



UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

LA LATERALIDAD Y LA BRAZADA DE CROL

AUTOR: FENZEL RODRIGO NAHUEL

PROFESOR TUTOR: LEONI CARLOS

BUENOS AIRES, ARGENTINA

AÑO 2020

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de toda la carrera y especialmente en los últimos pasos quiero agradecer especialmente a mi familia por el apoyo incondicional y contención que me brindaron.

A mi entrenador Gustavo Marcuchi por brindarme material bibliográfico y permitirme tomar las muestras de su grupo de nadadores federados. A Enzo Masedo, Francisco y Gabriel por permitir tomarles fotos y grabarlos para realizar el trabajo, a Sofía Lorenzo que en un principio también se puso a disposición para la toma de datos pero por problemas de salud no pudo continuar.

A Alejandro Baulina Garcia por el aporte de material bibliográfico.

A Carlos Leoni mi profesor de tesis por estar a disposición en todo momento para la realización de la tesis.

Por último y no menos importante a mis amigos Ignacio Sticco y Rafael Borgarelli por leerla y dar su opinión constructiva

ÍNDICE

Introducción	4
Resumen	5
Planteamiento del problema	6
Hipótesis	7
Justificación	8
Objetivos	9
Estado del arte	10
Marco teórico	14
Diseño metodológico	26
Resultados	29
Conclusión	55
Bibliografía	56

Introducción

La natación es un deporte único que combina ejercicios de fuerza de las extremidades superiores e inferiores con entrenamiento cardiovascular en un entorno sin peso. Se reconocen cuatro brazadas en la natación competitiva: estilo libre, mariposa, espalda y braza. Independientemente del golpe realizado en la competencia, los nadadores pasan una cantidad considerable de su tiempo de entrenamiento nadando en estilo libre (crol).

Es un deporte cíclico en su técnica, tanto en los movimientos del miembro superior como inferior, un nadador federado en promedio realiza 12 brazadas por 25 metros, por lo tanto en una sesión promedio de entrenamiento de 6000 metros realiza 12500 brazadas y en una semana realizan generalmente 9 turnos por semana dando 54000 metros a la semana realizando así 112500 brazadas por semana.

Por lo tanto se puede observar la carga mecánica que realiza un hombro de un nadador federado y como esta predisponente a sufrir patologías degenerativas en todo el complejo articular del hombro.

Con esto quiero observar como la lateralidad en nadadores federados afecta en la ejecución correcta de la técnica de crol teniendo en cuenta la fatiga de la sesión de entrenamiento, observar las compensaciones que se dan en comparación a ambos miembros superiores.

RESUMEN

El objetivo de la investigación es identificar las compensaciones y modificaciones en la técnica de brazada de crol en presencia de la fatiga producto de la sesión de natación tanto en el miembro superior hábil como en el menos hábil.

Se tomaron fotos y se grabó con una cama tanto en el plano sagital como en el plano horizontal la entrada de la mano al agua, el recobro, la tracción y el empuje de la técnica de crol (de ambos miembros superiores).

Observé que la lateralidad de la brazada se ve afectada tanto en el recobro como en la entrada de la mano al agua posterior al recobro y en el empuje. Momentos de la técnica fundamentales para el desplazamiento, generando asincronía entre el miembro superior hábil y el miembro superior menos hábil de forma progresiva a medida que avanza la fatiga a lo largo de toda la sesión del entrenamiento. No se observaron alteraciones en el empuje de la técnica tanto en el miembro superior hábil como en el miembro superior menos hábil. Con respecto a la respiración, se observó la predisposición de respirar hacia el lado menos hábil en los nadadores n 1° y n 2°, provocando el aumento del ángulo de flexión de codo durante el recobro.

Palabras claves: técnica de crol, entrada al agua, propulsión en el agua, lateralidad, fatiga.

TEMA

La lateralidad en la brazada de crol

PROBLEMA:

¿Cuáles son las modificaciones y compensaciones que se producen en la brazada de crol en presencia de la fatiga producida por la sesión de natación?

PREGUNTAS:

¿Qué compensación se genera durante la fase de recobro durante la sesión de natación en el miembro superior hábil y menos hábil?

¿Qué compensación se produce durante la fase de empuje durante la sesión de natación en el miembro superior hábil y menos hábil?

¿Qué compensación se produce en la respiración durante la sesión de natación en el miembro superior hábil y menos hábil?

¿Qué compensaciones hay en la técnica de crol durante los últimos 400 metros de la sesión de natación?

HIPÓTESIS:

La lateralidad es un factor fundamental a tener en cuenta en la biomecánica de la brazada de crol, ya que dependiendo de este el nadador va a realizar mayor fuerza con un brazo más que el otro durante la presencia de la fatiga. Esto se puede apreciar cuando un nadador de pileta comienza a nadar en aguas abiertas donde no posee una referencia de trayectoria por lo que comienza a desplazarse en dirección al lado más hábil del nadador, alteración en el recobro del lado menos hábil, menos efectivo el empuje del lado menos hábil, presencia de la respiración unilateral del lado menos hábil y el cruce de la mano hábil al entrar al agua.

JUSTIFICACIÓN:

La investigación puede aportar herramientas de prevención de lesiones en el ámbito amateur de la natación como en el ámbito profesional. Aportar herramientas de carácter biomecánico para poder encarar un tratamiento de hidroterapia, cuyo objetivo es resolver patologías relacionadas con el hombro fuera del ámbito de la natación (amas de casa, oficinistas, trabajos con gestos repetitivos, otros deportes, etc.) y prevenir en el mismo proceso de tratamiento una futura lesión en el hombro, generada a mediano o largo plazo por una técnica inefectiva de crol.

OBJETIVO

Identificar las compensaciones y modificaciones en la técnica de brazada de crol en presencia de la fatiga producto de la sesión de natación tanto en el miembro superior hábil como en el menos hábil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Identificar y analizar biomecanicamente las modificaciones en la fase de recobro de la brazada durante la sesión de natación en el miembro superior hábil y menos hábil.

Identificar y analizar biomecanicamente las modificaciones en la fase de empuje de la brazada durante la sesión de natación en el miembro superior hábil y menos hábil.

Analizar biomecanicamente las modificaciones que genera la respiración durante la sesión de natación en el miembro superior hábil y menos hábil.

ESTADO DEL ARTE:

La natación es considerada un deporte simétrico muy recomendado por distintos terapeutas para la rehabilitación pero numerosos estudios indican que no es tan simétrico como se piensa, Oliver (2008) demuestra en pruebas isocinéticas que los nadadores tienen una relación rotación externa / rotación interna desequilibrada, comparativamente mayor que la observada en sujetos sedentarios, estos datos obtenidos en esta investigación con los nadadores confirman que la natación crol implica asimetría, con un hombro más fuerte. Otras fuentes de investigación hacen referencia a la asimetría de la técnica de crol, Dos Santos (2017) por medio de la comparación de pruebas de fuerza en natación atada y pruebas en tierra demostró la presencia de asimetrías entre los lados, es decir, una asimetría en la fuerza del gesto motor, Lerda (2003) por medio de la comparación de nadadores expertos y nadadores amateur demostró los aspectos de coordinación que impulsan la respiración, indicando la habilidad técnica en natación, en relación a la combinación de la respiración y la fase de tracción y empuje, siendo más cortos y con mayor presencia de apnea en los nadadores amateur que los nadadores expertos. Asimismo Morouço (2015) por medio de prueba máxima de natación con técnica de crol y un máximo de 50 metros natación libre demostró que las asimetrías de fuerza ocurren en la mayoría de los nadadores, y que estas asimetrías son más evidentes en los primeros ciclos de la prueba. El índice de simetría se mantuvo como un factor influyente en la contribución de las fuerzas sobre el rendimiento de la natación.

Un factor importante en la ejecución simétrica de crol es la respiración elemento fundamental del gesto, ya que además de la técnica en la brazada, la respiración le permitirá al nadador continuar la práctica deportiva. En relación a lo expuesto de la brazada de crol, la respiración puede generar asimetrías, así lo demuestra Tourny-Chollet (2009) donde investigó la relación entre la lateralidad respiratoria y la simetría de coordinación motora en función de la simetría de la fuerza muscular, estableció dos perfiles de nadadores: aquellos nadadores para quienes la lateralidad respiratoria estaba relacionada con la simetría de la fuerza y la duración de la fase de brazada, y nadadores

para quienes el impacto de la lateralidad respiratoria en la simetría de la fuerza y la duración de la brazada fue baja, demostrando que la respiración puede generar a lo largo de la técnica una asimetría tanto en la coordinación del gesto motor como en la fuerza motora de la brazada. Afirmando este punto de vista, Seifert (2008) manifiesta que la respiración unilateral condujo a una asimetría, la cual fue aún mayor cuando el nadador respiró hacia su lado no preferencial, y observó mayor simetría en la técnica con respiración bilateral, axila (utilización de snorkel para nadar) o en apnea. Siguiendo con el mismo razonamiento, Yanai (2000) demuestra que en la técnica de carrera de crol con respiración unilateral induce asimetría lateral en el patrón de la técnica en forma de un aumento del ángulo de inclinación máxima del tronco y una disminución en el ángulo de elevación máxima de hombro en el lado que no respira.

El factor condicionante de la fatiga juega un papel importante en el gesto motor, así lo demuestra Matthews (2017) en su investigación la cual reveló una reducción en la longitud de brazada en ambos brazos producida por la fatiga, por lo que se observó una mayor reducción tanto en el rango de rotación externa como en el sentido de la posición articular en el brazo dominante estando fatigado. Resaltando una relación entre la fatiga y el mecanismo potencial de la patología del hombro en nadadores.

Como todo gesto motor la flexibilidad influye tanto de forma positiva como negativa en la ejecución de la técnica, Heinlein (2010) señala que la laxitud articular y la debilidad muscular, sumada a la fatiga muscular, genera que el nadador se predispone a una lesión, ya que debido a la gran cantidad de repeticiones de golpes y la fuerza de propulsión generada a través de la extremidad superior, el hombro es vulnerable a las lesiones en el nadador.

Otro factor importante es conocer la biomecánica del gesto motor que involucra a la brazada de crol, Allegrucci (1994) expone que la mecánica del golpe de natación coloca el hombro en posiciones comprometedoras, y junto con la movilidad excesiva debido a la inestabilidad glenohumeral o la disfunción del manguito rotador, se produce choque mecánico durante el recobro o en la tracción de la brazada de crol comprometiendo el

complejo capsuloligamentario de la articulación glenohumeral. Aportando en concepto de laxitud articular, Mc Master (1998) demostró una correlación estadísticamente significativa entre la laxitud de la articulación glenohumeral y la presencia de dolor intermitente en el hombro en nadadores nacionales y de élite de alto nivel. Demostrando que la laxitud del hombro puede ser un denominador común en la causa de un dolor significativo en el hombro interfiriendo en el gesto motor. Back (1997) demuestra que durante la fase inicial de extracción del hombro es abducido o flexionado al máximo y rotado externamente simulando la posición similar a una prueba de aprehensión, junto a excesiva laxitud glenohumeral e inestabilidad causada por la falta de coordinación e fatiga muscular, y sumado al resultado de la repetición del gesto se produce el pinzamiento mecánico clásico debido a la colisión del manguito rotador debajo del acromion.

Finalmente debido a la disminución del espacio subacromial durante la técnica de crol, Virag (2014) establece que el volumen de entrenamiento es un contribuyente significativo a los cambios estructurales del tendón supraespinoso y potencialmente al desarrollo del dolor de hombro, y que la biomecánica del incorrecto gesto motor disminuye el espacio subacromial aumentando la compresión del tendón supraespinoso dando lugar al engrosamiento del mismo. Y además las personas con tendinopatía supraespinosa también tuvieron un grosor del tendón supraespinoso significativamente mayor asociado con las horas de natación y yardas completadas por semana.

Siguiendo con el análisis biomecánico, Johnson (2003) explica que la causa del hombro doloroso en los nadadores se puede atribuir a una gran cantidad de defectos de la técnica de carrera. Una entrada de la mano que cruza la línea media causa un impacto mecánico en el hombro, comprometiendo el tendón de la porción larga del bíceps y el supraespinoso. Esto se ve exacerbado por una entrada primer pulgar exagerado, el balanceo asimétrico del cuerpo o la respiración unilateral, posición inadecuada de la cabeza, los hombros inclinados hacia adelante y la inestabilidad escapular.

Yanai (2000) demuestra en su análisis que los nadadores con riesgo de desarrollar síndrome de pinzamiento exhibieron una o más de las siguientes tres características distintivas en sus técnicas de brazada: aumento de la rotación interna del brazo durante la fase de tracción, un inicio tardío de la rotación externa del brazo durante la fase de recuperación y un pequeño ángulo de inclinación de la cintura escapular. Además demuestra que el uso de una técnica de respiración unilateral se asocia con una pequeña magnitud de ángulo de inclinación en el lado de la respiración y una alta incidencia de impacto en el hombro en el lado ipsilateral.

MARCO TEÓRICO

La natación es un deporte con características propias que la diferencian del resto de los deportes:

- Deporte cerrado
- Es de carácter individual, más allá que hay pruebas que se realizan en equipos de relevos formados por 4 atletas.
- Considerado un deporte simétrico.
- Se realizan movimientos cíclicos.
- Biomecanicamente la forma de propulsión se realiza con cadena débilmente cerrada.
- En relación a las vías metabólicas dependiendo de la intensidad de la actividad predomina el metabolismo anaeróbico láctico y aeróbico. (siempre teniendo en cuenta el continuum energético)
- El principal objetivo de la natación es mantenerse sobre la superficie del agua y desplazarse venciendo la resistencia del agua en el menor tiempo posible.
- Consta de 4 técnicas para poder desplazarse: crol, espalda, pecho y mariposa, además se puede desplazar utilizando las 4 técnicas dentro de una determinada cantidad de metros.
- Y por último como en todo deporte tiene la presencia de lesiones, menciono las lesiones que más se relacionan con el perfil que encaro este proyecto de investigación:
- Hombro de nadador: es un conjunto de lesiones en la articulación del hombro que afecta a los que realizan natación tanto de forma ocasional, amateur y profesional, estas lesiones son tendinitis de bíceps, bursitis subacromial y tendinopatía del supraespinoso.

HIDRODINAMICA DE LA BRAZADA DE CROL

El éxito de los nadadores debe atribuirse a su capacidad de generar energía propulsora y al mismo tiempo reducir su resistencia al avance. Se mencionara a continuación conceptos que describen como se produce la propulsión y como se reduce la resistencia al avance.

El concepto de fuerza ascensional es el más efectivo para producir y explicar la fuerza de propulsión. Por ejemplo en el vuelo de un avión, la corriente de aire genera una presión oponiéndose al avance del avión. Esta presión se denomina resistencia, generando una fuerza actuando en sentido apuesto del avance. Al desplazarse el avión hacia adelante, inmediatamente el aire se divide en dos, una columna de aire por encima del ala y la otra columna por debajo del ala del avión. La superficie superior del ala es curva y la inferior es plana por lo tanto el recorrido de la columna de aire superior es mayor que la columna inferior. Según el teorema de Bernouilli (Aviation Research Associates, 1943) el aire que circula por arriba experimenta una aceleración, a fin de poder llegar al borde de salida al mismo tiempo que el aire que circula por debajo del ala. Además afirma que la presión del aire que pasa por encima del ala disminuye a medida que aumenta el flujo del mismo, por el contrario la presión del aire que pasa por debajo del ala que se mueve a menor velocidad permanece igual o varia poco. Por lo tanto hay una diferencia de presión entre las dos superficies.

Puesto que los fluidos tienden a desplazarse desde las zonas de mayor presión a las de menor presión, se origina una fuerza ascensional que actúa contra la superficie inferior del ala. Esta fuerza, que es la que le da lugar la elevación del avión, se denomina fuerza ascensional. La magnitud de la misma es proporcional a la diferencia de presión entre las dos superficies, esta depende de la forma y la curvatura del perfil de dichas superficies y de la velocidad de avance del avión. A medida que aumenta la velocidad, aumenta también la diferencia de presión entre ambas superficies. Además, es muy

importante recordar que la fuerza ascensional siempre se ejerce en dirección perpendicular a la fuerza de resistencia.

La diferencia de presión entre la parte superior y la parte inferior se puede modificar también cambiando el ángulo de ataque, este está formado entre la inclinación del ala y la dirección de su movimiento de avance. Cuando el ángulo de ataque es pequeño la fuerza ascensional es pequeña, puesto que al paso del aire de la corriente de aire por el ala, se origina muy escasa separación en la dirección del flujo. Ahora si hay mayor ángulo de ataque genera un incremento en la fuerza ascensional, lo cual se produce porque el aire que circula por debajo del ala es desviado hacia abajo. Según la tercera ley de Newton, a cada acción se opone una reacción igual y contraria, como consecuencia esta desviación del aire hacia abajo origina una fuerza contraria que se ejerce en el ala, en dirección ascendente. Esta fuerza contraria produce un nuevo aumento en la diferencia de presión entre las superficies superior e inferior del ala, y como resultado se obtiene un incremento correspondiente de la fuerza ascensional. Pero si el ángulo de ataque es muy grande puede disminuir y hasta incluso suprimirla, ya que no permite que la corriente de aire no corran de forma correcta alrededor del ala. Genera el rebote de las moléculas de aire fuera de la superficie inferior plana generando un movimiento turbulento, provocando una zona de alta presión. La corriente de aire que pasa por la superficie superior no puede cambiar su dirección para contornear el perfil curvo y se rompe, dejando una zona de baja presión con corrientes en remolino detrás de la superficie de sustentación o plano aerodinámico. Esto crea una considerable diferencia de presión que se opone a la dirección del movimiento aumentando así la resistencia.

La aplicación de la teoría de la fuerza ascensional aerodinámica en la propulsión de natación muestra que el nadador demuestra como con la mano y el brazo produce en crol una fuerza ascensional propulsora mientras avanza. Inmediatamente después de su entrada en el agua, la mano y el brazo se mueven hacia abajo (y un poco hacia afuera) encontrándose con la fuerza opuesta de resistencia provocada por el agua (el fluido), la mano del nadador adopta la forma del ala del avión el dorso curvo y la palma plana, y nótese que la mano y el brazo están inclinados hacia abajo y hacia atrás. La dirección y

la velocidad del movimiento del brazo, la forma de la mano y el ángulo de ataque, hacen que el agua pase por el dorso de la mano, sufra una aceleración, mientras que la que pasa por la palma de la mano se desvíe hacia atrás. Generando una diferencia de presión provocando la fuerza ascensional dirigida hacia adelante.

El movimiento del cuerpo hacia adelante se produce por la resistencia de su movimiento hacia abajo y la de la estabilización de la articulación del hombro, por lo que el hombro es la transición de fuerza entre la mano y el brazo con el resto del cuerpo.

La propulsión más eficaz se produce al combinarse la fuerza ascensional y la de resistencia para dar como resultado una tercera fuerza. Esta fuerza al ser la combinación de ambas es de mayor magnitud y mayor fuerza de propulsión.

Los movimientos de barrido más efectivos son los dirigidos hacia abajo, hacia arriba, hacia adentro y hacia afuera, generando la propulsión ya explicada anteriormente. Pero también se puede generar movimiento hacia adelante ejerciendo tracción y empujando contra la resistencia del agua. Por lo tanto la combinación de una brazada más lenta y una aceleración mayor por brazada reduce la energía de avance. Demostrando que hay fases de la propulsión de la brazada está condicionada por la resistencia del agua.

La inclinación y el ángulo de ataque son sumamente importantes para la fuerza de propulsión. La inclinación hace referencia en la que las manos y los pies se inclinan y el ángulo de ataque hace referencia al número de grados de esta inclinación en una dirección determinada. Los ángulos más efectivos se basan en principios aerodinámicos. Entre los 20° a 50° permite a las moléculas de agua pasar por arriba de la mano para ser desviadas progresivamente hacia atrás, con la mínima turbulencia. Esto aumenta la diferencia de presión entre la palma y el dorso de la mano impulsando el cuerpo del nadador hacia adelante.

ANÁLISIS DE LA TÉCNICA DE CROL

La técnica de crol o estilo libre es el más rápido de los 4 estilos de natación, la mecánica de este estilo comprende:

- La brazada.
- El movimiento de las piernas y de los pies.
- El ritmo y acompasado de brazos y piernas (coordinación entre miembros superior y miembros inferiores).
- Posición del cuerpo.
- La respiración.

Para la presente investigación haremos referencia solo a la descripción de la brazada, la posición del cuerpo y la respiración. Los movimientos de los brazos durante el estilo libre son de naturaleza recíproca, lo que significa que mientras un brazo se dedica a la propulsión, el otro está en el proceso de recuperación.

LA BRAZADA

Entrada al agua: la entrada al agua se realiza a la altura del hombro, entre el hombro y la línea media del centro del cuerpo, con el codo ligeramente flexionado y por encima de la mano, de manera que la punta de los dedos entre en contacto con el agua en primera instancia.

El orden de la entrada en el agua es: dedos, muñeca, antebrazo, codo y brazo.

La mano entra en el agua a la altura del hombro con la muñeca en flexión de 20° a 50° desde la línea del antebrazo, con el codo alto y algo flexionado

.

La mano debe atravesar la película de agua con la palma apuntando hacia externo con un ángulo aproximado de 30° a 40° a partir de la posición en cubito ventral permitiendo la menor resistencia del ingreso de la mano.

Agarre: es la preparación a la tracción en la que la mano se coloca en mejor posición para una buena propulsión. Se hace en primer lugar con la mano, después con la muñeca y luego con el brazo, como si se estuviese bordeando un barril. En esta etapa la muñeca se encuentra flexionada aproximadamente 40 grados con orientación externa, en este punto el codo comienza a flexionarse con el fin de estabilizar la mano. Esta flexión de codo provoca una transmisión de fuerza generando que la cabeza y los hombros emerjan hacia adelante y hacia arriba por encima del brazo.

Barrido hacia abajo o tracción: la mano debe deslizarse hacia abajo y hacia afuera, en una trayectoria curvilínea. Durante esta etapa el codo se flexiona gradualmente, a fin que la mano se desplace hacia abajo y la palma debe estar inclinada hacia abajo, hacia afuera y atrás, con una concavidad formada por la palma.

Barrido hacia adentro o empuje: comienza cuando la mano alcanza el punto más profundo del barrido hacia abajo. La dirección del movimiento de la mano es hacia adentro, hacia arriba y hacia atrás a medida que la mano se desplaza bajo el cuerpo, desde una posición externa respecto al hombro hacia una posición interna con respecto al miembro inferior homolateral a la mano

Barrido hacia arriba o empuje: la mano debe estar inclinada, durante la fase hacia arriba, hacia afuera y hacia arriba. El codo debe estar flexionado hasta la última parte de esta fase. Luego en este punto una ligera extensión del mismo impide que la mano se desplace hacia adelante, en ese momento el codo sale del agua y parte hacia adelante dando comienzo al reciclaje. De este modo, puede mantenerse la propulsión. La mano alcanza la máxima aceleración y sale del agua con la palma dirigida hacia el muslo, todo esto se efectúa debajo de las caderas

En el reciclaje o recobro la finalidad de esta fase consiste en situar el brazo en la posición adecuada para comenzar otro ciclo de brazada. El recobro comienza cuando la mano está dentro del agua. Debido a la inclinación del cuerpo, el hombro es lo primero que sale del agua, luego y debido a la flexión del brazo sale el codo, a continuación el antebrazo y, por último, la mano. El recobro del brazo correspondiente al lado que se respira, debe realizar la acción cuidando que el nadador mantenga su cabeza girada después de haber realizado la inspiración, hasta un instante antes de que se produzca la entrada del brazo, para eliminar una resistencia al avance adicional. Hay dos tipos de técnica: reciclaje o recobro con codo elevado y el reciclaje con balanceo de mano. El reciclaje con codo elevado, el codo debe emerger de la superficie con un movimiento hacia adelante mientras la mano termina el barrido hacia arriba. El codo se desplaza hacia arriba y hacia adelante, después de salir del agua, siguiéndole el antebrazo y la mano. La palma al salir del agua gira hacia adentro de forma que pueda deslizarse fuera de ella con los dedos por delante y con la mínima resistencia. El brazo debe desplazarse hacia arriba, hacia afuera y hacia adelante durante la primera fase del reciclaje, transformándose en movimiento hacia adelante, hacia adentro y hacia abajo en el momento de disponerse a la entrada al agua. El hombro en esta fase genera una rotación externa para mantener la alineación del cuerpo.

Y el reciclaje con balanceo de la mano, en esta técnica es la mano que dirige el movimiento. Similar al reciclaje con el codo elevado, solo que al salir la mano del agua se produce una extensión de codo, la mano se balancea fuera del agua y pasa por arriba del codo, la mano se desplaza con un movimiento hacia arriba, hacia afuera y hacia adelante por encima de la superficie del agua. Cuando la mano alcanza una posición cercana al hombro, se flexiona el codo de modo que la mano toma una dirección hacia abajo y hacia adentro permitiendo la entrada de la misma al agua.

Posición del cuerpo: los nadadores encuentran menos resistencia cuando sus cuerpos se encuentran en una posición rectilínea que permite que las moléculas de agua varíen gradualmente en su dirección a medida que se mueven alrededor. El cuerpo a lo largo de la técnica adopta una posición horizontal y lateral para conseguir una buena alineación.

Por medio de estas dos posiciones el cuerpo va girando sobre su eje longitudinal a lo largo de toda la carrera, de hecho pasan más en posición lateral que horizontal. Este giro es indispensable para mantener la alineación del cuerpo, permitiendo una buena longitud de brazada y reducir la resistencia.

Respiración: esta debe estar coordinada con el giro del cuerpo, produciéndose una rotación máxima del cuerpo hacia el lado de la respiración. El momento oportuno para comenzar a realizar la respiración es cuando la brazada contralateral comienza a realizar la entrada al agua, favoreciendo por medio del barrido (tracción y empuje) facilitando la rotación del cuerpo.

La respiración alternada o bilateral es la más adecuada para equilibrar las brazadas, favoreciendo la propulsión de esta, el reciclaje o recobro de ambos brazos y disminuye la alteración de la alineación lateral.

MÚSCULOS QUE ACTÚAN EN LA BRAZADA DE CROL

En la entrada y salida de la mano el trapecio superior y los romboides se complementan entre sí: el trapecio superior rota hacia arriba la escápula, y los romboides retraen la escápula. Las tres cabezas del deltoides se contraen para levantar y colocar el brazo en posición para la salida de la mano, y los deltoides anteriores y medio se contraen en la entrada de la mano.

El deltoides y el manguito rotador (supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular) son los músculos primarios activos durante la fase de recuperación, que funcionan para sacar el brazo y trasladar la mano del agua cerca de las caderas y devolverlos a una posición superior para volver a ingresar al agua. Los músculos del manguito rotador tienen cada uno un papel único. El supraespinoso se contrae con el deltoides anterior y medio para abducir el húmero a la entrada y salida de la mano. El

infraespinoso se contrae en la recuperación media o reciclaje medio, el redondo menor muestra actividad en la tracción y el subescapular se contrae a lo largo de la tracción y empuje de la brazada.

El pectoral mayor y el dorsal ancho se contraen para realizar parte de toda la fase propulsiva de la técnica de crol (tracción y empuje). Los movimientos iniciales se generan primero por la porción clavicular del pectoral mayor, el dorsal ancho se une rápidamente al pectoral mayor. Estos dos músculos generan la acción muscular durante el empuje, principalmente durante la segunda mitad del empuje, el serrato anterior también está activo en esta fase de forma sinérgica y dando estabilidad a la articulación escapulo torácica.

En el codo, los flexores del codo (bíceps braquial y braquial anterior) comienzan a actuar al comienzo de la fase de tracción, llevando gradualmente el codo de la extensión completa a aproximadamente 30° de flexión. Durante la porción final de la fase de empuje, el tríceps braquial actúa para extender el codo, lo que lleva la mano hacia atrás y hacia arriba hacia la superficie del agua, terminando así la fase de propulsión.

Los flexores de la muñeca actúan para mantener la muñeca en una posición de ligera flexión durante toda la fase de propulsión.

Hay un grupo muscular que funciona como estabilizadores durante la fase de propulsión y la fase de recuperación. Estos son los estabilizadores del omóplato (pectoral menor, romboide, escápula elevadora, trapecio medio e inferior y el serrato anterior) que, como su nombre lo indica, sirven para anclar o estabilizar el omóplato. El funcionamiento adecuado de este grupo muscular es importante porque todas las fuerzas de propulsión generadas por el brazo y la mano dependen de la escápula para tener una base firme de apoyo. Además, los estabilizadores del omóplato trabajan con el deltoides y el manguito rotador para reposicionar el brazo durante la fase de recuperación. Los estabilizadores del núcleo también son parte integral de la mecánica de carrera eficiente porque sirven como un enlace entre los movimientos de las extremidades superiores e

inferiores. Este enlace es fundamental para la coordinación del balanceo del cuerpo que tiene lugar durante la natación de estilo libre

HOMBRO DE NADADOR

El dolor de hombro en nadadores competitivos puede ser causado por muchas etiologías diferentes, incluyendo síndrome de pinzamiento subacromial, uso excesivo, discinesia escapular, laxitud e inestabilidad, daño labral, anatomía del acromion, neuropatía supraescapular, etc.

La mayoría de las afecciones musculoesqueléticas se pueden dividir en macrotrauma y microtrauma según el inicio. El hombro del nadador es una afección con un inicio gradual debido a la actividad repetitiva y puede clasificarse como microtrauma. A diferencia del macrotrauma, la etiología del microtrauma es multifactorial y puede deberse a factores intrínsecos o extrínsecos.

Dentro de los factores intrínsecos está el pinzamiento subacromial que involucra el tendón del manguito rotador, el tendón bicipital o la bolsa subacromial. El pinzamiento subacromial en nadadores competitivos generalmente es causado por una cinemática alterada debido a la fatiga muscular o la laxitud. El rango de movimiento del hombro en los nadadores es similar al de otros atletas de arriba, y algunos atletas demuestran cambios adaptativos que incluyen rotación interna limitada y rotación externa excesiva. La falla o fatiga de los tendones del manguito de los rotadores y los estabilizadores de la escápula para mantener el centrado de la cabeza humeral en la fosa glenoidea puede conducir a una traslación excesiva de la cabeza humeral con un choque posterior. El pinzamiento puede ser subacromial o intraarticular y puede ocurrir en varias posiciones durante el golpe de natación. En el choque subacromial, el lado bursal del manguito rotador choca contra debajo del arco coracoacromial con el brazo en flexión hacia adelante y rotación interna (fase de recuperación de la técnica de carrera), mientras que en el choque intraarticular, el tendón del bíceps o la articulación lado de los tendones del

manguito rotador choca contra el margen antero superior de la cavidad glenoidea y el labrum con el brazo en flexión hacia adelante, aducción y rotación interna (fase de entrada de la mano del trazo). El pinzamiento puede ser exacerbado por cualquier proceso que altere la cinemática del hombro, como la discinesia escapular, la laxitud articular excesiva y la fatiga muscular.

La protracción escapular es un signo común de discinesia escapular en nadadores y se incluye dentro de los factores intrínsecos. Cuando el serrato anterior y el subescapular se fatigan, el pectoral mayor sin oposición tensiona la articulación glenohumeral anterior y puede conducir a un movimiento escapular anormal, estrechamiento del espacio subacromial y consecuente choque. La discinesia escapular también puede conducir al atrapamiento del nervio supraescapular cuando se combina con hiperelasticidad y contracción del infraespinoso. El atrapamiento nervioso sintomático puede ocurrir cuando el espacio subacromial ya está reducido por el engrosamiento crónico inducido por microtrauma del tendón supraespinoso y la bolsa adyacente.

El déficit de rotación interna glenohumeral la define Burkhart y col (2003) como "la pérdida en grados de rotación interna glenohumeral del hombro dominante en comparación con el hombro no dominante". Torres y Gomes (2009) demuestra que la cápsula y / o el manguito rotador están más apretados posteriormente. La pérdida de rotación interna y la ganancia de rotación externa en nadadores competitivos se asocia con un desplazamiento anterior de la cabeza humeral con la consiguiente inestabilidad de la cápsula y el choque. La explicación de esta patología unilateral puede ser la preferencia de los nadadores por respirar en su lado dominante, lo que requiere una rotación externa adicional.

La traducción excesiva de la cabeza humeral en la glenoidea normalmente se evita durante las actividades deportivas mediante los estabilizadores estáticos de la articulación glenohumeral (labrum glenoideo y ligamentos capsulares), así como los estabilizadores dinámicos (manguito rotador y músculos escapulares). Está bien establecido que existe una distinción estrecha entre la laxitud fisiológica (normal) y la

inestabilidad patológica (anormal). La laxitud normal puede aumentar con el tiempo con el uso excesivo repetitivo y eventualmente puede volverse patológica. La laxitud glenohumeral puede ser ventajosa para los nadadores hasta cierto punto, permitiendo una mayor longitud de brazada con el consiguiente aumento de la velocidad y la eficiencia. Sin embargo, la disminución de la estabilidad pasiva proporcionada por los estabilizadores estáticos requiere una mayor contribución de los estabilizadores activos para controlar adecuadamente la traducción de la cabeza humeral y la cinemática glenohumeral. Un desequilibrio debido a la laxitud excesiva puede conducir a una sobrecarga muscular del manguito, fatiga y lesiones posteriores

Dentro de los factores extrínsecos se debe al uso excesivo, mal uso, abuso o desuso del gesto motor. El uso excesivo en los deportes es realizar una tarea con una frecuencia que no permite que los tejidos se recuperen y los síntomas pueden deberse a la falta de fuerza muscular o resistencia. Un ejemplo de uso excesivo sería una nadadora que aumenta sus metros en un entrenamiento de natación de 5000 metros a 10,000 metros por día. Mal uso está utilizando una forma o equipo incorrecto, lo que puede generar un estrés anormal en las estructuras de los tejidos. Un ejemplo de mal uso es un nadador que usa una mecánica de carrera defectuosa. El abuso es tener una fuerza excesiva a través de los tejidos normales. Un ejemplo de abuso es un nadador que entrena excesivamente con paletas de mano (manoplas), lo que aumenta la tensión en el hombro. Desuso ocurre cuando un nadador ha tomado un período de tiempo libre sin entrenamiento, lo que resulta en atrofia o control neuromuscular alterado de la musculatura estabilizadora de la cintura escapular. En todos estos casos, los tejidos no pueden acomodar la repetitividad, la fuerza o el estrés que se encuentra con una actividad específica

DISEÑO METODOLÓGICO

TIPO DE ESTUDIO:

Descriptivo

Variables	Valores
Posición de la mano al entrar al agua en relación al hombro en el plano frontal.	Entra la mano a la misma altura que el hombro. Entra la mano en aducción con respecto al hombro. Entra la mano en abducción en relación al hombro.
Posición de la palma al entrar al agua en el plano horizontal.	Palma orientada hacia abajo. Palma de la mano orientada hacia externo con rotación externa de hombro. Palma de la mano orientada hacia interno con rotación interna de hombro.
Posición del codo durante la fase media del recobro de la brazada en el plano frontal.	El codo se encuentra perpendicular al cuerpo del nadador con un ángulo de 90°. El codo se encuentra perpendicular al cuerpo del nadador con un ángulo mayor de 90°. El codo se encuentra perpendicular al cuerpo del nadador con un ángulo menor de 90°.
Posición de la mano al finalizar el empuje.	La mano llega al trocánter mayor.

	La mano no llega al trocánter mayor. La mano se encuentra por debajo del trocánter mayor.
Lateralidad preferencial de la respiración.	Respiración del lado hábil. Respiración del lado menos hábil. Respiración bilateral.

INSTRUMENTO:

Se utiliza una cámara de foto y una cámara de grabación para captar cada momento. Modelo Nikon COOLPIX waterproof 10m/33ft shockproof 1,5m/5ft full HD.

PROCEDIMIENTO:

Se analiza foto y grabación de la técnica de brazada de crol en los primeros 400 metros y los últimos 400 de la sesión de entrenamiento de una cantidad mínima de 6000 metros donde el trabajo final sea de una carga importante. Las mismas se van a realizar tanto en el plano sagital y horizontal.

En el plano horizontal se tomaran la foto y la filmación en sentido cefálico a una altura aproximada entre el nadador y la pared de 3 metros, donde se tendrá registro de la entrada de la mano al agua y el recobro o reciclaje de la misma.

En el plano sagital se toma la foto y la filmación a la altura del nadador ubicado en el andarivel próximo donde se encuentre el nadador. Las mismas se van a realizar tanto el perfil derecho como el izquierdo. Se va a tomar registro de la entrada al agua, tracción y empuje.

La cama se va a sujetar la cámara con la mano.

Se obtendrá por medio del programa Kinovea los ángulos de los gesto a analizar y se realiza una comparación entre las imágenes de los primeros 400 metros y los últimos 400 metros de la sesión de entrenamiento.

POBLACIÓN:

Nadadores del Club Mariano Moreno de Castelar

Un total de 3 nadadores federados del equipo de natación del Mariano Moreno

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Deben realizar por sesión 5000 metros de natación.

Deben ser mayores de 18 años.

Deben ser nadadores profesionales.

Tiene que hacer 5 sesiones semanales mínimo.

Deben tener una experiencia de natación de 3 año mínimo.

Observación de gran conocimiento de la técnica de crol.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

No deben tener una patología estructural de base, por ejemplo escoliosis.

No deben realizar natación por prescripción médica.

No deben tener molestias ni lesiones agudas en el hombro.

RESULTADOS

Las fotos y las grabaciones en el plano horizontal se obtuvieron los siguientes datos:

1° NADADOR:

Recobro del miembro superior hábil:

Inicio: 96°

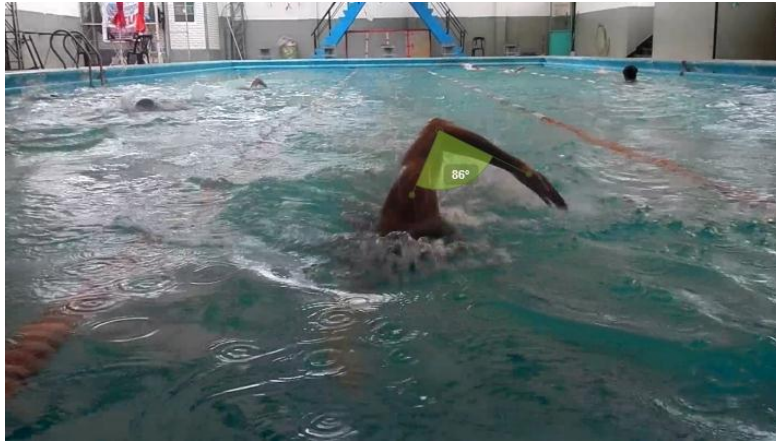
Final: 115°



Recobro del miembro superior menos hábil:

Inicio: 86°

Final: 88°

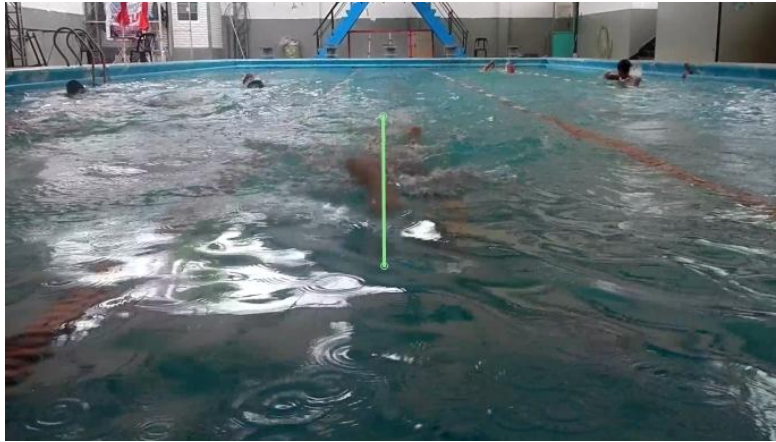


Se observa la disminución del ángulo en el codo durante el recobro es menor en el miembro superior menos hábil en el inicio y al final del entrenamiento una leve disminución del ángulo del codo durante el recobro.

Entrada al agua miembro superior hábil:

Inicio: altura del hombro

Final: altura del hombro

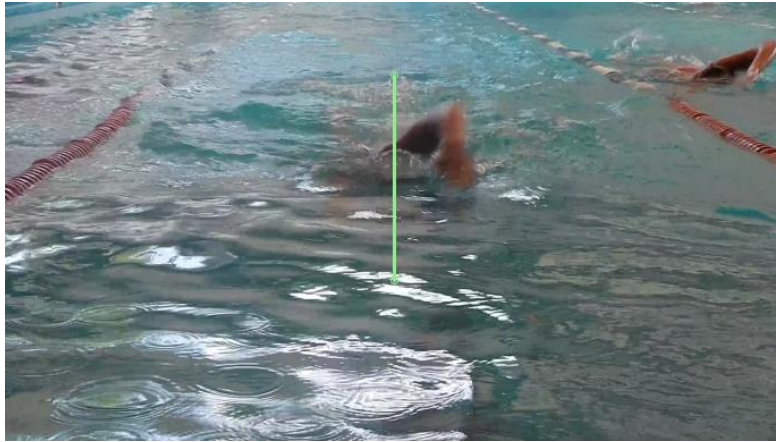


Entrada al agua del miembro superior menos hábil:

Inicio: externa a la altura del hombro

Final: externo de la línea del hombro





Se observa en la entrada al agua al finalizar la sesión de entrenamiento hay una modificación en el miembro superior menos hábil, siendo al inicio la entrada externo a la altura del hombro y al finalizar el entrenamiento una entrada externa a la altura del hombro mayor al inicio, en comparación al miembro superior hábil hay presencia de compensación.

2° NADADOR:

Recobro del miembro superior hábil:

Inicio: 106°

Final: 90°





Recobro del miembro superior menos hábil:

Inicio: 70°

Final: 103°



Se observa asincronía tanto en el inicio como en el final de la sesión de entrenamiento el ángulo formado por el codo durante el recobro tanto del miembro superior hábil como menos hábil. .

Entrada al agua del miembro superior hábil:

Inicio: externo al hombro

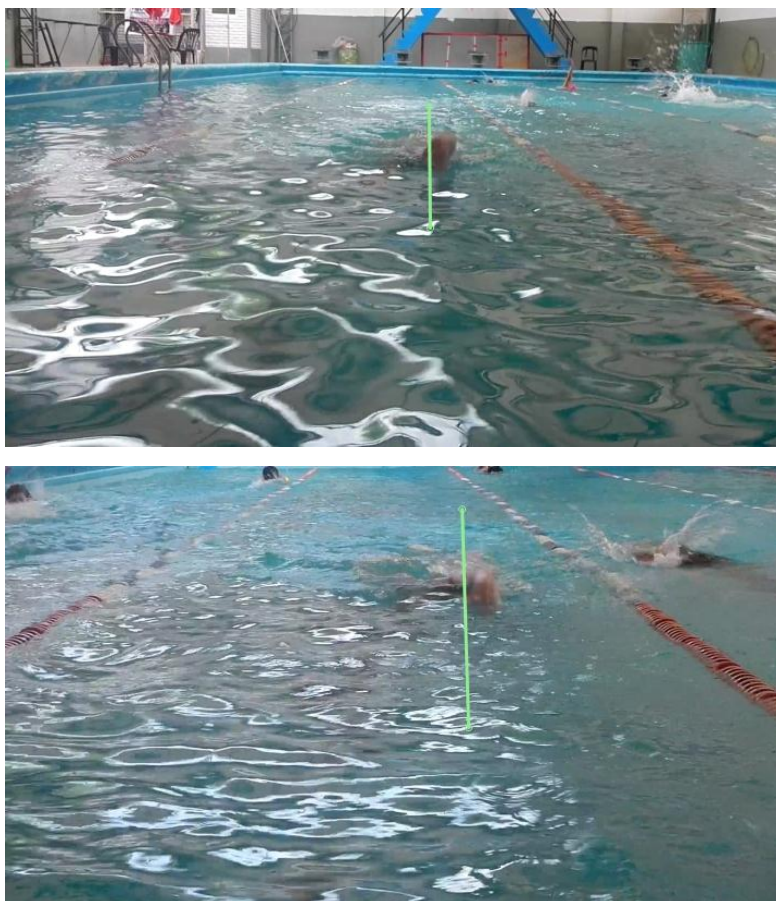
Final: externo al hombro



Entrada al agua del miembro superior menos hábil:

Inicio: a la altura del hombro

Final: externa a la línea media del hombro



Se observa modificación de la técnica al finalizar la sesión del entrenamiento en la entrada de la mano al agua, siendo el miembro superior menos hábil con la modificación de la entrada a la altura externa de la línea media del hombro en comparación al miembro superior hábil que ambos momentos entra a la altura de la línea externa al hombro.

3° NADADOR:

Recobro del miembro superior hábil:

Inicio: 97°

Final: 89°



Recobro del miembro superior menos hábil:

Inicio: 96°

Final: 101°



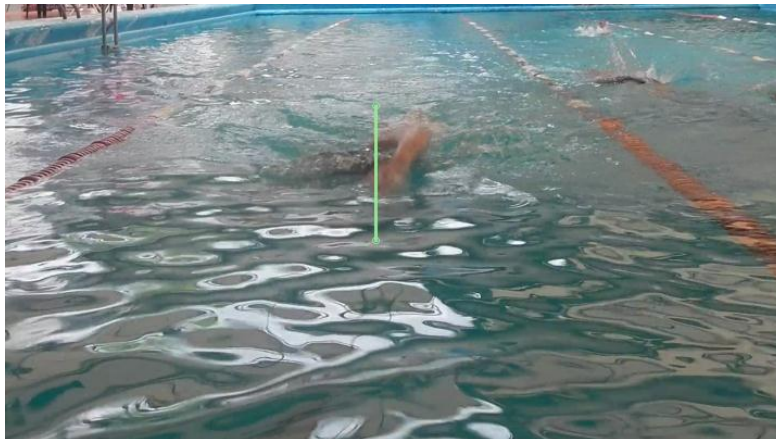


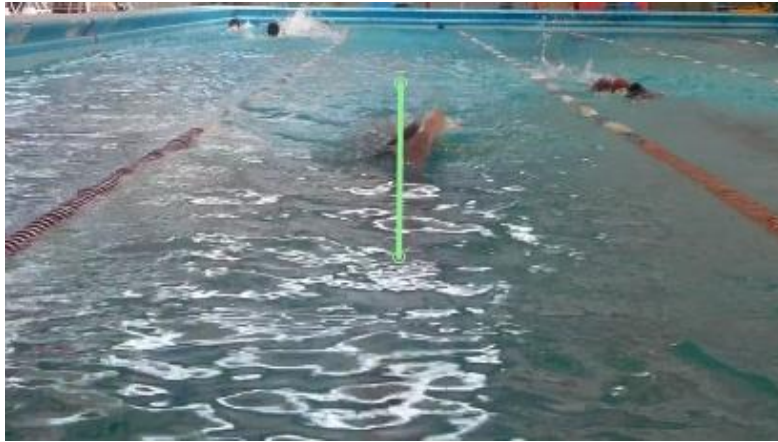
Se observa una disminución del ángulo de recobro en el codo del miembro superior hábil y un aumento del ángulo de recobro en el codo del miembro superior menos hábil al finalizar la sesión de entrenamiento.

Entrada al agua del miembro superior hábil:

Inicio: altura del hombro

Final: altura del hombro

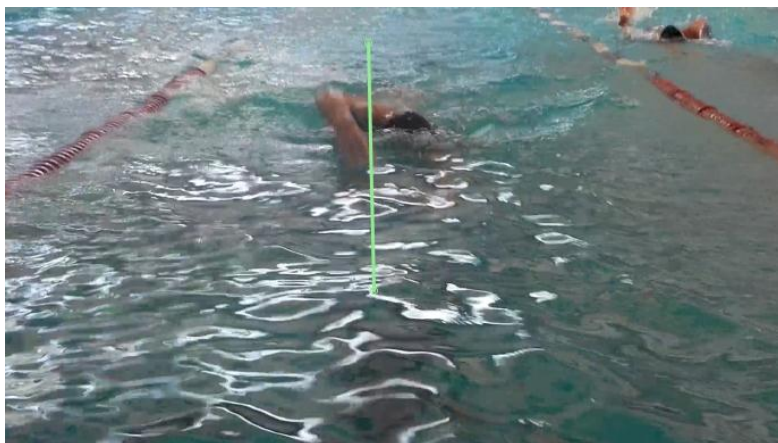




Entrada al agua del miembro superior menos hábil:

Inicio: externa al hombro

Final: externa al hombro



Se observa al finalizar la sesión de entrenamiento el miembro superior menos hábil modificación en la entrada al agua siendo levemente más a la altura del hombro.

Resultados de las fotos y videos tomadas en el plano sagital:

1° NADADOR:

Entrada al agua del miembro superior hábil:

Inicio: 21°

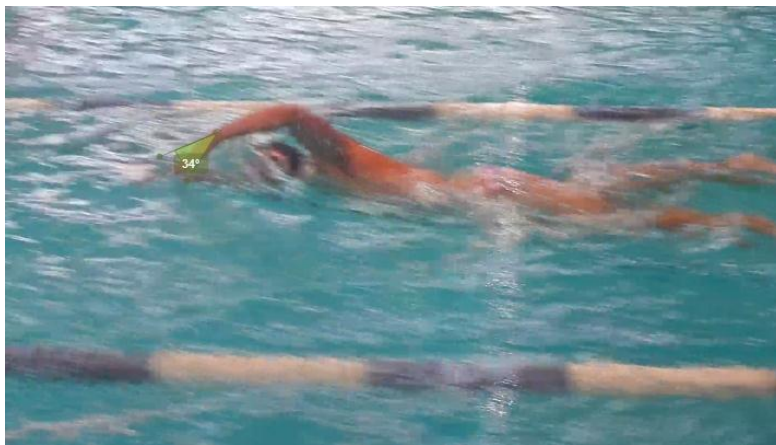
Final: 24°



Entrada al agua del miembro superior menos hábil:

Inicio: 29°

Final: 34°

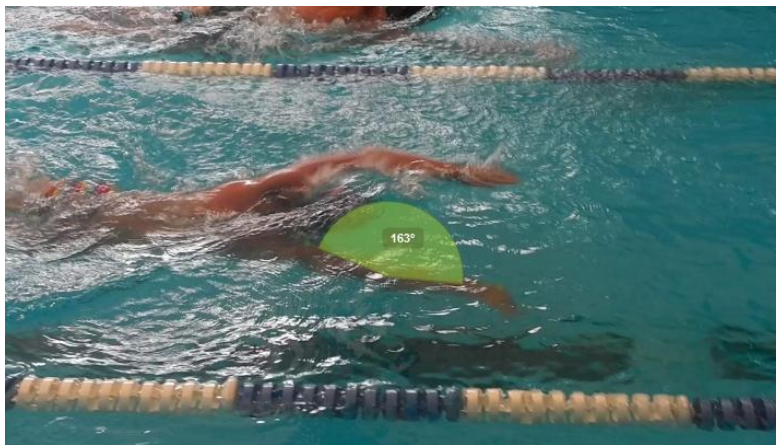
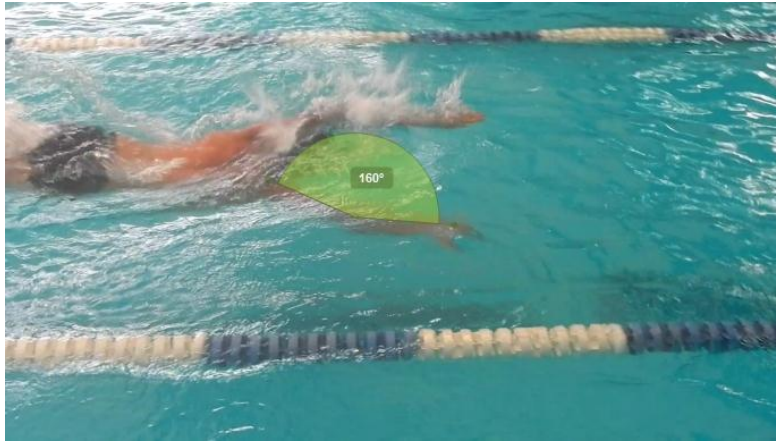


Se observa en la entrada al agua un aumento de ángulo de ataque del miembro superior menos hábil con respecto al miembro superior hábil tanto en el inicio como en el final de la sesión de entrenamiento. Con mayor aumento al finalizar la sesión de entrenamiento.

Tracción del miembro superior hábil:

Inicio: 160°

Final: 163°



Tracción del miembro superior menos hábil:

Inicio: 153°

Final: 159°





Se observa influencia de la lateralidad con menor ángulo de tracción de miembro inferior menos hábil con respecto al miembro superior hábil tanto en el inicio como en el final del entrenamiento.

Empuje del miembro superior hábil:

Inicio: llega al trocánter mayor

Final: llega al trocánter mayor





Empuje del miembro superior menos hábil:

Inicio: llega al trocánter mayor

Final llega al trocánter mayor



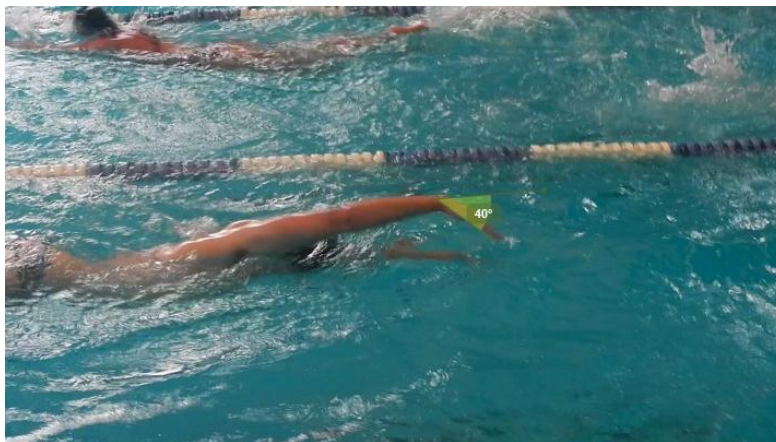
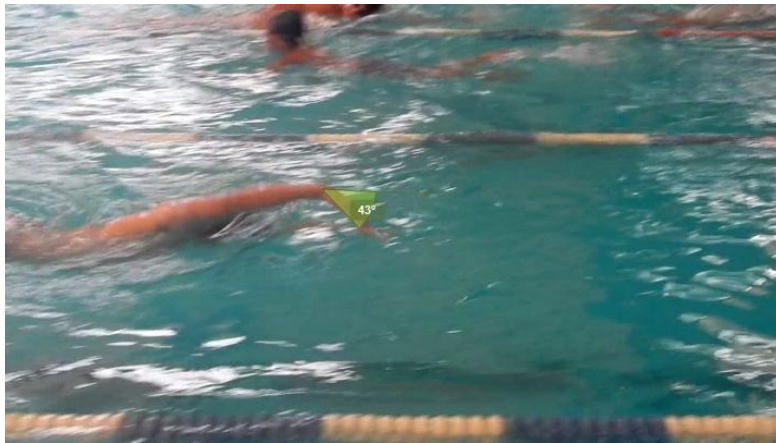
No se observó influencia de la lateralidad en el empuje.

2° NADADOR:

Entrada al agua del miembro superior hábil:

Inicio: 43°

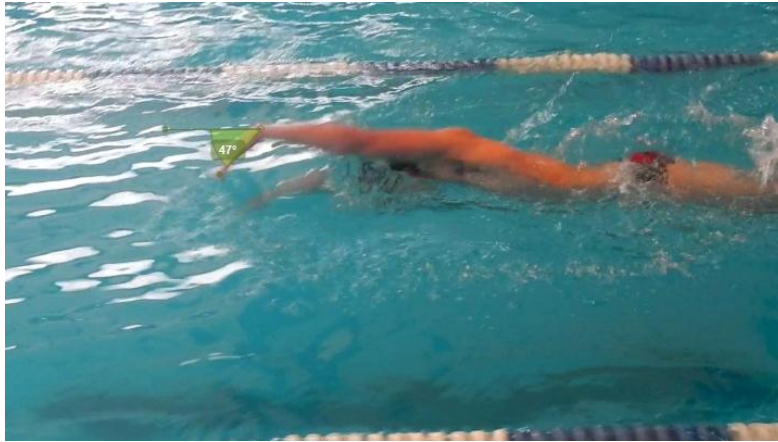
Final: 40°



Entrada al agua del miembro superior menos hábil:

Inicio: 47°

Final: 54°

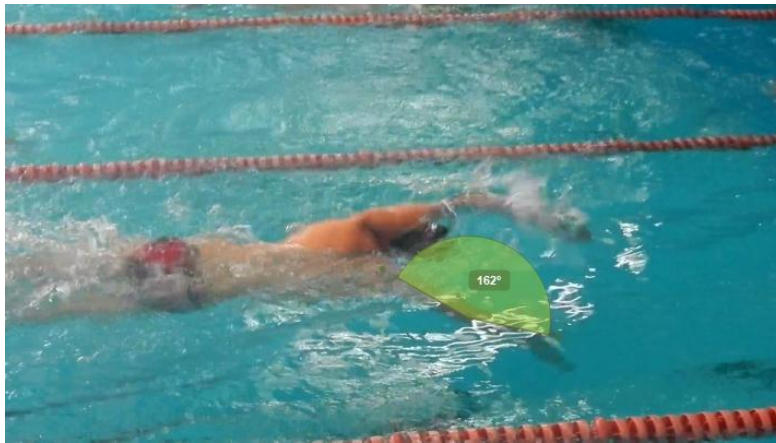
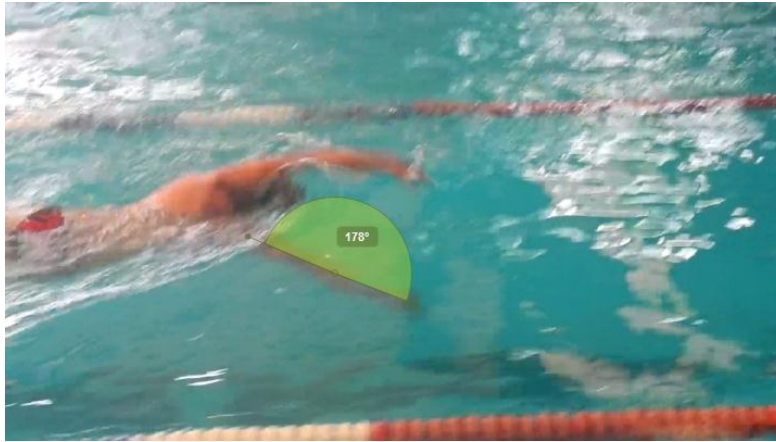


Se observa un marcado aumento al final de la sesión de entrenamiento del ángulo de ataque del miembro superior menos hábil con respecto al miembro superior hábil. Además se observa diferencias del ángulo de ataque tanto en el inicio como en el final de la sesión de entrenamiento tanto en el miembro superior hábil como en el menos hábil.

Tracción del miembro superior hábil:

Inicio: 178°

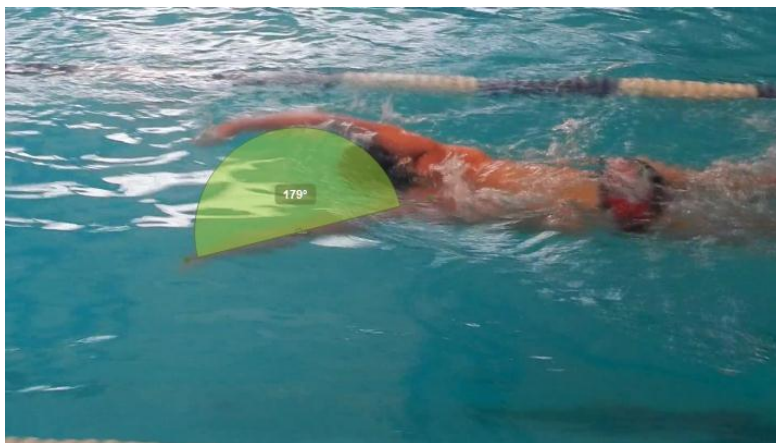
Final: 162°



Tracción del miembro superior menos hábil:

Inicio: 179°

Final: 155°





Se observa disminución en el ángulo de tracción en ambos miembros superiores al finalizar la sesión de entrenamiento, siendo mayor en el miembro superior menos hábil.

Empuje del miembro superior hábil:

Inicio: llega al trocánter mayor

Final: llega al trocánter mayor





Empuje del miembro superior menos hábil:

Inicio: llega al trocánter mayor

Final llega al trocánter mayor



No se observa influencia de la lateralidad en la fase de empuje en ambos miembros superiores.

3° NADADOR:

Entrada al agua del miembro superior hábil:

Inicio: 24°

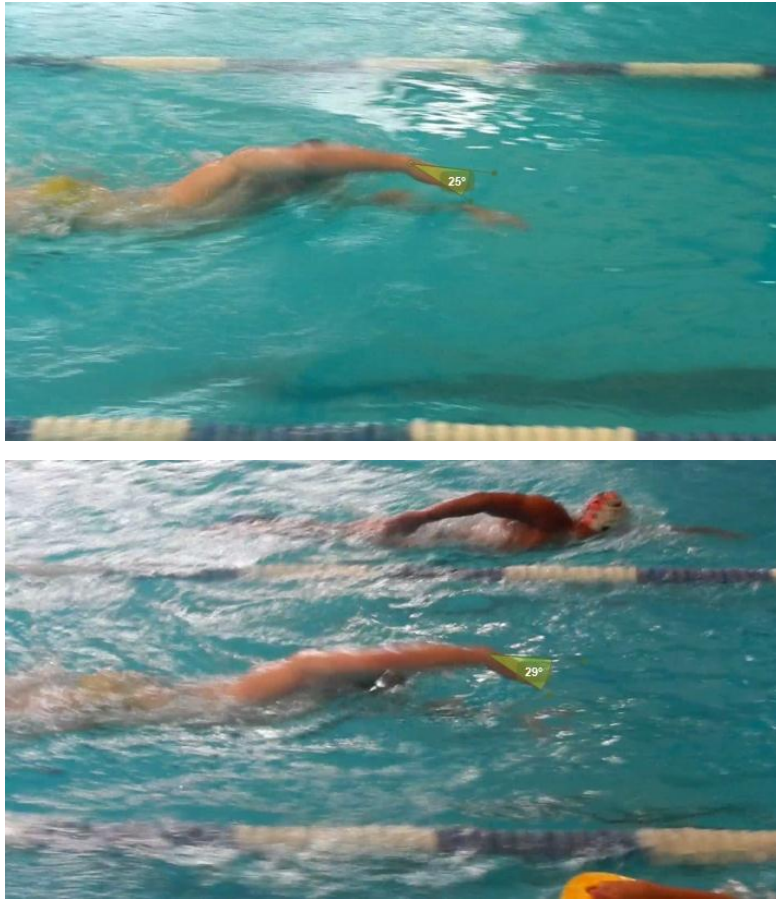
Final: 24°



Entrada al agua del miembro superior menos hábil:

Inicio: 25°

Final: 29°



Se observó aumento del ángulo de ataque en el miembro superior menos hábil en comparación al miembro superior hábil al finalizar la sesión de entrenamiento.

Tracción del miembro superior hábil:

Inicio: 161°

Final: 163°

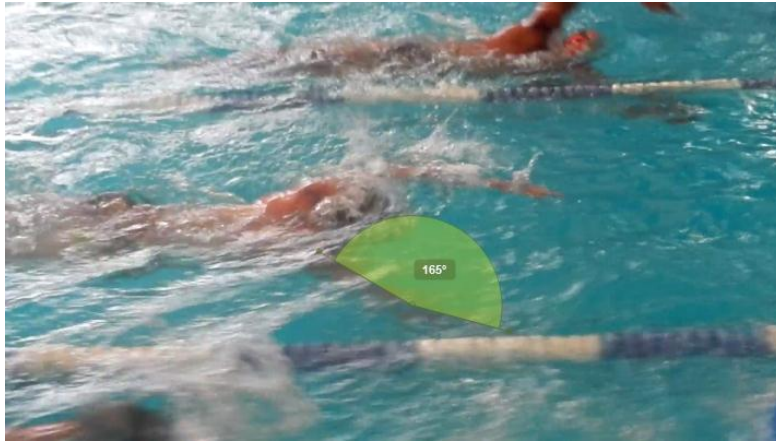


Tracción del miembro superior menos hábil:

Inicio: 160°

Final: 165°





Se observó leve aumento del ángulo de tracción del miembro superior menos hábil en comparación del miembro superior hábil al finalizar la sesión de entrenamiento.

Empuje del miembro superior hábil:

Inicio: llega al trocánter mayor

Final: llega al trocánter mayor





Empuje del miembro superior menos hábil:

Inicio: llega al trocánter mayor

Final llega al trocánter mayor



No se observó influencia de la lateralidad en ambos miembro superiores tanto en el inicio como al final de la sesión de entrenamiento.

CONCLUSIÓN

Observe que la lateralidad de la brazada se ve afectada tanto en el recobro, en la entrada de la mano al agua posterior al recobro y en el empuje, momentos de la técnica fundamentales para el desplazamiento, generando asincronía entre el miembro superior hábil y el miembro superior menos hábil de forma progresiva a medida que avanza la fatiga a lo largo de toda la sesión del entrenamiento. No se observó alteraciones en el empuje de la técnica tanto en el miembro superior hábil como en el miembro superior menos hábil. Con respecto a la respiración se observó la predisposición de respirar hacia el lado menos hábil en los nadadores n 1° y n 2°, provocando el aumento del ángulo de flexión de codo durante el recobro.

Considero que se necesita más herramientas y estudios de investigación con mayor población para poder determinar con mayor precisión como afecta la lateralidad al nadador. Tener en cuenta además de la técnica completa de la brazada de crol la inclinación del tronco en la brazada, elemento que en numerosos estudios se demostró cómo afecta en la técnica.

No tuve en cuenta al momento de sacar las imágenes y realizar las filmaciones los inconvenientes que trae el movimiento del agua que realizan los nadadores, siendo las fotos y grabaciones de baja calidad, pudiéndose mejorar con piletas adaptadas para este tipo de actividad.

BIBLIOGRAFÍA

Allegrucci, M. (1994). Clinical Implications of Secondary Impingement of the Shoulder in Freestyle Swimmers. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 20(6), 307–318. doi:10.2519/jospt.1994.20.6.307.

Bak, K (1997). Clinical Findings in Competitive Swimmers with Shoulder Pain. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(2), 254–260. doi:10.1177/036354659702500221.

Dos Santos, K. (2013). Propulsive Force Asymmetry during Tethered-Swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 34(07), 606–611. doi:10.1055/s-0032-1327575

Dos Santos, K. (2017) Front Crawl Swimming Performance and Bi-Lateral Force Asymmetry during Land-Based and Tethered Swimming Tests. *Journal of Sports Science y Medicine*. 16(4), 574-580 Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5721189/>

Heinlein, S. (2010). Biomechanical Considerations in the Competitive Swimmer's Shoulder. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 2(6), 519–525. doi:10.1177/1941738110377611

Johnson, JN. (2003). Swimming Biomechanics and Injury Prevention. *The Physician and Sportsmedicine*, 31(1), 41–46. doi:10.3810/psm.2003.01.165

Lerda, R. (2003). Breathing and Propelling in Crawl as a Function of Skill and Swim Velocity. *International Journal of Sports Medicine*, 24(1), 75–80. doi:10.1055/s-2003-37195

Maglischo, E. (2006). *Nadar Rapido*. Barcelona, España: Editorial Hispano Europea S.A.

McMaster, W. (1998). A Correlation Between Shoulder Laxity and Interfering Pain in Competitive Swimmers. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(1), 83–86. doi:10.1177/03635465980260013201

Morouço, P. (2015). Quantification of upper limb kinetic asymmetries in front crawl swimming. *Human Movement Science*, 40, 185–192. doi:10.1016/j.humov.2014.12.012

Olivier, N. (2008). The high level swimmer articular shoulder complex. *Annales de Readaptation et de Medecine Physique*. 51(5), 342–347. doi:10.1016/j.annrmp.2008.04.005

Pinyol, Carles (2005) *Movernos en el agua*. Barcelona, España: Editorial Paidotribo

Seifert, L. (2008). Effect of Breathing Pattern on Arm Coordination Symmetry in Front Crawl. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(5), 1670–1676. doi:10.1519/jsc.0b013e318182029d

Tourny-Chollet, C. (2009). Effect of Force Symmetry on Coordination in Crawl. *International Journal of Sports Medicine*, 30(03), 182–187. doi:10.1055/s-0028-1104581

Vilte, E. (2007). *La enseñanza de la natación*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Stadium S.R.L.

Virag, B. (2014). Prevalence of Freestyle Biomechanical Errors in Elite Competitive Swimmers. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 6(3), 218–224. doi:10.1177/1941738114527056

YANAI, T. (2000). Shoulder impingement in front-crawl swimming: II. analysis of stroking technique. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30. doi:10.1097/00005768-200001000-00006