal Izquierdo: -Tendinitis de biceps Distal	Derecho: -Epicondilitis Lateral - Bursitis de codo - Tendinitis de biceps Distal Izquierdo: -Tendinitis de biceps Distal	Derecho: -Epicondilitis Lateral - Bursitis de codo - Tendinitis de biceps Distal Izquierdo: -Tendinitis de biceps Distal	Derecho: -Epicondilitis Lateral - Bursitis de codo - Tendinitis de biceps Distal Izquierdo: -Tendinitis de biceps Distal	Derecho: -Epicondilitis Lateral - Bursitis de codo - Tendinitis de biceps Distal Izquierdo: -Tendinitis de biceps Distal	Derecho: -Epicondilitis Lateral - Bursitis de codo - Tendinitis de biceps Distal Izquierdo: -Tendinitis de biceps Distal
Muñeca					
Derecha: -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial. - Tendinitis de Quervain. Izquierda: -Síndrome del Tunel Carpo, -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial -Tendinitis de Quervain.	Derecha: -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial. - Tendinitis de Quervain. Izquierda: -Síndrome del Tunel Carpo, -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial -Tendinitis de Quervain.	Derecha: -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial. - Tendinitis de Quervain. Izquierda: -Síndrome del Tunel Carpo, -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial -Tendinitis de Quervain.	Derecha: -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial. - Tendinitis de Quervain. Izquierda: -Síndrome del Tunel Carpo, -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial -Tendinitis de Quervain.	Derecha: -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial. - Tendinitis de Quervain. Izquierda: -Síndrome del Tunel Carpo, -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial -Tendinitis de Quervain.	Derecha: -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial. - Tendinitis de Quervain. Izquierda: -Síndrome del Tunel Carpo, -Tendinitis de Extensores Lateral - Medial -Tendinitis de Quervain.
Columna					
	Dorsalgias Lumbalgias Espondilolistesis	Dorsalgias Lumbalgias Espondilolistesis	Dorsalgias Lumbalgias Espondilolistesis	Dorsalgias Lumbalgias Espondilolistesis	Dorsalgias Lumbalgias Espondilolistesis

Fuente: Elaboración propia

incluye un “codo delantero”, extensión de la muñeca durante la fase de impacto y la raqueta en el momento del impacto.

En el tenis adaptado, es posible determinar una secuencia de movimientos que se espera debe seguir el deportista al momento de realizar la ejecución del gesto técnico con el fin de lograr un movimiento efectivo; pero en todo movimiento se pudo evidenciar variaciones en los ángulos posturales que pueden deberse al tipo de lesión que presenta cada deportista, o al tiempo de experiencia deportiva.⁸

Es posible determinar que existen otros estudios que han cuantificado diversos gestos en el tenis adaptado, donde se han evidenciado comportamientos similares como Reina y col, 2010¹ que encontraron relación entre el comportamiento de las variables cinemáticas con las cinéticas, a mayor aceleración, mayor fuerza, aumenta la potencia y específicamente en la fase de golpeo hay una rotación interna de hombro y extensión de muñeca, este comportamiento por ejemplo, es algo que se esperaría durante la ejecución del gesto deportivo.

Este trabajo se justifica en la necesidad de visibilizar el deporte adaptado dando un enfoque biomecánico para trabajar en conjunto con el entrenador y los deportistas, los cuales pueden brindar información valiosa. Entre las limitantes de esta investigación está que el análisis del movimiento fue realizado en los entornos que no son propios del deportista, y que no se tuvieron en cuenta aspectos específicos como recuperación, horarios de descanso y sueño, hidratación, situaciones familiares y demás que afectan tanto positiva como negativamente el rendimiento del deportista, estos principios o aspectos se pueden evidenciar en el modelo de la ergonomía en el deporte descrito por Reilly.⁹

CONCLUSIÓN

El gesto de revés es el movimiento de mayor riesgo de lesión en el tenis adaptado. La identificación de las posibles lesiones permite a los entrenadores planificar los entrenamientos y aunque el resultado es muy global y generalizado aporta en la reestructuración de planes para prevenir la aparición de dichas lesiones, focalizando el trabajo de acondicionamiento en los grupos musculares con mayor riesgo de lesión y de paso potencializar las habilidades y capacidades físicas del deportista logrando un impacto positivo en el rendimiento deportivo y en el cumplimiento de los objetivos trazados para sus entrenamientos y competencia.

REFERENCIAS

1. Reina R. La actividad física y deporte adaptado ante el Espacio Europeo de Enseñanza Superior. Sevilla: Wanceulen; 2010.
2. Moya CRM. Deporte Adaptado. *Infórmate Sobre*. 2014; 5: 1–99
3. Reilly T, Lees A. Sports ergonomics. In: Maughan RJ. *Encyclopaedia of Sports Medicine: The Olympic Textbook of Science in Sport*. Oxford, UK: Blackwell. pp. 230-247; 2009.
4. Ergonautas. Métodos de la evaluación de ergonomía de puestos de trabajo. Carga Postural. Universidad Politécnica de Valencia; 2019. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos-evaluacion-ergonomica.html>
5. González GI. Factores antropométricos y de rendimiento físico determinantes de la velocidad y precisión de golpeo en jugadores de tenis menores de 20 años. Tesis de Doctorado. Programa de Doctorado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Departamento de Deporte e Informática, Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Sevilla, España; 2019.
6. Saviano N. The Slice Backhand: Technique and Tactics. *USTA High Performance J*. 2002; 4(3), 5-8.
7. King MA, Kentel BB, Mitchell SR. The effects of ball impact location and grip tightness on the arm, racquet and ball for one-handed tennis backhand groundstrokes. *J Biomechanics*. 2012; 45(6): 1048-1052.
8. Mason B, Goosey-Tolfrey V, van der Woude L. The ergonomics of wheelchair configuration for optimal performance in the wheelchair court sports. *Sports Medicine*. 2012; 1(43): 23-28
9. Reilly T. Physical fitness: For whom and for what? In: Oja P, Telama R. *Sport for All*. Amsterdam: Elsevier; 1991. pp. 81-88.

©Universidad Libre 2019. Licence Creative Commons CCBY-NC-SA-4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>

