

**CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DE LA RODILLA DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA
PATADA BATIDORA EN WATERPOLISTAS DE LA SELECCIÓN ANTIOQUIA**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: MOVIMIENTO Y SALUD

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

FACULTAD DE FISIOTERAPIA

UNIVERSIDAD CES

MEDELLÍN

2016

Contenido

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	7
MARCO TEÓRICO	8
CONCEPTOS GENERALES	8
DEMANDAS FISIOLÓGICAS EN EL WATERPOLO	10
ANÁLISIS CINEMÁTICO	12
COMPONENTE CINEMÁTICO DE LA RODILLA (22)	13
Osteocinemática	13
Artrocinemática	14
LESIONES ASOCIADAS A LA PRÁCTICA DEL WATERPOLO	17
EPIDEMIOLOGÍA	19
TÉCNICA Y DIVERSOS GESTOS DEPORTIVOS	20
OBJETIVOS	22
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
DISEÑO METODOLOGICO	23
ENFOQUE	23
POBLACIÓN	23
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	23
VARIABLES	23
TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	25
CONTROL DE ERRORES Y SESGOS	26
CONSIDERACIONES ÉTICAS	27
BIBLIOGRAFÍA	29

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El waterpolo es un deporte acuático de equipo, sujeto a unas normas e institucionalizado, compuesto por 7 jugadores (6 jugadores y portero) que se practica en una piscina con la finalidad de introducir el balón en la portería contraria (1). En 1991 fue citado como Mejor deporte en general en términos de demandas fisiológicas impuestas en los atletas (2).

Aunque dichas demandas benefician la salud, el gesto deportivo de esta actividad requiere de varios movimientos exigentes en cuanto a la biomecánica. Uno de ellos, es la patada batidora la cual, es una de las técnicas más importantes en waterpolo; se utiliza para mantener la posición del cuerpo con la cabeza por encima del agua sin tener contacto con el piso (flotación), para iniciar el movimiento del cuerpo en cualquier dirección y para resistir el jugador contrario cuando él / ella está empujando en la dirección opuesta (hacia el fondo) (3). Durante la ejecución de la patada batidora se genera una combinación compleja de acciones entre la rodilla y la cadera que involucra todos los planos de movimiento (4), generando directamente una sobrecarga de dichos segmentos que favorece la aparición de lesiones osteomusculares, que pueden llevar a la deserción de los deportistas y las bajas del equipo en competencia.

La práctica de este deporte a nivel mundial es frecuente y hay selecciones participando en competencias de alto nivel; en los pasados olímpicos en Rio de Janeiro se presentaron 14 selecciones de diferentes países con un total de 260 deportistas de waterpolo(5) y las estadísticas regionales a nivel de Antioquia, datan que en 2009 se contaba con 3 clubes y para 2010 aumento a 6 clubes debido a la demanda deportiva, que cuenta en el momento con 450 deportistas aproximadamente(6) practicando waterpolo, de los cuales se encuentran tasas de lesiones en general que varían entre 1,7 y 53 por 1.000 horas de práctica deportiva, entre 0,8 y 90,9 por 1.000 horas de entrenamiento, entre 3,1 y 54,8 por 1.000 horas de competición y de 6,1 a 10,9 por 100 juegos (7).

Muchas de las lesiones son por sobreuso y se localizan en la rodilla, y aunque la patada batidora es muy utilizada en cualquiera de esas condiciones, no se conoce en la literatura revisada al momento de realizar esta investigación, alguna información acerca de la cinemática de rodilla que es la estructura más afectada a la hora de realizar la patada batidora.

La lesión ocasionada por la patada batidora perjudica negativamente el rendimiento del equipo que compite, afectando aproximadamente al 5% de los jugadores que lo conforman (8). Además, se ha documentado que después de estas lesiones, existe

riesgo de reincidencia del 40% al cabo de 1 año, del 60% a los 5 años, y del 80% hacia los 10 años de la lesión inicial (9), lo que genera desacondicionamiento físico por inmovilización cuando es necesaria una recuperación exhaustiva por tratamiento quirúrgico (10), pérdida del ritmo de entrenamiento, bajas competitivas del equipo y por tanto, deterioro de la salud física y mental de cada deportista y afectación del equipo en general.

Ahora bien, el análisis cinemático de cualquier articulación es importante para la detección (11) y prevención de lesiones, además de generar información para una rehabilitación óptima basada en las necesidades de dicha estructura (12).

Debido a la escasez de información acerca del componente cinemático de la rodilla durante la ejecución de la patada de batidora, es necesario describirlo, para así brindar información que sea útil para poder elaborar estrategias preventivas y correctivas del entrenamiento, mejorar el rendimiento deportivo y evitar la frecuencia de lesiones, principalmente en la rodilla como articulación con gran carga de trabajo en este gesto deportivo.

JUSTIFICACIÓN

El waterpolo es un deporte que ha sido fuerte en Europa, destacando los países de Italia, Hungría, España, Alemania y Estados Unidos; siendo éstos dominantes en las competencias más importantes como Juegos Olímpicos y torneos mundiales. En Colombia este deporte ha ido en aumento, tanto en deportistas de alto rendimiento como deportistas aficionados. En la Liga de Natación de Antioquia desde el año 2009 se contaba con 3 clubes deportivos y para 2010 se contaba con 6 clubes debido a la demanda deportiva que cuenta en el momento con 450 deportistas aproximadamente.

Las principales investigaciones y seguimientos a lesiones en deportistas de waterpolo se realizan en su gran mayoría en miembros superiores, ya que es el segmento corporal donde se presentan más lesiones en deportes acuáticos, prestando menos importancia a lesiones de miembro inferior que pueden tener igual o mayor relevancia que las lesiones de miembro superior en disciplinas como el waterpolo que tienen como característica la patada batidora.

Los jugadores que practican waterpolo, están propensos a sufrir lesiones de rodilla por la utilización de la técnica de la patada batidora, generando deserción deportiva, bajas en el equipo por tiempo prolongado de recuperación, reincidencia de la lesión y afectación de estructuras adyacentes, puesto que es una técnica que es indispensable para jugar este deporte, y por las implicaciones biomecánicas que esta actividad deportiva requiere; por esto conocer los mecanismos cinemáticos de las articulaciones podría contribuir a la comprensión de las lesiones para así tomar medidas preventivas y correctivas del entrenamiento, mejorar el rendimiento deportivo y evitar la frecuencia de lesiones principalmente en la rodilla, como articulación con gran carga de trabajo en este acto deportivo.

Con esta investigación se podrían beneficiar principalmente los deportistas de waterpolo, tomando conciencia de su gesto deportivo, así mismo a los entrenadores, creando estrategias de entrenamiento donde mejore el gesto deportivo y aumente su rendimiento competitivo. Los fisioterapeutas, con su conocimiento del movimiento corporal humano y teniendo las bases cinemáticas del movimiento de la rodilla, podrían plantear estrategias terapéuticas para la prevención y atención adecuada de lesiones, generando conocimiento acerca de un tema del cual no se encuentra suficiente información, ya que este deporte en el país y sobre todo en la ciudad no está masificado como es el caso del fútbol, el ciclismo y el baloncesto que son deportes que se practican con mayor frecuencia en la comunidad y centran sus investigaciones en estos.

Para esta investigación se está amparado por la Ley 181 de Enero 18 de 1995 del Ministerio de Educación por el cual se dictan disposiciones para el fomento del deporte, donde en el capítulo I se encuentra como un objetivo Estimular la

investigación científica de las ciencias aplicadas al deporte, para el mejoramiento de sus técnicas con el fin de fomentar la recreación del tiempo libre para permitir una formación integral de la persona como miembro de la sociedad (13).

Para la obtención de los datos se contó con autorización para el estudio y acceso a las prácticas deportivas de waterpolo, que tuvieron lugar en la Liga de natación de Antioquia, siendo este un referente a nivel nacional en la práctica del deporte. Al momento de realizar la evaluación biomecánica se utilizaron cámaras de toma subacuática y terrestre, necesaria para la obtención de datos, que fueron digitalizados en el software Kinovea, además se contó con recursos para transportes y alimentación. Por último, se tuvo acompañamiento de un ingeniero biomédico y asesor de la universidad CES.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las características cinemáticas de la rodilla durante la ejecución de la patada batidora en waterpolistas de la selección Antioquia?

MARCO TEÓRICO

CONCEPTOS GENERALES

El waterpolo es un deporte que se practica entre dos equipos de siete jugadores cada uno, en una profundidad mínima de 1'80 m. En el centro de cada una de las líneas de fondo están situadas las porterías de 0'90 m de altura y 3 m de anchura. Los jugadores/as, deben pasarse un balón con una mano, deben intentar marcar un gol, mandándolo al interior de la portería, defendida por el portero adversario. Durante el transcurso del partido que dura entre 32 a 36 minutos, los atletas deben nadar constantemente, mientras luchan contra los adversarios, para pasar y disparar la pelota de forma exacta y completar mediante las tácticas las tareas complejas a través del juego (14)

El waterpolo se originó en el Reino Unido a finales del 1800. El juego se desarrolló en Gran Bretaña entre 1869 y 1870 y se llamó polo porque los primeros jugadores iban montados en barriles que parecían caballos y golpeaban la pelota con mazos. El juego sigue las directrices de la Federación Internacional de Natación (FINA), desde 1908. (15) Históricamente, la participación ha sido dominada por las naciones europeas, pero ya es muy popular en norte América, Australia y Asia.

Durante casi 20 años no existieron normas para jugarlo, los primeros cultores de este deporte formaban equipos de 7, 10 hasta de 20 jugadores, los primeros partidos eran exhibiciones de fuerza bruta, rara vez se practicaban pases largos o combinaciones, cada jugador realizaba lo que mejor le parecía. En 1885 la asociación de natación de Londres reconoció como oficial este deporte ya que se habían establecido las mismas reglas y normas entre Inglaterra y Escocia, en 1888 se modificó este reglamento, entre los más destacados fue la creación de los arcos y se realizaron los primeros campeonatos deportivos. En este mismo año Estados Unidos acoge el waterpolo, siendo el primer país en practicarlo en el continente americano, pronto desarrollaron sus propias ideas de juego muy distintas a las inglesas. En 1908 George Hern funda la Federación Internacional de aficionados a la natación, el polo y el clavado (FINA) y se intentó fijar las reglas internacionales del juego sin mayor éxito. En 1911 la federación hizo obligatorias las reglas anglo-escocesas para todos sus miembros (15).

Históricamente, el waterpolo ha sido dominado por las naciones europeas, pero ya es muy popular en norte América, Australia y Asia. La FINA es creada con el objetivo de administrar las competencias de 5 disciplinas que se llevan a cabo en agua: natación, natación sincronizada, natación en aguas abiertas, clavados y waterpolo, este comité es el responsable de organizar competencias mundiales, desarrollar las reglas y normas de dichos deportes, por ende es el encargado de dictaminar sanciones si se incumplen las reglas por algún deportista (15).

La ley 181 de 1995 fue diseñada para proteger y velar por el bienestar de los deportistas profesionales y no profesionales, por otra parte garantiza y vigila que las instalaciones o lugares para realizar algún deporte estén en adecuadas condiciones y promueve la construcción de más espacios deportivos para que así se genere mayor conciencia y promoción de hábitos saludables a las personas (17).

En Colombia el ente encargado de velar por el bienestar de los deportistas es Coldeportes, el departamento administrativo del deporte, la recreación y la actividad física, cuyo objetivo dentro del marco de sus competencias y la ley de formular, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes y programas para promover el bienestar y a la calidad de vida de deportistas y no deportistas, además ejerce funciones de inspección, vigilancia y control sobre todos los organismos deportivos (16).

En Antioquia la entidad encargada de servir a las organizaciones departamentales a través de recursos tecnológicos, físicos, humanos y financieros para fomentar el deporte es INDEPORTES Antioquia (18).

DEMANDAS FISIOLÓGICAS EN EL WATERPOLO

En la mayoría de deportes de equipo, las demandas tanto físicas como fisiológicas no solo dependen de las reglas del juego, sino que también de la aplicación de cada juego en particular.

Es por esta razón que las demandas tanto físicas y fisiológicas en el waterpolo dependen de la posición del jugador, duración de la práctica y el intervalo de reposo.

- Demandas generales: los principales aspectos que se dan a conocer es que se presenta una alta demanda metabólica y cardiovascular durante la práctica de este deporte. (19)
- Demandas en el campo de juego: en el waterpolo estas demandas dependen de la intensidad, duración y frecuencia de las múltiples actividades realizadas. Una duración de juego mayor a 20 segundos con movimientos apresurados (carrera) es sumamente dependiente del metabolismo anaeróbico y la potencia muscular.

El cálculo de tiempo y análisis del movimiento dan como resultado que los jugadores de campo gastan sólo 45 a 55% del tiempo de juego en una posición horizontal del cuerpo (es decir, transportándose). El resto del tiempo se dedica a la realización de actividades en las posiciones del cuerpo predominantemente verticales, con y sin contacto con un oponente (20)

Demandas en portería: los niveles de lactato en sangre medido en porteros de elite de la Liga de Natación Española indicaron un aumento moderado debido a las tareas realizadas por los mismos(21).

La eficacia de un portero de alto rendimiento depende de la calidad de aplicación de las habilidades tales como: tiempo, velocidad, altura, ángulo y / o la posición del cuerpo.

Demandas neuromusculares: para poder funcionar correctamente dentro del agua primero se requiere un entrenamiento de la fuerza, resistencia y potencia muscular con el fin de prevenir lesiones. Estudios realizados de la biomecánica y electromiografía han demostrado que la práctica de waterpolo genera la contracción isotónica de varios grupos musculares durante el lanzamiento y el transporte, induciendo a altos niveles de actividad y fuerza muscular (22).

El simple hecho de tener que vencer la resistencia del agua aparte del peso de la pelota sin una base de sustentación estable genera un entrenamiento de la potencia muscular.

No obstante, los porteros requieren mayor potencia muscular, fuerza muscular y mejor estabilidad de la articulación de la parte superior del cuerpo, en comparación de los

jugadores de campo, ya que esto le permite hacer frente al impacto de la pelota y realizar un lanzamiento más eficaz, por ende garantiza un mejor rendimiento en su posición.

Adaptaciones fisiológicas: Un estudio transversal informó que la densidad ósea en la columna y la cadera fueron mayores en jugadores de waterpolo masculino que en los que no practicaban el deporte(23); el aumento de la densidad ósea fue atribuido a la actividad física y fuerza muscular derivadas de la práctica del deporte. Por otro lado, se demostró que los jugadores de waterpolo tenían altos niveles de lipoproteínas de alta densidad y de enzimas implicadas en el metabolismo de los lípidos que contribuyen a la prevención de aterosclerosis.(24)

ANÁLISIS CINEMÁTICO

La cinemática estudia de forma genérica el movimiento de las articulaciones independientemente de las causas que lo producen, también se conoce como el estudio de las relaciones entre las posiciones, velocidades y aceleraciones de cuerpos rígidos, sin importar cómo son causados los movimientos, esto quiere decir que, la cinemática describe la geometría del movimiento

Para todas las modalidades deportivas, los participantes ejecutan una serie de movimientos con alta velocidad. La rapidez de ejecución, representa un problema para la observación del gesto deportivo por parte del entrenador o profesional de la salud. (25)

Es por esta razón que se utiliza el software de análisis del movimiento (Kinovea) que permite estudiar la técnica deportiva a nivel cualitativo (implica identificar el cumplimiento o no de una serie de aspectos técnicos o claves del movimiento (posiciones o acciones)) y cuantitativo (aporta un valor específico y concreta sobre un aspecto de la ejecución del deportista); favorece la exportación del análisis arrojado a las bases de datos para el estudio requerido (26)

COMPONENTE CINEMÁTICO DE LA RODILLA (27)

La articulación de la rodilla realiza fundamentalmente movimientos en 2 planos perpendiculares entre sí: flexo-extensión en el plano sagital y varo-valgo en el plano coronal.

La cinemática estudia el movimiento sin tener en cuenta las fuerzas que lo producen. Incluye el desplazamiento, la aceleración y la velocidad. Se divide en osteocinemática y artrocinemática.

Osteocinemática

El movimiento de flexión y extensión de rodilla se realiza en un plano sagital con eje horizontal que pasa a través de los cóndilos femorales. Este eje presenta una ligera oblicuidad lo cual causa que la tibia se dirija lateralmente en el movimiento de extensión y medialmente en el movimiento de máxima flexión.

El complejo de la rodilla cuenta con músculos biarticulares que pueden generar variaciones en los rangos de movimiento. Normalmente para la flexión de rodilla es de 130 a 140 grados, pero si la cadera se encuentra en una posición de hiperextensión el rango disminuye a 120 grados por la fuerza tensil que ejerce el recto anterior sobre el movimiento de la rodilla. El rango de flexión puede aumentar hasta un rango de 160 grados.

La rotación axial ocurre alrededor del eje longitudinal cuando se cierra el tubérculo intercondilar tibial. La rotación medial y lateral de la rodilla son movimientos de la tibia. Su rango de rotación depende del grado de flexo-extensión en el que se encuentre la articulación. Así que cuando la rodilla está en extensión completa la rotación axial no es posible.

Artrocinemática

Estudia la relación entre dos planos articulares cuando se produce movimiento, el cual puede ser: giro, rodamiento, deslizamiento y rock.

El giro es el movimiento de una superficie articular en un mismo punto sobre otra superficie articular.

El rodamiento ocurre en superficies articulares con diferentes radios de curvatura, una superficie articular en el mismo plano del deslizamiento, pero con diferentes ejes de movimiento.

El deslizamiento generalmente va combinado con rodamiento, la dirección de deslizamiento es opuesta al movimiento del extremo distal del hueso en donde se produce, se conoce como ley de cóncavo-convexo, un ejemplo es en la extensión de la rodilla en la articulación tibiofemoral.

Rock es el movimiento que se da en la superficie articular y ocurre al final del giro con diferentes ejes o con un eje que cambia de planos.

Otros movimientos incluidos dentro de la artrocinemática son: la rotación conjunta, congruente e incongruente:

Rotación conjunta es lo que acompaña un balanceo, pero no es un movimiento libre y se da en la misma articulación.

Rotación congruente se da en articulaciones cercanas y facilita los patrones funcionales.

Rotación incongruente ocurre en una dirección contraria a la de la articulación cercana, resultante en patrones no funcionales de movimiento.

Componentes articulares de la rodilla

Está conformado por las articulaciones femorotibial y patelofemoral

Articulación femorotibial: está constituida por los cóndilos femorales y platillos tibiales. Se clasifica como sinovial (membrana sinovial) compuesta por extremo distal del fémur y el proximal de la tibia y el peroné, compleja (hay presencia de menisco).

Articulación patelofemoral: conformada por la patela o rótula y por la tróclea femoral. Se clasifica como sinovial.

Componentes óseos

Fémur: es el hueso más largo y fuerte del cuerpo humano compuesto por dos extremidades una superior o proximal y la otra extremidad inferior o distal. El soporte del peso del fémur está dado por la ubicación del cóndilo femoral, por debajo de la cabeza del fémur, lo cual permite normalmente que la línea de soporte de peso atraviese el centro de la articulación de la rodilla entre los tubérculos condilares.

Tibia: ubicada medialmente en la pierna se articula con el fémur y soporta el peso del cuerpo y lo transmite del fémur al pie. En el extremo proximal se encuentran los platillos tibiales, los cuales proveen la transmisión del peso del cuerpo como las fuerzas de reacción del suelo.

Patela: o rótula es de forma triangular, plana y curvada, es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo humano da protección a la rodilla y constituye el mecanismo extensor de ésta. La superficie posterior tiene una cara anterior y otra medial, las cuales se articulan con los cóndilos mediales y laterales del fémur respectivamente.

Componentes tejido blando

Membrana sinovial: es la más extensa del cuerpo vienen del fémur y reviste la cápsula hasta la unión con los meniscos cuyas superficies están libres de membrana.

Capsula articular: tiene forma de manguito y rodea las articulaciones femorotibial y patelofemoral, se unen internamente a los cuernos de los meniscos y se conecta a la tibia por los ligamentos coronarios.

Bursas: se ubican alrededor del tejido blando y las superficies articulares tienen la función de reducir la fricción además sirve de cojín para amortiguar el movimiento de una estructura del cuerpo con otra. Bursa pre-patelar entre la piel y el aspecto anterior de la patela. Bursa tibiofemoral entre la cabeza de los gastrocnemios y la cápsula articular.

Retináculo: estructuras que sirven para conectar la rótula al fémur, a los meniscos y la tibia. El retináculo lateral: es el más fuerte y grueso, se mezcla con el bíceps femoral para formar un tendón

Meniscos: son dos estructuras asimétricas de fibrocartílago con forma de semianillo o semicírculo que se interponen entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales. El menisco medial tiene unión en el cuerno anterior con el ligamento cruzado anterior y en el cuerno posterior con el ligamento cruzado posterior. El menisco lateral: solo se une en la parte posterior al ligamento cruzado posterior. De esta manera contribuye a la estabilidad anteroposterior de la rodilla. Al nivel dinámico el músculo poplíteo se une al menisco lateral, y el semitendinoso al menisco medial.

Ligamentos: son nombrados según la localización anatómica de las fibras: los que estabilizan medial y lateral (resisten valgo y varo) y anteroposterior (resisten hiperflexión y extensión), sin dejar atrás su función en las rotaciones.

- **Ligamentos colaterales**

- ✓ **Antero-lateral:** es un estabilizador importante de la rotación interna de cadera en ángulos de flexión superiores a 35°.
- ✓ **Colateral medial:** resiste las fuerzas en valgo y controla la rotación lateral de la tibia, posee una función secundaria que es evitar el desplazamiento anterior de la tibia cuando el ligamento cruzado anterior está ausente.

- ✓ **Colateral lateral:** resiste las fuerzas en varo y controla la rotación medial de la tibia, se tensa durante la extensión y se relaja en la flexión.

- **Ligamentos cruzados**

- ✓ **Cruzado anterior:** es el encargado de evitar el desplazamiento anterior de la tibia, controla la rotación de la tibia y evita la hiperextensión de rodilla, controla el movimiento de deslizamiento y rodamiento.
- ✓ **Cruzado posterior:** es el encargado de evitar el desplazamiento posterior de la tibia, resiste la rotación medial de la tibia.

LESIONES ASOCIADAS A LA PRÁCTICA DEL WATERPOLO

La práctica deportiva supone unos beneficios evidentes, aunque también implica una situación de riesgo, porque suceden lesiones en todos los niveles de competición. Estas lesiones pueden afectar tanto a los aspectos físicos como a los psicológicos, y por tanto generan un descenso del rendimiento y/o una falta de participación, que puede afectar a la calidad de vida de los deportistas (28).

Se ha definido la lesión deportiva como la que ocurre cuando los atletas están expuestos a la práctica del deporte y se produce alteración o daño de un tejido, afectando el funcionamiento de la estructura.

El estrés generado por la práctica deportiva ha originado una mayor probabilidad de que los atletas presenten lesiones agudas y crónicas. En el ámbito mundial existen diferentes investigaciones acerca de la incidencia de lesiones deportivas. La comparación de sus resultados es difícil por las diferencias en las características de la población y en la forma de reportar los datos, que varía ampliamente entre los estudios (proporciones o tasas de incidencia o tasas por cada 100 o 1.000 participantes o tasas por horas de juego o por número de partidos jugados) (29).

La participación en este deporte, requiere que los deportistas tengan una exigencia física elevada, lo que puede ocasionar en el cuerpo un proceso de adaptación orgánica con efectos negativos y un alto potencial de desequilibrio entre las estructuras musculares y óseas, ocasionados por las lesiones (30).

Brooks (1999) habla sobre las lesiones más comunes, agresivas, agudas y por sobreuso que se dan en waterpolo, afirmando que la combinación de natación y lanzamiento, sin el beneficio de una firme base de sustentación hace que las lesiones en este deporte sean frecuentes (31).

Hay que tener en cuenta que el desplazamiento del cuerpo a través del agua se consigue mediante gestos repetitivos con escaso tiempo de recuperación, por lo que los errores técnicos pueden repercutir continuamente en las diferentes regiones del cuerpo del nadador de manera negativa provocando más dolor en el hombro, la espalda y la rodilla(32).

El dolor de rodilla es un problema muy frecuente entre los deportistas acuáticos que emplean la patada batidora, los jugadores de waterpolo y las nadadoras de nado sincronizado. El 73% de los nadadores especialistas en la patada batidora padecen dolor de rodilla durante su carrera deportiva y casi la mitad de ellos lo padecen alguna

vez durante la semana. Sin embargo, al tratarse de un movimiento muy anormal para la biomecánica de la rodilla también puede provocar dolor en nadadores ocasionales o en aquellos que no son especialistas en este estilo(32).

El dolor se localiza mayormente en la zona antero-interna de la rodilla y se trata de un problema por irritación crónica principalmente del ligamento lateral interno de la rodilla, la región femoropatelar medial, cápsula y membrana sinovial. Al tratarse de un problema por sobre uso, los nadadores mayores, con más años de experiencia y que realizan más parte de los entrenamientos empleando la patada batidora, sufren frecuentemente este problema.(32)

EPIDEMIOLOGÍA

Las lesiones más frecuentes en la natación de competencia, son lesiones crónicas en el hombro y la rodilla, y hay pruebas de que una alta proporción de los nadadores experimentan estas lesiones en algún momento de sus carreras. El dolor de rodilla se ha identificado comúnmente en los nadadores que realizan patada de batidora, donde refieren principalmente dolor en la parte medial de la rodilla en un 73% y se ha documentado que la pierna se usa entre un 40-45% en el juego, dependiendo de la posición de juego y la táctica (32). En un estudio realizado en 2496 nadadores canadienses se identificaron 70 quejas de dolor en la rodilla, todos los cuales estaban relacionados con la patada de pecho; y en otro estudio en el cual participaron 36 nadadores de competencia de California, el 47% reportó dolor frecuente en la rodilla (uno o más episodios de dolor por semana) y otro 28% reportó dolor ocasional en la rodilla (menos de un episodio por semana)(33).

En un estudio realizado a los jugadores de waterpolo de KwaZulu Natal en Sudáfrica, se reportó que la mayoría de los jugadores atribuyen el dolor musculo esquelético al sobre entrenamiento en un 88%, seguido de movimientos rotacionales rápidos en un 8%, el choque con otro compañero en un 2.66% y ser golpeado por la pelota en un 1.33%. En este estudio participaron 100 varones pertenecientes al equipo de waterpolo de una escuela secundaria, los cuales en los últimos 12 meses sufrieron algún dolor musculo esquelético, en los cuales los sitios anatómicos más frecuentes fueron hombro (51,04%), rodillas (23,95%) y la columna vertebral (17,71%)(33).

TÉCNICA Y DIVERSOS GESTOS DEPORTIVOS

La técnica se define como una ejecución motriz que busca un máximo rendimiento con un mínimo esfuerzo. Por ello, en cuanto a la ejecución en el waterpolo, se necesita un dominio previo de la técnica de natación y no menos importante, de movimientos específicos como el dominio del balón, pases y tiros (34).

Para los deportistas de waterpolo la patada batidora es uno de los fundamentos técnicos más importantes y específicos para su correcta ejecución. (35) Esta se compone de una combinación compleja entre cadera y rodilla: flexión y extensión, aducción y abducción de la cadera, así como la rotación interna y externa de ésta (la cadera), puesto que es muy importante para el control de la fuerza y direccionamiento del movimiento (35). Seguido, los músculos que se utilizan en la técnica son los abductores, aductor mayor y aductor largo, cuádriceps, glúteo mayor y medio, sartorio, gastrocnemios y soleo, tibial anterior y posterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del pulgar (35).

El waterpolo es un deporte de mucho contacto, donde los jugadores deben mantener una posición base estática acorde (la técnica y la táctica). Sin embargo, esta posición base va ligada de movimientos asimétricos de las piernas (patada de batidora) y diversas inclinaciones ya sea vertical o a 45° que permiten mantener el cuerpo fuera del agua lo más elevado posible para poder reaccionar y contemplar todas las situaciones de juego; es importante reforzar el trabajo de piernas y a su vez reducir el de brazos para evitar su fatiga previa ante la inminencia de la salida de éstos al exterior para recibir un balón u otra acción. Respecto a los entrenamientos y competencias los waterpolistas deben desplazarse por todo el terreno de juego de una manera rápida y fluida, por ello hay un nado específico en donde se notan diversos métodos de desplazamientos, saltos, y cambios de posición, los cuales las principales estructuras implicadas y con mayor estrés son de miembros inferiores (36).

Una de las posiciones más utilizadas en medio de la práctica deportiva es la posición vertical en donde se debe tener una ejecución correcta y acorde de la patada de batidora pues las piernas en flexión (como sentado en una bicicleta), mientras una está en extensión, la otra se encuentra en flexión profunda, los brazos se encuentran en la superficie pudiéndose utilizar para pases, recepciones o acciones defensivas.

Finalmente, la patada de batidora esta vista como la de mayor ejecución en este deporte por lo que durante un movimiento de "pase y lanzamiento" en el waterpolo, estabiliza el cuerpo. Cuando los brazos estén extendidos en una posición para lanzar la

pelota las piernas están extendidas y hacen movimientos similares a los de una rana o batidora de huevos, esta compromete movimientos laterales y circulares constantes que utilizan más de 11 grupos musculares en las piernas mencionados anteriormente (37).

Para ser específicos del control de la ejecución de la patada se describen las posiciones corporales de la misma:

A. Estática. Es fruto de una posición vertical de cuerpo en el agua. Las piernas realizan un movimiento alternativo y sincrónico, en sentido lateral (pies de bicicleta o PDB). La posición estática puede ser de tres formas diferentes: reposo, tensión y máxima tensión.

Reposo: Es la posición que todo waterpolista adopta estando en el agua en reposo, y sin contacto con ningún otro material o medio que no sea el agua.

Tensión: Posición del cuerpo que debe adoptarse antes de iniciar cualquier tipo de actividad acuática, sin contacto con otro material o medio que no sea el agua. Y Máxima tensión, Será la posición a adoptar antes de un salto, arrancada, etc. Son posiciones más específicas del portero, por la exclusividad de su tarea.

B. Dinámica. Es fruto de una posición horizontal del cuerpo en el agua. Esta posición se caracteriza por:

1. Cabeza alta, para dotar al jugador de una mayor visión del campo y juego.
2. Codos altos, para proteger el balón que conduzca entre sus brazos de la acción defensiva de su adversario.
3. Entrada de las manos en la prolongación de la línea de los hombros para no modificar ni variar el transporte del balón, si lo llevara.
4. Batido de pies notable, para mantener las posiciones antes descritas, para imprimir una mayor velocidad a su desplazamiento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Describir las características cinemáticas de la rodilla durante la ejecución de la patada batidora en waterpolistas de la selección Antioquia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características sociodemográficas y antropométricas de los deportistas.
- Identificar las características cinemáticas en el plano sagital y coronal de la rodilla.

DISEÑO METODOLOGICO

ENFOQUE

Esta investigación pertenece a un enfoque cuantitativo, observacional y descriptivo, ya que se evaluó una realidad objetiva, se tuvo en cuenta valores estadísticos, no se hizo intervención; tipo descriptivo ya que buscó observar una población de waterpolistas con sus características sociodemográficas y cinemáticas que puedan aportar de manera válida a la información que se espera encontrar. Cumple los criterios según nivel de medición es transversal debido a que solo se realizó una medida en el trabajo de campo de las características cinemáticas de la patada batidora como variable respuesta.

POBLACIÓN

Población universal: Waterpolistas hombres de Antioquia.

Población de referencia y de estudio: 13 waterpolistas de la selección Antioquia activos para el 2017.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Inclusión

- Mayores de 18 años
- Deportistas de waterpolo
- Pertenecer a la selección de Antioquia en el año 2017.
- Firmar el consentimiento informado.

Exclusión

- Limitación en el movimiento de los miembros inferiores por dolor o edema en el momento de la recolección de la información.

VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NATURALEZA	NIVEL DE MEDICIÓN	VALORES POSIBLES
Edad	Tiempo	Cuantitativo	Razón	18 años

	transcurrido en años desde la fecha de nacimiento hasta el momento.		discreta	
Talla	Características antropométricas del participante	Cuantitativo	Razón discreta	cm .
Peso	Características antropométricas del participante.	Cuantitativo	Razón continua	Kg .
Tiempo práctica deportiva	Tiempo de práctica en waterpolo hasta el momento	Cuantitativo	Razón discreta	Meses
Lesiones previas	Daño ocurrido durante la competición o entrenamiento que causó baja en la participación, diagnosticado por el médico	Cualitativo	Nominal dicotómica	Si: 0 No: 1
Número de lesiones	Número de lesiones de rodilla que impiden la práctica deportiva en el participante durante su carrera	Cuantitativo	Razón discreta	1 .n

	deportiva.			
Ángulo de movimiento flexión-extensión	Rango de movimiento de la rodilla en el plano sagital	Cuantitativo	razón discreta	0 n
Ángulo de movimiento Varo-valgo	Rango de movimiento en la rodilla en el plano coronal	Cuantitativo	razón discreta	0 n
Duración del ciclo	Tiempo en milisegundos que dure el ciclo (momento en que inicia la extensión después del máximo de flexión, hasta que ocurre de nuevo dicho movimiento)	Cuantitativo	razón continua	ms

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación en cuanto a la cinemática de la rodilla se recolectó la información por medio del software Kinovea 0.7.10 (24) y una serie de cámaras subacuáticas videográficas las cuales arrojarán datos exactos sobre la ejecución del gesto técnico (patada batidora) del deportista.

Para las características sociodemográficas se realizará una encuesta consistente en proporcionar información acerca de la edad, tiempo de práctica deportiva y lesiones previas de rodilla. Se midieron las características antropométricas por medio de báscula para el peso y de cinta métrica para la talla.

Los participantes seleccionados para la realización de la investigación contaron con un subsidio de alimentación e hidratación mientras se

realizaron las sesiones de evaluación por parte de los estudiantes, y para comodidad de los deportistas, cada toma fue en medio de sus entrenamientos en la liga de natación de Antioquia en la ciudad de Medellín en el primer semestre del 2017.

CONTROL DE ERRORES Y SESGOS

TIPO DE SESGO	DESCRIPCION DEL SESGO	CONTROL DEL SESGO
Sesgo de memoria (información)	Algunos participantes pueden olvidar algún dato que se les pregunte en la encuesta o no lo tenga muy claro.	Darles tiempo a los participantes y no acosarlos a la hora de la realización de la encuesta. Revisión de los registros e historia clínica de cada participante.
Sesgo durante la recolección de datos (información)	Que la encuesta no esté bien planteada y en el momento de realizar la recolección de los datos haga falta información.	Realización de la prueba piloto y revisión de la encuesta por diferentes personas.
Sesgo debido al encuestado (información)	Evasión de respuestas	Confidencialidad total en las respuestas dadas por los participantes.
Sesgo por falta de sensibilidad de un instrumento (información)	Las cámaras que se necesitan para la medición que se va a realizar no sean las requeridas o no estén calibradas (en buen estado y como se requiere para el momento de la recolección del dato) por lo que no date el resultado esperado.	Ajustar los parámetros de adquisición de imagen. Esta se realiza de manera manual, antes de cada toma y se requiere que sean de gran calidad para que permita medir lo que se necesita.
Sesgo de atención o efecto Hawthorne (información)	Los participantes pueden alterar su comportamiento o técnica deportiva al saber que	Realizar la prueba en un ambiente convencional de entrenamiento y brindar un periodo de adaptación

	están siendo observados.	al gesto deportivo.
Sesgo del encuestador (información)	El encuestador no está lo suficientemente entrenado y puede inducir a algún tipo de respuestas o preguntar diferente a los demás encuestadores.	Estandarizar los procesos requeridos en la evaluación.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

En la República de Colombia, el Ministerio de salud establece según la resolución N° 008430 de 1993, normas científicas, técnicas y administrativas para las investigaciones en salud. Este estudio se clasifica como investigación sin riesgo debido a que se tendrá contacto con los waterpolistas de la liga de Antioquia, hombres mayores de 18 años, y se realizará examen físico donde se harán mediciones simples que hacen parte del trabajo cotidiano de los fisioterapeutas quienes encuestarán y medirán a los deportistas para la obtención de las características sociodemográficas y la cinemática de la rodilla en el gesto deportivo (patada batidora); esta evaluación no genera ningún riesgo para el deportista, pues no son invasivas ni atentan contra su dignidad física y moral.

Se respetará los principios fundamentales establecidos en la declaración de Helsinki: promover y velar por la salud de los pacientes, acceso apropiado a la participación en la investigación, el bienestar del participante primará sobre los intereses del investigador, respeto a la decisión de participar, proteger la integridad y confidencialidad de la persona, información concreta y entendible a los participantes de la investigación y beneficiar a los participantes de los resultados del estudio.

Se garantizará el cumplimiento de los principios bioéticos de autonomía, ya que cada deportista es libre de tomar la decisión de participar por lo que se usará el consentimiento informado (Anexo 1), dentro de los principios bioéticos se garantiza beneficencia, para todas las entidades, personas y responsables a participar, puesto que se busca generar un conocimiento para deportistas y federaciones, y crear estrategias para prevenir lesiones, y promover la importancia de este tipo de investigaciones para el deporte. Porque no se realizará ningún acto que pueda perjudicar al participante, ni física ni intelectualmente por lo que se respetara el principio de no maleficencia; los videos y fotos adquiridos en la realización del trabajo de campo de la investigación serán únicamente de uso académico, y no tendrá ningún tipo de obligación económica, laboral o comportamental con el grupo de investigación. Se garantiza un trato justo para todos las personas que participen de la investigación,

sin estereotipos sexistas, y discriminatorios de raza, origen nacional y familiar, lengua, religión u opinión política y filosófica, teniendo en cuenta que la condición económica, mental y física tampoco es un factor o criterio de exclusión, por ello se basa en el capítulo 1 de los derechos fundamentales, artículo 13 de la Constitución Política de Colombia.

Teniendo en cuenta la evaluación de potenciales beneficiosos y riesgos de la investigación se presentó la propuesta minimizando y eliminando todos los riesgos previsibles en la investigación propuesta, por involucrar como participantes a seres humanos. En consecuencia, no existe probabilidad de daño físico, psicológico, social o financiero, lesión o consecuencia adversa como resultado de la participación lo que clasificaría como una investigación sin riesgo (38).

REFERENCIAS

1. Lloret Riera M. Waterpolo: técnica, táctica, estrategia. Madrid: Gymnos; 1998.
2. Ludovise, Barbie. In Demand, This Sport is Top. Los Angeles Times, 16 de enero 1991.

3. Bratusa Z, Matkovic I. Modelo de movimientos de los jugadores de polo del agua 'en la posición vertical durante la competición. Publicaciones de l'Universite de Saint-Etienne; 2003. pp. 481-486.
4. Reischle K, HazeuBöhling V. Biomecánica de la natación. Madrid: Gymnos; 1993
5. Juegos olímpico Rio 2016. {homepage en internet}. Rio de Janeiro: Juegos olímpicos; consultado Septiembre de 2016. Disponible en: [http:// www.rio2016.com](http://www.rio2016.com)
6. Liga de natación de Antioquia {homepage en internet}. Medellin: Liga de natación de Antioquia; (actualizada 28 de Octubre de 2016; consultado Abril de 2016). Disponible en: [http:// www.nadamejor.com.co](http://www.nadamejor.com.co)
7. David J, Chalmers y Morrison L. Epidemiology of Non-Submersion Injuries in Aquatic Sporting and Recreational Activities; Sports Med. 2003; 33; 745-770.
8. Carrasco, M.; Romero, E.; Martínez, I.; Fernández, I. Incidence and diagnosis of injuries in a Valencia honor first división water polo team. Journal of Sport and Health Research, 2012; 4 (2):191-198.
9. Brotzman SB, Manske RC, Daugherty K. Rehabilitación ortopédica clínica: un enfoque basado en la evidencia. Barcelona: Elsevier España; 2012.
10. Rossello, M.I., Frumento, F., Gorrini, G.P., & Bertolotti, M. Waterpolo player's hand prevention and treatment of traumatic injuries. Medicina dello Sport, 1993; 46, 373-379.
11. Viggiano D, Corona K, Cerciello S, Vasso M, Schiavone-Panni A. The Kinematic Control During the Backward Gait and Knee Proprioception: Insights from Lesions of the Anterior Cruciate Ligament. Journal of Human Kinetics [Internet]. 8 de enero de 2014 [citado 30 de octubre de 2016];41(1).Disponible en:<http://www.degruyter.com/view/j/hukin.2014.41.issue-1/hukin-2014-0032/hukin-2014-0032.xml>
12. Thompson JA, Tran AA, Gatewood CT, Shultz R, Silder A, Delp SL, et al. Biomechanical Effects of an Injury Prevention Program in Preadolescent Female Soccer Athletes. The American Journal of Sports Medicine [Internet]. 28 de octubre de 2016 [citado 30 de octubre de 2016]; Disponible en: <http://ajs.sagepub.com/lookup/doi/10.1177/0363546516669326>
13. Disposición para el fomento del deporte, la recreación, el aprovechamiento del tiempo libre y la educación física, congreso de Colombia. Ley 181 de 1995 Diario oficial, N° 41.679, (18-01-1995).

14. Uljevic O, Spasic M, and Sekulic D. Sport-specific motor fitness tests in water polo: reliability, validity and playing position differences. *J Sport Sci Med* 2013; 12: 646-654.
15. Fina [Internet]. FEDERATION INTERNATIONALE DE NATATION. 2016 [citado 16 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.fina.org/content/fina-aquatics-bit-history>.
16. mineducacion [Internet]. Ministerio de Educación Nacional CO. 2016 [citado 16 de Marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/portal/>
17. Coldeportes [Internet]. 2018 [citado 16 de Marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.coldeportes.gov.co>
18. INDEPORTES ANTIOQUIA [Internet]. INDEPORTES ANTIOQUIA. 2013 [citado 16 de Marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.indeportesantioquia.gov>
19. Hollander AP, Dupont SHJ, Volkerijk SM. Physiological strain during competitive water polo games and training. In: Miyashita M, Mutoh Y, Richardson AB, editors. *Medicine and science in aquatic sports*. Vol. 39, Basel: Karger, 1994: 178-85
20. Smith HK. Physiological fitness and energy demands of water polo; time-motion analysis of field players and goaltenders. *Proceedings of the Federation Internationale de Natation Amateur (FINA) First World Water Polo Coaches seminar*; FINA, 1991; 183-207
21. Rodriguez FA. Physiological testing of swimmers and water polo players in Spain. In: Miyashita M, Mutoh Y, Richardson AB, editors. *Medicine and science in aquatic sports*. 1994; Vol. 39; 172-7
22. Clarys JP, Jiskoot J, Lewillie L. A kinematographic, electromyographic and resistance study of waterpolo and competition front crawl. In: Cerguillini S, Verenando A, Wertenweiler J, editors. *Biomechanics III*. Basel: Karger, 1973: 446-52
23. Block JE, Friedlander AL, Brooks GA, et al. Determinants of bone density among athletes engaged in weight-bearing and non-weight-bearing activity. *J ApplPhysiol* 1989; 67: 1100-5
24. Tsopanakis C, Kotsarellis D, Tsopanakis A. Plasma lecithin: cholesterolacyl transferase activity in elite athletes from selected sports. *Eur J ApplPhysiol* 1988; 58: 262-5
25. Knudson DV, Morrison CS. *Qualitative analysis of human movement*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2002. 252 p.
26. Kinovea {homepage en internet}. Francia: Kinovea; c 2006 (consultado el 15 de Mayo de 2016). Disponible en [http:// www.kinovea.org](http://www.kinovea.org)

27. Panesso, María Claudia, et al. Biomecánica clínica de la rodilla. Borradores de Investigación: Serie documentos rehabilitación y desarrollo humano, No. 39 (Diciembre de 2008).
28. Dolor de rodilla y natación: Rodilla del bracista | Rehabilitación premium Madrid [Internet]. [citado 30 de mayo de 2016]. Recuperado a partir de: <http://rehabilitacionpremiummadrid.com/blog/javier-bailon/dolor-de-rodilla-y-nataci%C3%B3n-rodilla-del-bracista>
29. Moreira, Natália Boneti, et al. "Asociación entre lesión y calidad de vida en los atletas: Una revisión sistemática, 1980-2013." *Apunts Medicina de l'Esport* (Castellano) 49.184 (2014): 123-138.
30. Ciro, J. A. O., Rodriguez, M. P. C., Arango, E., Giraldo, S. P., & Ching, I. C. G. (2007). Lesiones deportivas. *Iatreia*, 20(2), 167-177.
31. Brooks J. M. (1999). Injuries in water polo. *Clinic in Sports Medicine*, 18, 2, 313-319
32. Franic M, Ivkovic A, and Rudic R. Injuries in water polo. *Croatia medical journal* 2007; 48:281-288.
33. Ellapen T,J; Stow C; Macrae N; Milne J; Van Heerden H,J; Prevalence of musculoskeletal pain among competitive high school male water polo players in Kwa Zulu Natal, South Africa; *PostepyRehabilitacji*, 2012; (3) 5-10.
34. Vrhesevsky, I. V. y Sajnovsky. Polo acuático. Ciudad de la Habana: Pueblo y Educación. 1990.
35. J.P. Vilas-Boas, F. Alves, A. Marques. Biomechanics and Medicine in Swimming X. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 2006; (6) pág. 1-376
36. González Barragán CA, Sebastiani i Obrador EM. Actividades acuáticas recreativas. Barcelona: INDE; 2000.
37. Pete Snyder, Polo acuático para los jugadores y maestros de deportes acuático; [citado 14 feb 2016] Disponible en http://library.la84.org/3ce/CoachingManuals/LA84WaterPolo_Sp.pdf
38. Aarons DE. Exploring the risk/benefit balance in biomedical research: some considerations. *Rev Bioét.* 2017 Aug;25(2):320-7.