



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Universidad Nacional
ARTURO JAURETCHE

Tesinas de Grado

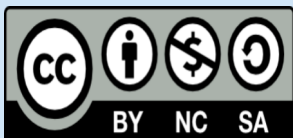
Moncada, Mauricio Ezequiel y Santobuono Carro, Elías Gabriel

Los ejercicios de control motor, como estrategia de prevención del síndrome de pinzamiento subacromial en nadadores

Instituto de Ciencias de la Salud

2024

*Carrera: Licenciatura en Kinesiología y
Fisiatría*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.
Atribución – No comercial – Compartir igual 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Moncada ME, Santobuono Carro EG. Los ejercicios de control motor, como estrategia de prevención del síndrome de pinzamiento subacromial en nadadores [Tesis de grado]. Florencio Varela: Universidad Nacional Arturo Jauretche; 2024. 68 p. Disponible en: <https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3283>

TESINA

Presentada para acceder al título de grado de la Carrera

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

“Los ejercicios de control motor, como estrategia de prevención del síndrome de pinzamiento subacromial en nadadores”

Autores:

Moncada, Mauricio Ezequiel (Legajo N°: 36255)

Santobuono Carro, Elías Gabriel (Legajo N°: 21361)

Directora:

Licenciada Sombra, Victoria

Fecha de Presentación:

21/08/2024

Firma de los Autores



Moncada, Mauricio



Santobuono Carro, Elías

Agradecimientos

Dedico esta Tesina, principalmente, a mi mujer Noelia, a Santino y a Franco, por acompañarme y apoyarme en todo momento.

A mis papás Mercedes y Carlos, por los valores que me han transmitido desde niño.

A mi tía Gloria, quien fue un gran pilar desde el comienzo de mis estudios; eternamente agradecido.

A mi compañero y amigo de Tesina, Elías, por su paciencia y por tantos viajes por él realizados para poder reunirnos.

Agradezco inmensamente a nuestra Directora de Tesina, la Licenciada Victoria Sombra, por aceptar acompañarnos y orientarnos en todo momento del desarrollo de la Tesina.

Muy agradecido a la Universidad Nacional Arturo Jauretche, por darme la oportunidad de acceder a una Carrera de grado, como así también a los diferentes docentes, que compartieron sus conocimientos para formarme profesionalmente en este trayecto educativo.

Agradezco a todas aquellas personas que me he cruzado durante la Carrera, las cuales de alguna u otra forma fueron y son parte de este sueño alcanzado.

Por último, quiero mencionar a mis mascotas Celeste y Feli, por su fiel e incondicional compañía.

Mauricio Moncada

Agradecimientos

Dedico esta Tesina a toda mi familia, por acompañarme y apoyarme durante todo el trayecto formativo. En especial, agradezco de todo corazón a mis padres, Mario y Patricia, por su sacrificio y su amor incondicional.

Agradezco a la Universidad Nacional Arturo Jauretche, por brindarme la posibilidad de acceder a una Carrera de grado; así como también agradezco a todos los docentes por su apoyo a lo largo de estos años en la Universidad.

Agradezco también a nuestra Directora de Tesina, Victoria Sombra, por acompañarnos y guiarnos en el desarrollo de la Tesina.

A María, por ser una amiga incondicional y mi compañera de vida.

A mis amigos de la facultad, que me acompañaron y me dieron alientos de seguir hacia delante en todo el trayecto de la Carrera. En especial a mi amigo de Tesina, Mauricio, por su paciencia y su buena predisposición para este proyecto.

Elías Santobuono

Abreviaturas

ASA= Amateurs Swimming Association

AHD= Distancia Acromiohumeral

CCA= Cadena Cinemática Abierta

CCC= Cadena Cinemática Cerrada

CHD= Distancia Coracohumeral

EMGBF= Biorretroalimentación Electromiográfica

EEUU= Estados Unidos

EVA= Escala Visual Analógica

GH= Articulación Glenohumeral

IASP= Asociación Internacional para el Estudio del Dolor

JJOO= Juegos Olímpicos

LT= Trapecio Inferior

ONU= Organización de las Naciones Unidas

OMS= Organización Mundial de la Salud

OTG= Órgano Tendinoso de Golgi

ROM= Rango Óptimo de Movimiento

SA= Serrato Anterior

SIS= Síndrome de Pinzamiento Subacromial

SN= Sistema Nervioso

SNC= Sistema Nervioso Central

UT= Trapecio Superior

WCPT= Confederación Mundial de la Fisioterapia

Índice

I. Introducción	6
II. Objetivos	8
II. 1. Objetivo general.....	8
II. 2. Objetivos específicos	8
III. Justificación	8
IV. Marco teórico	9
IV.1. Natación.....	9
IV.1.a. Historia de la natación	10
IV.2. Estilo crol	11
IV.2.a. Posición del cuerpo.....	11
IV.2.b. Acción de las piernas.....	12
IV.2.c. Coordinación y respiración.....	13
IV.2.d. Acción de los brazos.....	14
IV.2.d.1. Fase subacuática	15
IV.2.d.2. Fase aérea	18
IV.3. El hombro	19
IV.4. Análisis cinemático de la articulación GH en la brazada de crol	22
IV.4.a. Articulación glenohumeral	22
IV.4.a.1. Fase subacuática	22
IV.4.a.2. Fase aérea	23
IV.4.b. Articulación acromioclavicular	23
IV.4.b.1. Fase subacuática	23
IV.4.b.2. Fase aérea	24
IV.4.c. Articulación escapulotorácica.....	24
IV.4.c.1. Fase subacuática	24
IV.4.c.2. Fase aérea	25
IV.5. Miología del complejo articular del hombro (articulaciones glenohumeral, escapulotorácica y acromioclavicular)	25
IV.5.a. Fase subacuática	25
IV.5.b. Fase aérea	26
IV.6. Dolor de hombro	27
IV.7. Síndrome del manguito rotador	27
IV.7.a. Síndrome de pinzamiento subacromial.....	28
IV.7.a.1. Factores de riesgo	28
IV.7.a.2. Epidemiología.....	29
IV.7.a.3. Diagnóstico	29
IV.8. Prevención	31
IV.9. Control motor	32
IV.10. Aprendizaje motor	33
IV.11. Ejercicios de control motor	33
IV.12. Fisiología del control motor	34
IV.12.a. Sistema perceptivo.....	35

IV.12.b. Sistema de acción y cognición	36
IV. 13. Rol del/de la kinesiólogo/a	37
IV. 13.a. Prevención primaria.....	38
IV. 13.b. Prevención secundaria.....	39
IV. 13.c. Prevención terciaria	39
IV.14. Consenso de Berna	40
V. Estrategia metodológica	46
V.1. Criterios de inclusión.....	47
V.2. Criterios de exclusión	47
VI. Contexto de análisis.....	48
VII. Resultados	53
VII.1. Búsqueda de literatura y selección de estudios	53
VII.2. Tipo de estudios y características de las intervenciones	53
VII.3. Efecto de las intervenciones.....	54
VIII. Conclusión	57
IX. Referencias bibliográficas	58

Índice de figuras

Figura 1.....	12
Figura 2.....	13
Figura 3.....	14
Figura 4.....	15
Figura 5.....	16
Figura 6.....	17
Figura 7.....	18
Figura 8.....	18
Figura 9.....	19
Figura 10.....	20
Figura 11.....	28
Figura 12.....	35
Figura 13.....	37
Figura 14.....	41
Figura 15.....	41
Figura 16.....	42
Figura 17.....	42
Figura 18.....	43
Figura 19.....	43
Figura 20.....	44
Figura 21.....	44
Figura 22.....	45
Figura 23.....	45

I. Introducción

La natación se puede definir como “aquella habilidad que permite a la persona desplazarse en el agua, gracias a la acción propulsora realizada por los movimientos rítmicos, repetitivos y coordinados de los miembros superiores, los inferiores y el tronco, que permite mantenerse en la superficie y vencer la resistencia que ofrece el agua para desplazarse en ella”¹. La natación como deporte y como actividad física, aprovechada y estudiada desde la antigüedad, tanto para la supervivencia como también para proporcionar habilidades que faciliten el desplazamiento en el agua, ha desarrollado diversas técnicas de nado. Entre estas se encuentran: crol, espalda, pecho y mariposa.

Para llevar a cabo la enseñanza de los diversos estilos, es necesaria una adecuada planificación del entrenamiento deportivo. Es importante entender que el volumen de entrenamiento es uno de los componentes más influyentes para el logro de resultados técnicos, tácticos y, especialmente, físicos. El rendimiento de un deportista, mejora como resultado del aumento del número de sesiones de entrenamiento y del aumento de la cantidad de trabajo llevado a cabo en cada sesión. Sin embargo, un aumento demasiado grande en el volumen de una sesión de entrenamiento, como así también errores técnicos, pueden conducir a una fatiga excesiva, ineficiente trabajo muscular o una mayor probabilidad de lesiones músculo-esqueléticas, tales como el síndrome de pinzamiento subacromial (en adelante, SIS).

Dicho síndrome fue definido por Neer en 1972, como un conjunto de patologías que producen dolor al realizar la abducción del hombro, y cuyas causas pueden ser estructurales o funcionales. Posteriormente, se redefinió como la irritación mecánica del manguito rotador y la bursa, al ser comprimidas en el espacio subacromial. Clínicamente, se caracteriza por la abducción dolorosa del hombro, la disminución de la movilidad activa y la reducción de la fuerza muscular; dichos síntomas pueden estar o no asociados a desgarros del complejo tendinoso². Para contrarrestar eso, las acciones preventivas se pueden enfocar en: trabajar la postura, elongar la musculatura anterior del hombro, lograr una adecuada estabilidad escapular, fortalecer los músculos del manguito rotador, vislumbrar errores en la planificación del entrenamiento, como también errores técnicos de los estilos.

Según la Organización Mundial de la Salud (en adelante, OMS) la “Prevención” se define como aquellas intervenciones específicas, poblacionales e individuales

destinadas a minimizar la carga de enfermedad y los factores de riesgo asociados³. Este organismo establece tres niveles de prevención: primaria, secundaria y terciaria. La prevención primaria se refiere a las acciones destinadas a evitar la manifestación de una enfermedad; la prevención secundaria se ocupa de la detección temprana para aumentar las posibilidades de resultados positivos para la salud; y la prevención terciaria es el conjunto de medidas cuyo objetivo es evitar mayores daños o consecuencias en aquellos casos en los que el problema ya está diagnosticado.

A su vez, la OMS define a la rehabilitación como “un conjunto de intervenciones encaminadas a optimizar el funcionamiento y reducir la discapacidad en personas con afecciones de salud en la interacción con su entorno”⁴. La rehabilitación ayuda a los individuos a ser tan independientes como sea posible, y así poder participar en diversas actividades. Dentro del equipo de Rehabilitación, la Kinesiología es una disciplina fundamental, ya que interviene en los tres niveles de prevención. Esta rama de la medicina, es definida por la Confederación Mundial de Terapia Física (en adelante, WCPT) como un servicio que prestan los/as fisioterapeutas a las personas y las poblaciones para desarrollar, mantener y restablecer el máximo movimiento y la capacidad funcional a lo largo de la vida”⁵. A su vez, la Kinesiología se divide en tres ramas: la Kinefilaxia, la Kinesioterapia y la Fisioterapia.

Esta Tesina se centrará en la Kinefilaxia, que es el cuidado y el mejoramiento de la persona por medio del movimiento. Se abordará la prevención desde el control motor, que según Anne Shumway-Cook y Marjorie H. Woollacott, se define como “la habilidad de regular o de dirigir la mecánica del movimiento”⁶.

A partir de lo enunciado precedentemente, la pregunta de investigación que guía el trabajo es la siguiente: ¿cuál es la efectividad de los ejercicios de control motor, como estrategia de prevención para el síndrome de pinzamiento subacromial en los nadadores?

II. Objetivos

II. 1. Objetivo general

Determinar la efectividad de los ejercicios de control motor, como estrategia de prevención del síndrome de pinzamiento subacromial en los/as nadadores/as.

II. 2. Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar las limitaciones provocadas por el síndrome del hombro del nadador, en la biomecánica del complejo osteoartromuscular.
- Distinguir los tipos de ejercicios que se llevan a cabo para prevenir el síndrome de pinzamiento subacromial.
- Describir las intervenciones beneficiosas que realizan los/as kinesiólogos/as para prevenir el síndrome de pinzamiento subacromial, a través de ejercicios de control motor en nadadores/as.

III. Justificación

La natación es una actividad deportiva en la cual el agua es el factor externo más relevante. Dado que se trata de un fluido 800 veces más denso que el aire, obliga al nadador a perfeccionar las técnicas para mejorar la hidrodinámica de su cuerpo, con el fin de contrarrestar la resistencia de dicho factor.

Por otra parte, existen factores internos modificables a los que se enfrenta el/la atleta, entre los cuales pueden mencionarse: los problemas de postura, la diskinesia escapular, el déficit de fuerza de los músculos del manguito de los rotadores, el uso excesivo de los hombros y los errores técnicos de entrenamiento⁷.

Sin embargo, aún cuando el/la deportista aplique a la perfección las técnicas de nado, no se encuentra exento de sufrir lesiones en alguna parte del cuerpo, a saber: las rodillas, la columna y los hombros. Según las estadísticas, entre el 16 y el 76% de las alteraciones en este deporte aparecen en los hombros⁸, aunque otros autores sostienen que estos números son aún mayores^{7,9}. El síndrome de pinzamiento subacromial es la patología típica que se observa en esta disciplina. Existen diversas formas de tratar esta patología, que pueden ir desde el cese de las actividades hasta la cirugía de hombro. Hay que tener en cuenta los costos económicos, tanto para el sistema de salud como para el/la paciente, derivados en: las cirugías, la internación, la rehabilitación, los

tratamientos farmacológicos y los estudios complementarios. A fin de minimizar los costos del sistema de salud, toma relevancia la prevención primaria.

En el ámbito deportivo, la forma de prevención es ejercitar los músculos específicos. Sin embargo, esto está limitado por varias causas: el rango de movilidad del individuo, las sinergias musculares y las compensaciones musculares. Frente a esta problemática, dentro de la Kinesiología, existe el control motor que cumple la función de regular el movimiento con el fin de que la persona sea consciente del mismo; busca mantener habilidades existentes, readquirir habilidades perdidas o aprender nuevas destrezas, y no solamente realizar movimientos aislados, en los cuales no se tienen en cuenta todos los componentes que regulan el control motor.

Por los motivos enunciados precedentemente, resulta interesante indagar y destacar el papel del control motor como estrategia preventiva, como también las intervenciones oportunas dadas por los/as kinesiólogos/as en la población mencionada.

IV. Marco teórico

IV.1. Natación

En términos etimológicos, la palabra natación se originó del latín natatio o natationis, lo cual significa en esencia “el acto de nadar”¹⁰. La disciplina en cuestión no sólo se considera un deporte, sino también una actividad recreativa, cuyo fin es la propulsión del cuerpo a través del agua, gracias a una posición hidrodinámica adecuada, favorecida por la sincronización de los movimientos del tronco, los brazos y las piernas, junto con la respiración y la flotación. Estos elementos constituyen la base para el aprendizaje de las técnicas de nado actuales: crol, espalda, pecho y mariposa¹¹.

En el ámbito de la actividad deportiva se conciben cinco finalidades: adaptativa, recreativa, competitiva, kinefiláctica y terapéutica. La adaptación consiste en que la persona sobreviva al entorno, lo que es esencial principalmente en regiones costeras del mundo, específicamente en los pueblos marítimos del Pacífico, en los cuales es imperativo que los/as niños/as aprendan a nadar ni bien comiencen a caminar, dado que se trata de áreas donde los recursos marinos son fundamentales para la supervivencia¹². Otra finalidad es acercar la persona al medio acuático para poder adquirir los dominios básicos de la natación desde una perspectiva educativa y didáctica, de forma tal que

resulte útil, divertido y placentero practicarlo tanto a los/as niños/as como a los/as adultos/as.

Esto posibilita conocer un medio cercano como es el agua e incluso puede llegar al punto que el individuo se vea motivado a participar en competencias, para lo cual deberá seguir un entrenamiento estricto y perfeccionar hasta el más mínimo detalle las técnicas requeridas para una mayor eficiencia y eficacia. De este modo, podrá demostrar sus habilidades en competencias y romper marcas personales o récords mundiales.

Finalmente, se encuentra el ámbito que engloba a la kinefilaxia y a la terapéutica, ya que está comprobado que éstas previenen y controlan patologías cardiovasculares, neurológicas, reumatológicas y psicológicas, y utilizan el medio acuático como un recurso para contrarrestarlas¹³⁻¹⁹.

IV.1.a. Historia de la natación

Desde adorada como un arte hasta blasfemada en la Edad Oscura del viejo continente, la natación siempre estuvo y estará junto a las personas¹². Es una disciplina que no conoce fronteras. Además, es un deporte que trasciende la edad, ya que desde el más pequeño de los/as niños/as hasta el/la adulto/a más longevo pueden practicarlo y, a su vez, cobra mucha importancia al momento de salvar vidas.

A pesar de que la natación no fuese valorada en Europa durante la Edad Media, su legado sería restablecido en el Renacimiento y consolidado en el siglo XIX, gracias a: las grandes travesías, la natación militar y la aparición de los primeros clubes, piscinas y competiciones. Las grandes travesías otorgaron la repercusión mediática necesaria para reivindicar al deporte, como el caso del capitán Matthew Webb que cruzó el canal de la Mancha el 25 de agosto de 1875 o Gertrude Ederle al hacerlo en 1926. La incorporación de la natación en el ámbito militar volvió a ser crucial para los soldados. En consecuencia, se formaron las primeras organizaciones rectoras de natación en 1837, aunque la primera escuela fue fundada en 1827, en la ciudad de Boston, Massachusetts, Estados Unidos (en adelante, EE. UU.). Décadas más tarde, en 1869, se creó la Metropolitan Swimming Clubs Association, que luego se renombró como la Amateurs Swimming Association (en adelante, ASA)²⁰. Tal fue su popularidad mundial que se incluyó en los primeros Juegos Olímpicos (en adelante, JJ.OO.) modernos celebrados en Atenas en 1896^{20, 21}. En éstos, los/as nadadores/as podían optar por cualquiera de los estilos al momento de competir, entre los cuales se destaca el estilo Trudgen (precursor del crol), espalda y pecho, entre otros. Pero el estilo Trudgen era el más utilizado, ya que era el más veloz y, por ende, el que generaba mayores triunfos.

En los JJ.OO. de 1900, se creó una categoría separada para la prueba de espalda. Al igual que crol, esta técnica es denominada un estilo asimétrico, en la cual los brazos y las piernas se mueven de forma alternada; además, por su posición en decúbito dorsal, tiene la desventaja de poseer muy poca orientación espacial, por lo tanto, la vista se fija en diversos puntos de referencia para mantener una dirección de nado efectiva. Esta técnica está catalogada como la más rápida luego de la de crol y la de mariposa^{20, 21}.

Con respecto al estilo pecho, también se convirtió en una categoría en sí misma en los JJ.OO. de 1904. Este estilo junto con el estilo mariposa son considerados simétricos, debido a que los movimientos de ambos brazos se llevan a cabo en simultáneo, al igual que el batido de las piernas. Es imprescindible que esta técnica mantenga una posición en decúbito ventral, en la cual la cabeza se encuentra fuera del agua la mayoría del tiempo; por este motivo es el estilo con mayor orientación espacial. Por lo mencionado anteriormente, tiene la particularidad de ser sencillo de aprender para un/a principiante, aunque para alcanzar un buen rendimiento y llegar a ser capaz de nadar rápido, se necesita llegar a altos niveles técnicos, lo cual no es tarea sencilla de alcanzar, incluso para nadadores/as experimentados/as²⁰.

Finalmente, está el estilo mariposa, que se originó como una variante del estilo pecho en la década del '30. Su ejecución consiste en el movimiento de los miembros superiores de forma simultánea, en el cual se dibujan unas alas de mariposa y, a su vez, agitan los miembros inferiores juntos y de manera sincrónica similar al aleteo de un delfín. Como ya se ha mencionado, nació como una variante de la de pecho, la cual tuvo repercusiones tales que en los Juegos Olímpicos de 1956 se creó su propia categoría y reglamentación. Esto fue a causa de que es una forma de nado rápida y de consumo energético exagerado²⁰.

IV.2. Estilo crol

Para llevar a cabo un análisis técnico del mismo, es necesario dividir dicho estilo en: la posición del cuerpo, la acción de las piernas, la acción de los brazos, la coordinación y la respiración²².

IV.2.a. Posición del cuerpo

Una adecuada posición del cuerpo evitará aumentar la resistencia frontal al avance. Ésta debe ser analizada desde los siguientes aspectos: la posición de la cabeza, la posición horizontal del cuerpo y la rotación sobre el eje longitudinal del mismo.

Con respecto a la posición de la cabeza, ésta se encuentra ligeramente levantada de manera que el nivel del agua llegue hasta la parte superior de la frente. Es importante destacar que la posición de la cabeza se va a modificar en función de la velocidad de desplazamiento.

La adecuada posición horizontal del cuerpo dependerá, principalmente, de la flexibilidad del tobillo, ya que al tener una buena movilidad de esta articulación se va a lograr un batido más eficiente de las piernas, por ende, va a favorecer la posición más horizontal posible del cuerpo. Esto se vislumbra al observar algunos aspectos, a saber: parte de la espalda fuera del agua, la cintura y las caderas justo por debajo de la superficie del agua, y las extremidades inferiores lo más próximas posible al nivel del agua (Figura 1).

La rotación del tronco sobre su eje longitudinal junto con la acción de los brazos es fundamental para disminuir la resistencia del agua, al aumentar la parte de los hombros que se encuentra por debajo de su superficie. Esta acción incrementa el desplazamiento total de las manos bajo el agua; de esta forma será más eficiente y con mayor aceleración de las manos en la última parte de la acción.

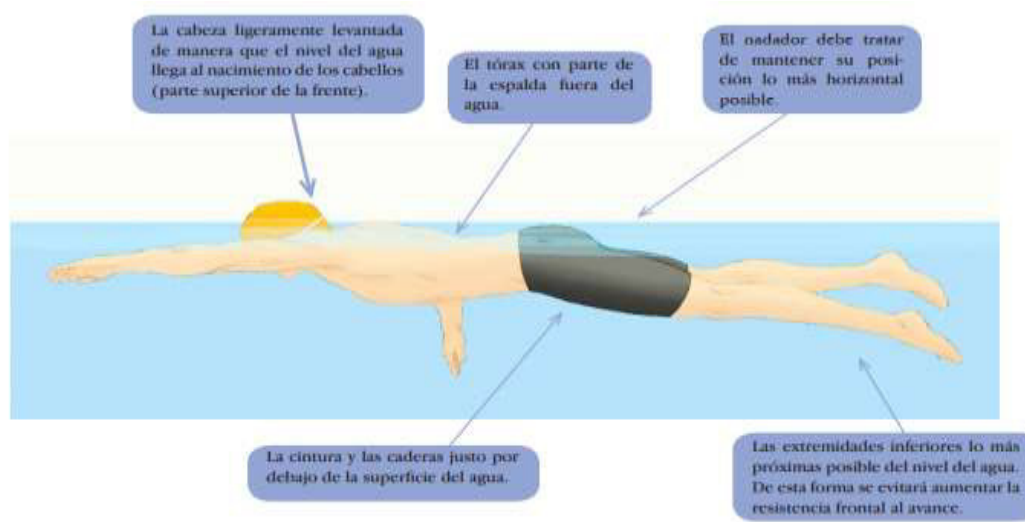


Figura 1: posición ideal del cuerpo. Extraído del libro *Técnicas de natación 1ra edición. Bloque de contenidos 2: crol*; 2022²².

IV.2.b. Acción de las piernas

El movimiento efectuado por las extremidades inferiores, cuando se nada en estilo crol, se denomina batido. Los movimientos principales son tanto hacia arriba como hacia abajo; por lo tanto, existen dos fases: descendente y ascendente (Figura 2). Las fases mencionadas ocurren simultáneamente en las dos extremidades inferiores, cuando una

baja, la otra sube y viceversa. Es importante recalcar que en esta acción intervienen las tres articulaciones del miembro inferior: la cadera, la rodilla y el tobillo.

En la fase descendente, el movimiento se inicia con un descenso del muslo gracias a la flexión de la cadera, al tiempo que se produce una semiflexión de la rodilla y una flexión plantar del tobillo durante todo el recorrido. Al final de esta fase, la rodilla alcanza una máxima extensión, mientras que el tobillo se encuentra cerca de la superficie del agua. En este momento comienza la fase ascendente mediante la extensión tanto de la cadera como de la rodilla hasta que el talón sobrepase la superficie del agua. Es condición que la articulación del tobillo no se encuentre rígida, de modo que permita a los pies producir el efecto de “aleta”.



Figura 2: realización simultánea de los movimientos ascendentes y descendentes. Extraído del libro *Técnicas de natación 1ra edición. Bloque de contenidos 2: crol; 2022*²².

IV.2.c. Coordinación y respiración

Es esencial que los movimientos alternados de los brazos y de las piernas estén coordinados con la rotación del cuerpo, lo que permite un nado continuo, una mejor acción propulsiva, una mejor respiración, como también una postura corporal más hidrodinámica durante cada ciclo de tracción. Cuando estas condiciones no están presentes, aumenta la resistencia del medio acuático en el que se realiza el gesto.

La coordinación de los movimientos de los brazos entre sí, sincronizada con la rotación longitudinal del tronco (llamado rolido) posibilita la citada eficiencia. Un brazo debe entrar en el agua en el momento en que el otro se encuentra en la mitad de su trayectoria subacuática.

En lo que respecta a la acción respiratoria, se coordina de la siguiente manera:

- La cabeza comienza el giro para sacar la boca del agua instantes después de que el brazo contrario al de la respiración entra en el agua.
- La inspiración se produce en los primeros instantes del recobro, tras haber salido el codo del mismo lado fuera del agua.
- La inspiración se realiza de forma continuada durante la tracción.
- La cabeza vuelve a girar para colocarse hacia delante antes de que el brazo de recobro entre otra vez en el agua (Figura 3).

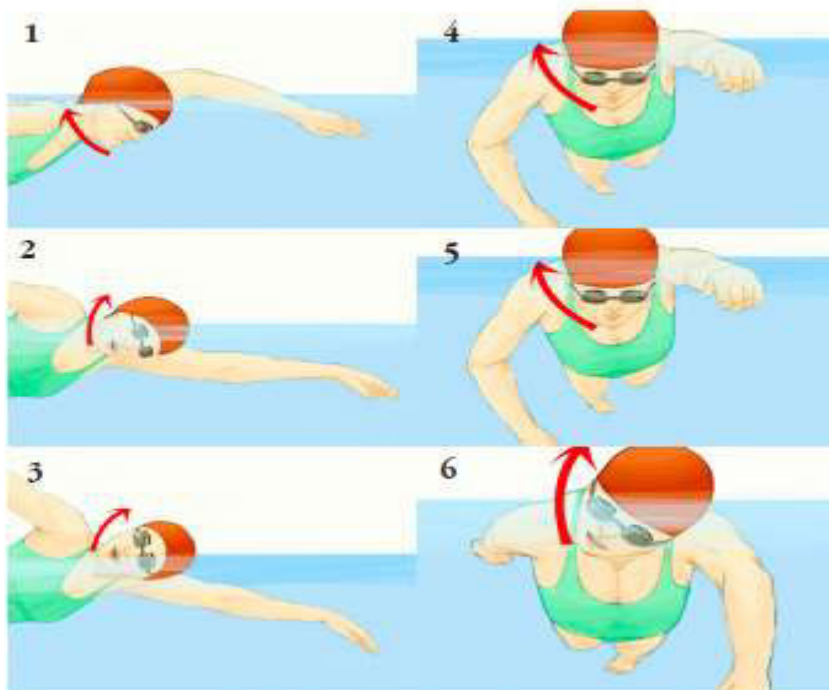


Figura 3: coordinación de la respiración con la brazada. Extraído del libro Técnicas de natación 1ra edición. Bloque de contenidos 2: crol; 2022²².

IV.2.d. Acción de los brazos

Para su estudio es dividida en dos fases/momentos: la fase subacuática (entrada, agarre, tirón y empuje) y la fase aérea (Figura 4). En la primera fase, el/la nadador/a mueve el brazo hacia atrás por debajo del nivel del agua para aplicar fuerza propulsiva y avanzar hacia delante.

En la segunda fase, la persona mueve el brazo por fuera del agua hacia delante para minimizar el esfuerzo realizado para colocarlo otra vez en posición adecuada para iniciar la fase subacuática. Esta fase se denomina recobro.

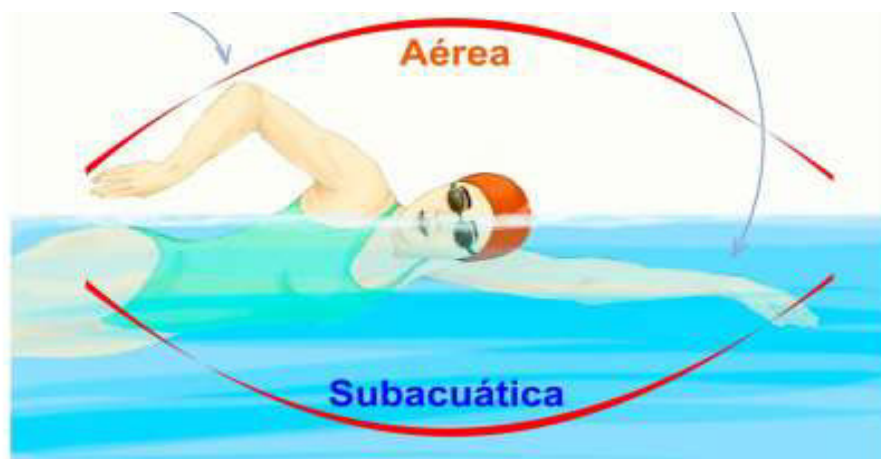


Figura 4: representación de la fase aérea y de la fase subacuática de la acción de los brazos. Extraído del libro *Técnicas de natación 1ra edición. Bloque de contenidos 2: crol; 2022*²².

IV.2.d.1. Fase subacuática

Entrada: la entrada del brazo en el agua se produce delante del hombro del/de la nadador/a, con el codo ligeramente flexionado y la palma de la mano dirigida hacia fuera y abajo. La inclinación del plano de la mano en relación con la superficie del agua es aproximadamente de 45° en el momento de contacto con dicha superficie (Figura 5).

El grado de flexión del codo será tal que la extremidad distal de los dedos toque el agua a una distancia que corresponde aproximadamente a la longitud del brazo medido hasta la muñeca. Esta posición, denominada “codo alto”, se consigue gracias a la rotación interna del húmero, al estar el brazo en una posición alineada con el tronco y el codo en posición más alta que la mano.

La secuencia con la cual ingresa el miembro superior al agua es la siguiente: la mano, la muñeca, el antebrazo y el codo. De esta manera, se garantiza la reducción de la turbulencia que pudiera surgir en el área de la mano, de no ser en este orden, disminuiría la eficacia propulsiva en las fases siguientes, y aumentaría la resistencia.

El brazo debe dirigirse hacia delante hasta que alcance la máxima distancia recorrida. Cualquier punto en que la mano se encuentre entre la mitad del hombro y de la cabeza podrá considerarse adecuado.

Una vez que se inicia la entrada, el brazo se extiende hacia adelante justo por debajo de la superficie del agua, a la profundidad suficiente para producir la menor turbulencia posible. Durante este movimiento, la palma de la mano se encuentra dirigida hacia el

fondo y prácticamente horizontal. Esto genera una cierta sustentación que es utilizada por el/la nadador/a para mantenerse cerca de la superficie del agua.

La fase finaliza con el hombro y el codo a la misma profundidad, y la mano ligeramente más hundida. La profundidad máxima no debe ser superior a la de la parte más profunda del tronco, porque si no aumentaría la resistencia frontal del/de la nadador/a al no ser una fase propulsiva. La mano debería estar entre unos 20 a 30 cm de profundidad, y es similar a la del pie contrario que se encuentra en la fase descendente del batido. Esto garantiza la coordinación cruzada entre los brazos y las piernas, similar a la que ocurre al lanzar un balón, lo que mantiene el equilibrio en las fuerzas internas del/de la nadador/a y permite que la dirección de desplazamiento sea en un plano horizontal.



Figura 5: inclinación del plano de la mano con respecto al agua. Extraído del libro técnicas de natación 1ra edición. Bloque de contenidos 2: crol; 2022²².

Agarre: esta fase comienza justo al finalizar la propulsión del brazo contrario. El brazo colocado delante se mueve hacia abajo a la vez que se realiza una gradual flexión de la muñeca y, en menor grado, del codo. Simultáneamente, se realiza la rotación interna del húmero, lo que permite que la mano descienda con más velocidad que el codo, para así adoptar una posición de «codo alto» (Figura 6).

Dicha posición hace que tanto la superficie de la palma de la mano como la del antebrazo se dirijan hacia atrás, lo que hace que el agua fluya por delante y por detrás de éstas, con lo que es posible generar sustentación. Aunque los valores de la fuerza propulsiva eficaz sean todavía pequeños y breves, esta acción es de vital importancia y definitoria para la eficiencia de toda la fase acuática propulsiva.

La mano realiza una ligera pronación por efecto de la rotación interna del húmero, mientras que se mueve hacia abajo y ligeramente hacia fuera, lo que provoca que el hombro se desplace en forma de un arco por efecto de la rotación que realiza el tronco.

Esta fase es preparatoria para la que prosigue, en la que la fuerza aplicada será mayor. El no adoptar una posición adecuada del codo en relación con la mano provocará una mala propulsión en la fase de tracción.

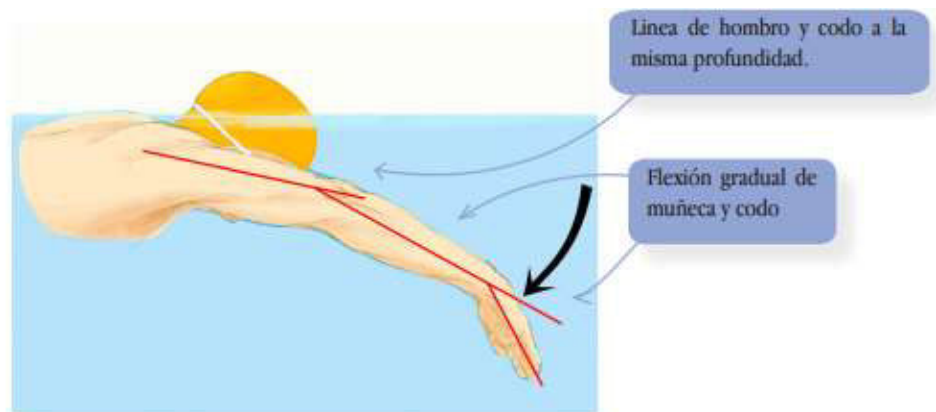


Figura 6: el comienzo del agarre coincide con el final de la propulsión del brazo contrario. Extraído del libro técnicas de natación 1ra edición. Bloque de contenidos 2: crol; 2022²².

Tirón: es la fase en la cual el/la nadador/a comienza a aplicar una notable fuerza propulsiva. La mano dibuja una trayectoria semicircular, la cual inicia en el final de la fase anterior en la que el brazo se encontraba delante de su hombro. A continuación, se realiza un movimiento diagonal hacia adentro, de manera que el brazo se ubica debajo de la línea media del cuerpo. La mano que se encontraba con la palma ligeramente orientada hacia afuera (en pronación) realiza inicialmente una supinación que hace que su palma se oriente ahora hacia adentro y hacia atrás. Este movimiento de la extremidad superior permite que la mano se desplace ligeramente hacia atrás. En este punto, la contracción muscular produce un desplazamiento del tronco hacia adelante (Figura 7).



Figura 7: el codo en esta fase se flexiona progresivamente para alcanzar un ángulo entre 90° y 120°. Extraído del libro técnicas de natación 1ra edición. Bloque de contenidos 2: crol; 2022²².

Empuje: es un movimiento hacia arriba que corresponde a la última fase propulsiva del estilo crol. En este momento, la mano se dirige hacia afuera, atrás y ligeramente hacia arriba, para que luego predomine este último. La mano comienza esta fase debajo del abdomen a una cierta profundidad y se dirige hacia la zona lateral de la cadera, primero lateralmente y luego con gran predominio del movimiento hacia arriba. Adicionalmente, el codo se extiende, pero sin llegar a la completa extensión (tal como se cree popularmente) ya que, de hacerlo, supondría que la dirección de la mano cambiará y disminuirá su capacidad propulsiva (Figura 8).



Figura 8: extensión incompleta del brazo en la finalización de la fase de empuje. Extraído del libro técnicas de natación 1ra edición. Bloque de contenidos 2: crol; 2022²².

IV.2.d.2. Fase aérea

Recobro: el recobro propiamente dicho, comienza antes de que la mano salga del agua, justo en el momento en que el hombro y el codo emergen. En este momento, la mano se relaja (deja de experimentar presión en la palma) con el fin de brindar la menor resistencia posible.

A medida que el codo sale del agua, comienza a flexionarse y elevarse. Es importante tener en cuenta que el hombro, debido a la rotación del tronco, ya salió del agua al final de la fase anterior, lo que facilita el recobro, ya que durante toda esta fase el hombro permanecerá fuera del agua. Posteriormente, el brazo se traslada hacia delante con el fin de dibujar un arco en el plano próximo al sagital. El antebrazo se desplaza de forma relajada hacia delante con un movimiento pendular, en el cual el centro de giro es el codo y la mano se ubica en el extremo inferior del mismo (Figura 9).

Como resultado, en la primera mitad del recobro el brazo se mueve por delante del antebrazo, en la mitad del recobro el brazo y el antebrazo se mueven casi paralelamente, y en la fase final el antebrazo se adelanta al brazo, para dar inicio a la entrada en el agua. Para esto, el codo permanece por encima del antebrazo y de la mano, esta última realiza una ligera pronación. Se debe tener en cuenta que el recobro es una fase preparatoria y no una propulsiva, por lo que la actividad muscular y la energía utilizada para su realización son mínimas. Adicionalmente, el brazo del lado por el que se respira recobra más alto que el del brazo contrario.

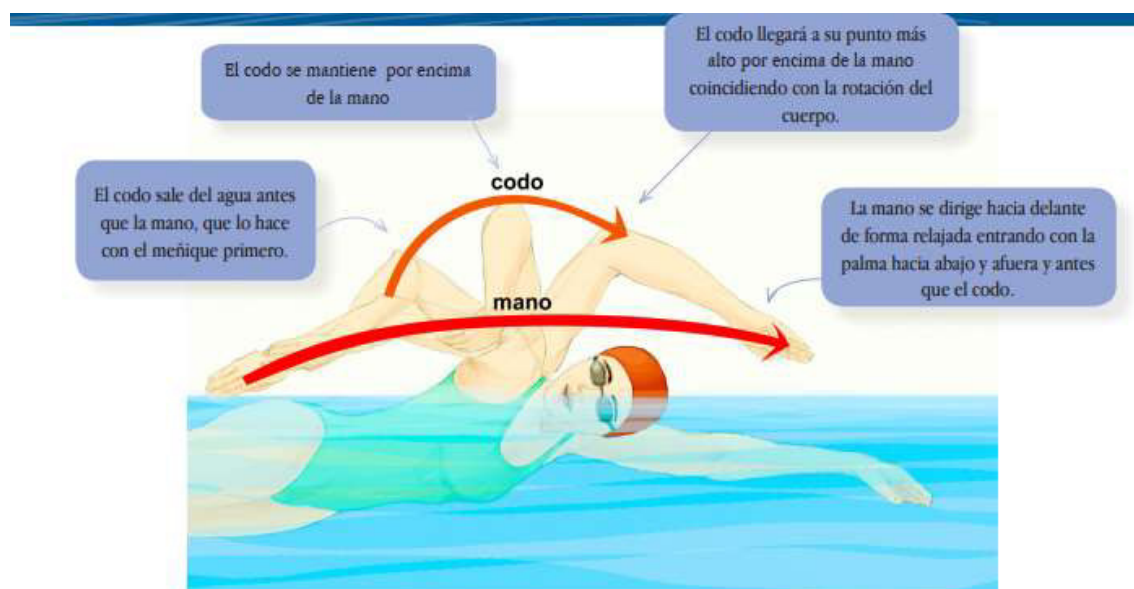


Figura 9: movimiento del brazo en su fase aérea. Extraído del libro técnicas de natación 1ra edición. Bloque de contenidos 2: crol; 2022²².

IV.3. El hombro

El hombro, o también denominado cingulo del hombro, es la unidad biomecánica más móvil de todas las que se encuentran en el cuerpo humano, capaz de ubicar en cualquier

punto del espacio al miembro superior (Figura 10). Esto se debe a la gran variedad de movimientos que tiene en los tres ejes principales: anteroposterior (abducción y aducción), transversal (flexión y extensión) y vertical (rotación interna y externa)²³. Adicionalmente, dichas rotaciones se presentan de dos maneras: adjunta o conjunta. La rotación voluntaria o adjunta, utiliza el tercer grado de libertad, por ende, no es factible más que en articulaciones de tres ejes, denominadas enartrosis; mientras que la rotación automática o conjunta, aparece sin ninguna acción voluntaria en las articulaciones de dos ejes o también en articulaciones de tres ejes cuando se utilizan como articulaciones de dos ejes²³.

Finalmente, si se combinan todos los movimientos en torno a los tres ejes, se forma otro movimiento llamado circunducción. Por esta complejidad es que el hombro se compone de seis articulaciones^{23, 24}:



Figura 10: vista posterior de las estructuras óseas del hombro. Extraído del libro *Anatomía con orientación clínica. 8a ed. Capítulo 3; 2018*²⁴.

Articulación	Tipo	Género	Superficies articulares	Medios de unión	Movimientos
Esterno-costoclavicular	Diartrosis	Encaje recíproco	La articulación se forma a partir de la unión de la escotadura clavicular del manubrio esternal y el 1º cartílago costal con el extremo medial de la clavícula. A su vez, cuenta con un disco fibrocartilaginoso dentro de la misma.	La cápsula que contornea las superficies. Y los ligamentos: condrocostoclavicular, interclavicular y esternoclavicular anterior y posterior.	Ascenso, descenso, antepulsión, retropulsión, rotación anterior y rotación posterior.

Acromio-clavicular	Diartrosis	Artrodia	La articulación está dada por la unión del extremo lateral de la clavícula con el borde medial del acromion.	La cápsula que refuerza los ligamentos acromioclaviculares (trapezoide y conoide), ligamento coracoacromial, y ligamento transverso superior e inferior de la escápula.	Deslizamiento en los tres planos: ascenso, descenso, antepulsión, retropulsión, rotación anterior y rotación posterior.
Glenohumeral	Diartrosis	Enartrosis	Las superficies de unión son la cavidad glenoidea junto al labrum glenoideo y la cabeza humeral.	La cápsula que recubre los contornos articulares y los ligamentos coracohumeral y glenohumerales superior, medio e inferior.	Flexión, extensión, abducción, aducción, rotación interna y externa.
Escapulo-torácica	Sisarcosis		Cara anterior del borde medial de la escápula a la cara lateral e inferior de las costillas (de la 2° a la 9°).	Músculo serrato mayor.	Ascenso, descenso, abducción, aducción, báscula interna y externa y rotación interna, externa, anterior y posterior.
Subdeltoidea	Falsa		Es un plano de deslizamiento entre la cara interna del músculo deltoides y el manguito de los rotadores.		Deslizamientos
Coraco-acromial	Anfiartrosis	Sindesmosis	El borde lateral de la apófisis coracoides junto al extremo anterior del acromion.	Ligamento coracoacromial.	

De este complejo articular, se destaca la articulación glenohumeral (en adelante, GH) que es la más móvil e inestable de todas, por lo que posee coaptadores activos anteriores y posteriores. En el primer grupo se encuentran los músculos como el subescapular, el supraespinoso y la porción larga del bíceps como los estabilizadores transversales; mientras que el deltoides, el subescapular y el pectoral mayor estabilizan el hombro longitudinalmente. En el segundo grupo se encuentran los músculos supraespinoso, infraespinoso y redondo menor como coaptadores transversales, y el deltoides y la porción larga del tríceps como los longitudinales²³.

Por otro lado, los músculos necesarios para cada movimiento son: en primer lugar, el supraespinoso, el deltoides, el trapecio, el serrato anterior y los paravertebrales, que cumplen la función de abductores. En segundo lugar, los músculos aductores son el redondo mayor, los romboides, el dorsal ancho y el pectoral mayor. En tercer lugar, los músculos flexores son el deltoides, el coracobraquial, el pectoral mayor, el trapecio, el

serrato anterior, el supraespinoso y los músculos espinales. En el cuarto lugar, se encuentran los músculos extensores que son los redondos, el deltoides, el dorsal ancho, los romboides y el trapecio. En quinto lugar, los rotadores externos son el infraespinoso y el redondo menor; y, por último, se encuentran los músculos rotadores internos que son el dorsal ancho, el redondo mayor, el subescapular y el pectoral mayor²³.

IV.4. Análisis cinemático de la articulación GH en la brazada de crol

Durante la brazada de crol, se llevan a cabo una serie de acciones con el fin de lograr la suficiente fuerza como para desplazarse en el agua de manera eficiente; estos movimientos son la entrada, el agarre, el tirón, el empuje y el recobro, todos menos el último pertenecen a la fase subacuática de la brazada.

IV.4.a. Articulación glenohumeral

IV.4.a.1. Fase subacuática

Osteología

Tipo de movimiento: extensión relativa, aducción y rotación interna.

Movimiento osteocinemático: se genera un balanceo y giro.

Descripción del movimiento: el húmero se dirige hacia atrás mientras gira y se aproxima a la línea media del cuerpo de forma progresiva.

Primer stop:

flexores: el coracobraquial, la porción larga del bíceps braquial y la porción clavicular (I y II) del deltoides.

abductores: la porción clavicular (I y II) y acromial del deltoides (III) y el supraespinoso.

rotadores externos: el infraespinoso y el redondo menor.

Segundo stop:

cápsula: la región posterosuperior.

ligamentos: el ligamento coracohumeral (haz troquiniano) y el ligamento glenohumeral inferior (región anterior).

Artrología

La fase subacuática se lleva a cabo en cadena cinemática abierta (en adelante, CCA). La fase inicia con la articulación GH en flexión, abducción y rotación interna (entrada de la mano) desde aquí se realiza extensión relativa, aducción y rotación interna (fase del

empuje). En otras palabras, la cabeza del húmero rueda hacia atrás, abajo y adentro en la glena, mientras se desliza hacia adelante, arriba y afuera.

IV.4.a.2. Fase aérea

Osteología

Tipo de movimiento: flexión, abducción y rotación interna.

Movimiento osteocinemático: se genera balanceo y giro.

Descripción del movimiento: el húmero se dirige hacia delante, afuera y luego hacia adentro.

Primer stop:

extensores: la porción larga del tríceps, el redondo menor y la porción espinal del deltoides (IV, V, VI, VII).

aductores: el dorsal ancho y las fibras inferiores del pectoral mayor.

rotadores externos: el infraespinoso y el redondo menor.

Segundo stop:

cápsula: la región posterior e inferior.

ligamentos: el ligamento glenohumeral medio (parcialmente), el ligamento glenohumeral inferior (región posterior) y el ligamento coracohumeral (haz troquiteriano).

tope óseo: se genera un choque óseo entre el acromion y el troquíter.

Artrología

La fase aérea, al igual que la subacuática, se realiza en CCA e inicia con la articulación GH en extensión, abducción y rotación interna (salida de la mano) y finaliza con flexión, abducción y rotación interna (entrada de la mano); por lo tanto, la cabeza del húmero rueda hacia adelante, arriba y adentro mientras que se desliza hacia atrás, abajo y afuera.

IV.4.b. Articulación acromioclavicular

IV.4.b.1. Fase subacuática

Osteología

Tipo de movimiento: retropulsión, descenso y rotación posterior.

Movimiento osteocinemático: giros.

Descripción del movimiento: el extremo externo de la clavícula desciende y va hacia atrás, mientras que el extremo interno va hacia arriba y adelante. A su vez, se genera un giro posterior de la clavícula.

Primer stop:

antepulsión: el pectoral mayor, el coracobraquial, el subescapular y el serrato anterior.

ascenso: las fibras descendentes del trapecio y el elevador de la escápula.

Segundo stop: durante la ejecución de la fase se genera un giro de la clavícula que tensa a la cápsula de las articulaciones esternocostoclavicular y acromioclavicular y, a su vez, se tensan los ligamentos coracoclaviculares, acromioclaviculares y esternoclaviculares. Junto con el tope óseo por la retropulsión.

Artrología

Se genera deslizamiento hacia atrás y hacia abajo del extremo lateral de la clavícula sobre el acromion; además, rota posteriormente sobre el eje transversal.

IV.4.b.2. Fase aérea

Osteología

Tipo de movimiento: antepulsión, ascenso y rotación anterior.

Movimiento osteocinemático: giros.

Descripción del movimiento: el extremo externo de la clavícula va hacia arriba y adelante, mientras que el extremo interno va hacia atrás y abajo. A su vez, se genera un giro anterior de la clavícula.

Primer stop:

descenso: el músculo subclavio.

retropulsión: la porción media del trapecio y los romboides.

Segundo stop: durante la ejecución de la fase se genera un giro de la clavícula que tensa a la cápsula de las articulaciones esternocostoclavicular y acromioclavicular y, a su vez, se tensan los ligamentos coracoclaviculares, acromioclaviculares y esternoclaviculares.

Artrología

Se genera deslizamiento hacia adelante y arriba del extremo lateral de la clavícula sobre el acromion; además de rotar anteriormente sobre el eje transversal.

IV.4.c. Articulación escapulotorácica

IV.4.c.1. Fase subacuática

Osteología

Tipo de movimiento: aducción, descenso, rotación externa y báscula interna.

Movimiento osteocinemático: traslaciones y giros.

Descripción del movimiento: los cuatro movimientos mencionados causan que el borde interno de la escápula se aproxime a la línea media corporal para así mantener el paralelismo con la columna vertebral.

Primer stop: las fibras descendentes del trapecio, el serrato anterior, el elevador de la escápula y el pectoral menor.

IV.4.c.2. Fase aérea

Osteología

Tipo de movimiento: abducción, ascenso, rotación interna y báscula externa.

Movimiento osteocinemático: traslaciones y giros.

Descripción del movimiento: los cuatro movimientos causan que la escápula se aleje de la línea media corporal y ascienda.

Primer stop: los romboides, el trapecio medio y el trapecio inferior, .

IV.5. Miología del complejo articular del hombro (articulaciones glenohumeral, escapulotorácica y acromioclavicular)

IV.5.a. Fase subacuática

Entrada: comienza con los movimientos de flexión, abducción y rotación interna. Los músculos que intervienen son los haces I, II, III, IV y V del músculo deltoides, el supraespinoso, el subescapular, el haz clavicular del pectoral mayor, el coracobraquial y la porción larga del bíceps braquial; por su parte, la articulación escapulotorácica toma mayor participación pasados los 90° de abducción de la articulación GH para así iniciar la abducción, la báscula externa, la rotación interna y la rotación anterior de la escápula, por lo que los músculos involucrados son el serrato mayor, el elevador de la escápula y las fibras descendentes del trapecio para los primeros tres movimientos, y para la rotación anterior se necesita del músculo pectoral menor. Con respecto a la articulación acromioclavicular, se genera el ascenso y la antepulsión del muñón del hombro gracias a los músculos como el trapecio superior (fibras descendentes) y el angular del omóplato²³.

Agarre: el/la nadador/a rota ligeramente el tronco con el fin de buscar más alcance hacia adelante, es decir, se produce un balanceo ipsilateral, debido a una abducción. Los músculos involucrados son el deltoides (haces II, III, IV, V), el supraespinoso, el subescapular, el redondo mayor, el serrato anterior y los espinales contralaterales. Ambas articulaciones, la escapulotorácica y la acromioclavicular incrementan su desplazamiento

con el propósito de alcanzar un mayor avance hacia delante, y así preparar al/a la nadador/a para la fase de tirón. Los músculos implicados son los mismos que los de la entrada.

Tirón: es la fase que requiere mayor esfuerzo en el gesto motor, correspondiente a un balanceo que aproxima el miembro superior al tronco, en el cual se produce una rotación interna, aducción y extensión relativa en la GH. Esta fase se realiza en cadena cinemática abierta resistida, en la cual los músculos aductores de mayor calibre de la GH toman protagonismo, es decir, el dorsal ancho, el pectoral mayor y el redondo mayor. Estos también cumplen la función de rotadores internos junto con el subescapular; y los músculos que permiten extender la GH son los redondos, el dorsal ancho, el vasto mayor del tríceps braquial y los haces IV, V, VI y VII del deltoides. En el caso de la articulación escapulotorácica, la escápula retorna a su posición anatómica de forma progresiva gracias a los músculos trapecio (el haz medial, luego se añaden los otros dos), los romboides y el pectoral menor; para el descenso de la articulación acromioclavicular se necesita del músculo subclavio.

En la etapa final de la fase propulsiva previa al recobro (empuje), es importante señalar que la GH se dirige a una posición neutra, con el propósito de que la salida de la mano inicie con el meñique, para generar menos turbulencia.

IV.5.b. Fase aérea

Recobro: es la fase que incluye tanto la máxima rotación humeral interna, la hiperextensión de la GH como también el balanceo del antebrazo hacia adelante en preparación para la entrada de la mano. Durante esta fase, la extensión de la GH está dada por los músculos como los redondos, el dorsal ancho, la porción larga del tríceps y los haces IV, V, VI y VII del deltoides. Además, los músculos intervinientes para la rotación interna son el subescapular, el dorsal ancho y el redondo mayor; y para la abducción se necesita la acción del músculo supraespinoso y los haces I, II y III del deltoides.

Durante el recobro, en la articulación escapulotorácica se genera una progresiva abducción, báscula externa, rotación interna y rotación anterior, por lo que los músculos involucrados son los mencionados en la entrada. En la acromioclavicular, durante la primera etapa del recobro se produce una retropulsión que posteriormente pasará a una posición neutra de la articulación, y finalizará en una antepulsión y ascenso.

Otro dato a tener en cuenta es que, durante toda la brazada, los músculos como el deltoides medio y el anterior, los romboides, el supraespinoso, el trapecio superior y el serrato mayor son los estabilizadores de las articulaciones glenohumeral y escapulotorácica.

IV.6. Dolor de hombro

Según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (en adelante, IASP) el dolor “es una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada a una lesión real o potencial o descrita en los términos de dicha lesión”²⁵.

El dolor de hombro u omalgia es considerado como la tercera molestia músculo-esquelética más común en la práctica ortopédica²⁶. Una de sus causas radica en que esta articulación es la de mayor movilidad y la más irregular del cuerpo humano, lo que genera gran inestabilidad; por ende, es propensa a lesiones.

IV.7. Síndrome del manguito rotador

El manguito de los rotadores es un grupo de cuatro músculos y sus tendones que estabilizan el extremo proximal del húmero a la cavidad glenoide de la escápula y permiten un amplio rango de movimiento del mismo (Figura 11). Estos músculos son: el subescapular, el supraespinoso, el redondo menor y el infraespinoso²³. El síndrome del manguito rotador se trata de cualquier afección o lesión degenerativa que afecta a esta estructura, que abarca desde una bursitis o desgarro tendinoso hasta el pinzamiento subacromial²⁷.

Asimismo, se estima que los desgarros del manguito rotador afectan entre el 20% y el 30% de la población general, y del 51% al 62% en mayores de 80 años²⁸. Mientras que las tendinitis del manguito rotador ocurren entre el 10% y el 42% de los/as pacientes con molestias en los hombros²⁹. No obstante, el diagnóstico más común de omalgia corresponde al síndrome de pinzamiento subacromial con una prevalencia del 36% al 48%³⁰.

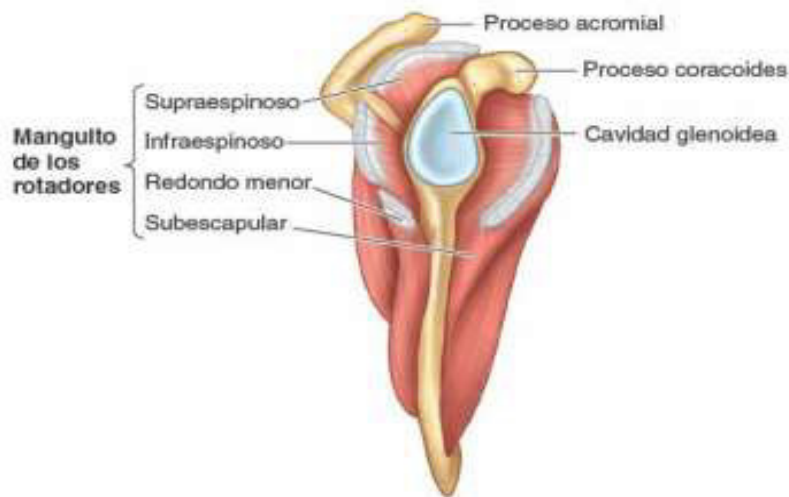


Figura 11: los cuatro músculos del manguito rotador discurren lateralmente para envolver la cabeza del húmero. Extraído del libro Anatomía con orientación clínica. 8a ed. Capítulo 3; 2018²⁴.

IV.7.a. Síndrome de pinzamiento subacromial

El síndrome de pinzamiento subacromial es una afección dolorosa que se produce en la región anterolateral del complejo del hombro, a causa del estrechamiento del espacio subacromial³¹. El antedicho pinzamiento es el trastorno más común del hombro, en el cual los tendones del manguito rotador, la bolsa subacromial o el tendón de la porción larga del bíceps braquial se comprimen por la aproximación de la cabeza humeral hacia el acromion, el ligamento coracoacromial o la articulación acromioclavicular³²⁻³⁴.

El concepto enunciado precedentemente es sumamente novedoso; tuvo lugar en el año 1934 con Codman, quien describió la patología del manguito rotador³⁴. De acuerdo con el autor, el pinzamiento de la cabeza humeral y del acromion durante la abducción del hombro constituye la causa de las lesiones del manguito rotador y sugirió que la acromioplastia lateral sería la solución de los síntomas del/de la paciente. Posteriormente, en 1972, el Dr. Charles Neer formuló la premisa de que los problemas del manguito rotador se derivan del contacto o el pinzamiento de estos contra el acromion, el ligamento coracoacromial o la articulación acromioclavicular³⁴.

IV.7.a.1. Factores de riesgo

El SIS es una afección multifactorial, no obstante, puede dividirse en dos categorías: extrínsecas e intrínsecas. Los factores extrínsecos se relacionan con los cambios estructurales que degeneran o inflaman los tendones a través de la compresión mecánica como la forma del acromion, la cinemática anormal de la articulación, la falta de

osificación acromial, los cambios degenerativos acromioclaviculares o los osteofitos inferiores^{35, 36}. Por otro lado, los factores intrínsecos se relacionan con los desgarramientos tendinosos totales o parciales debido a un proceso degenerativo prolongado a lo largo del tiempo por el sobreuso muscular, la sobrecarga de tensión, los microtraumatismos tendinosos, la edad o el déficit vascular³⁶.

Además, la práctica de deportes u oficios en los cuales se llevan a cabo movimientos repetitivos con el miembro superior por encima de la cabeza predisponen al pinzamiento, como el voleibol, el básquet, la natación, los pintores y los carpinteros, entre otros. El consumo de tabaco o antibióticos también influye en dicha patología, además de aumentar su probabilidad con el transcurso de la edad^{31, 33, 37}.

IV.7.a.2. Epidemiología

El síndrome de pinzamiento del hombro es la causa más común de dolor en esta región y representa del 44% al 65% de todas las molestias del hombro³³. En el Reino Unido, entre el 20% y el 50% de las personas que buscan tratamiento para el dolor de hombro, el 25% es diagnosticado con síndrome de pinzamiento del hombro³¹.

Se sabe que el 54% de los/as pacientes afectados presentan síntomas persistentes después de 3 años³¹.

En cuanto al estilo crol en natación, esta patología puede explicarse debido a la gran variedad de movimientos requeridos para realizar la brazada: la circunducción en ambos sentidos, las rotaciones (internas y externas), la protracción y la retracción escapular. La brazada de crol requiere movimientos continuos del brazo por encima de la cabeza; esto genera en el hombro un gran desgaste. Los/as nadadores/as de élite recorren entre 60000-80000 metros por semana, lo que equivale a 30000 brazadas por brazo³⁸. Esto lleva a que las lesiones de hombro en los/as nadadores/as sean habituales, con una prevalencia de hasta el 91%, y parte de quienes sufren esta condición se ven obligados a abandonar el entrenamiento durante algún tiempo^{38, 39}.

IV.7.a.3. Diagnóstico

El diagnóstico del SIS se puede dividir en: la anamnesis, el examen físico y los estudios complementarios.

Anamnesis: las personas con SIS refieren dolor localizado sobre el acromion con irradiación al miembro superior tanto al levantar el brazo como al acostarse sobre el lado afectado, también informan la pérdida de movimiento y el dolor nocturno como la razón principal por la que acuden a la consulta; además, de la debilidad y la rigidez. El inicio

del SIS suele ser gradual y los/as pacientes a menudo no pueden describir un traumatismo directo o un evento desencadenante que provocó el dolor, y pese a que se puede notar alivio con el reposo, los medicamentos antiinflamatorios y el hielo, los síntomas suelen reaparecer al regresar a la actividad.

Examen físico: los/as pacientes tendrán debilidad y dolor en la abducción y en la rotación externa del lado afectado; además, puede presentarse con discinesia escapular, la cual se observa cuando se realiza la flexión del hombro y, generalmente, hay dolor a la palpación en el proceso coracoides del brazo afectado^{31, 33, 40}.

Por último, están las maniobras especiales para las lesiones del manguito rotador, las cuales disminuyen el espacio subacromial o comprimen las estructuras que se encuentran en él, con el fin de reproducir el dolor que se presenta en lesiones como en las bursitis o las roturas tendinosas. En un hombro saludable, todas las pruebas llevadas a cabo serán negativas:

- Test de Neer: el/la examinador/a con una mano estabiliza la escápula e impide la elevación del hombro y con la otra se procede a levantar pasivamente el brazo en rotación interna y con una leve flexión del codo. Cuando es positivo, se despierta el dolor entre los 70° y los 120° y se produce la sintomatología en el/la paciente por impacto del manguito en la zona anterolateral del acromion^{27, 32, 40}.
- Test de Yocum: con el brazo en abducción y la mano colocada sobre el hombro contralateral, se indica al paciente a levantar el codo contra la resistencia de la mano del/de la explorador/a. Cuando es positivo, se despierta dolor que puede corresponder no solo a un síndrome subacromial, sino también, a un proceso degenerativo de la articulación acromioclavicular⁴⁰.
- Test de Hawkins-Kennedy: es una maniobra para demostrar un conflicto en el espacio subacromial, tanto por patología del manguito rotador, como de la bolsa subacromial. Se sujeta el brazo con el hombro y el codo a 90° de flexión anterior, se realizan movimientos rápidos de rotación interna pasiva, que despiertan dolor. Esta maniobra provoca que, con la rotación interna, el troquíter y el manguito que en él se inserta choquen contra el acromion y el ligamento córa-co-acromial, esto genera un pinzamiento y, por lo tanto, dolor^{27, 32, 40}.
- Test de Jobe: este test es utilizado para la exploración del supraespinoso. Con el/la examinador/a situado delante del/de la paciente, se le indica que coloque los brazos en abducción de 90°, antepulsión de 30° y rotación interna máxima de miembro superior, de manera que los pulgares miren hacia abajo. El/la paciente debe resistir la fuerza que imprime el/la explorador/a hacia abajo. Si hay una

rotura, es posible que el brazo caiga, pero lo más frecuente es que se produzca dolor que dificulte mantener el brazo en abducción de 90° y que corresponde a una tendinitis del supraespinoso^{27, 40}.

- Test del infraespinoso: con el/la paciente de pie o sentado, el brazo es colocado junto al cuerpo con el codo flexionado a 90° y el húmero en rotación interna de 45°. En esta posición se solicita una rotación externa de hombro, la cual el/la examinador/a resiste. Si hay dolor o incapacidad para resistir la rotación externa, el test es positivo.
- Test del subescapular: con el/la paciente con el brazo delante del cuerpo, el codo flexionado a 90° y la mano en el abdomen, el/la examinador/a aplica una fuerza para separar la mano del abdomen, que el enfermo debe resistir.
- Test del arco doloroso: al paciente en bipedestación o sedestación, se le solicita que realice una abducción del hombro en rango completo. Si durante los 60° a 120° hay presencia de dolor y luego, al pasar este rango desaparece, el test es positivo, y así confirmar la presencia de un pinzamiento subacromial⁴⁰.

Estudios complementarios: pueden dividirse en ecografías, radiografías convencionales e imágenes de resonancia magnética⁴¹.

En el caso del pinzamiento subacromial, las ecografías se utilizan para visualizar los procesos de movimientos patológicos y evaluar la integridad del manguito rotador y los cambios en la bolsa subacromial.

La radiografía convencional permite visualizar los cambios que pueden provocar el SIS como la forma del acromion, la artrosis, la falta de osificación acromial, las calcificaciones del supraespinoso, el hombro ascendido, el hombro descendido, entre otros.

La resonancia magnética es de gran importancia en el estudio diagnóstico del SIS, ya que permite observar roturas parciales o completas, bursitis subacromial o subcoracoidea, calcificaciones, quistes o cambios patológicos en el tendón del bíceps braquial.

IV.8. Prevención

Existen múltiples tratamientos para el SIS, que van desde la terapia farmacológica hasta las intervenciones quirúrgicas. Aunque el método más efectivo para evitarlo es la prevención, es decir, un conjunto de acciones destinadas a impedir la aparición de alguna lesión, así como los ejercicios correctivos, la buena alimentación y la higiene, entre otros⁴²⁻⁴⁴. Tradicionalmente, los ejercicios correctivos se enfocan en el aislamiento de las estructuras que pueden lesionarse, sin tener en cuenta una integración adecuada de las

mismas. Por esto último, toman relevancia los ejercicios de control motor para la prevención del pinzamiento subacromial, ya que su importancia radica en la integración de los sistemas perceptivos, de cognición y de acción para la ejecución del movimiento normal⁴⁵. Por consiguiente, estos ejercicios deben ser incluidos en la planificación del/de la atleta para lograr regular el movimiento y así poder ser consciente del mismo. De esta forma se podrán mantener las habilidades existentes, readquirir las pérdidas y aprender las nuevas.

IV.9. Control motor

El estudio del control motor se enfoca en la comprensión del control del movimiento previamente adquirido, en el cual explica que lo esencial para realizar un movimiento es la conexión entre tres elementos fundamentales: la persona, la actividad y el entorno. En otros términos, la persona produce movimiento para satisfacer la demanda de la tarea que se lleva a cabo en un entorno específico⁶.

Es imperativa la coexistencia de múltiples estructuras y procesos que permiten el control del movimiento, tales como: los sistemas motores/ de acción, los sistemas sensoriales/ perceptivos y los sistemas cognitivos. El primer componente de estos sistemas requiere del conocimiento acerca de la contribución de los sistemas motores al control motor, es decir, la coordinación de los músculos y las articulaciones para ejecutar un movimiento coordinado y funcional. Asimismo, se requiere conocer la manera en que se coordinan los músculos y las articulaciones para ejecutar un movimiento de múltiples formas. El segundo sistema se compone de las sensaciones y la percepción para el control del movimiento funcional, es decir, la captación de información acerca del estado del cuerpo y las características del entorno, así como la integración de estas sensaciones en información cognitiva significativa para la regulación del movimiento. Finalmente, se presentan los sistemas cognitivos que son esenciales para el logro del objetivo o la meta, dado que sin la intención de efectuar el gesto no se produce movimiento. Estos procesos proporcionan atención, planificación, motivo y emoción al control motor⁶.

Con respecto a la tarea, se puede distinguir entre las tareas de movimiento cerrado y las de movimiento abierto. Las tareas de movimiento cerrado son aquellas que se llevan a cabo en un ambiente fijo o anticipado, y no se requiere de una vigilancia exhaustiva de las aferencias del entorno. En contraposición, las tareas de movimiento abiertas exigen adaptar estrategias de movimiento a un entorno cambiante e imprevisible.

Finalmente, es importante señalar que el entorno tiene atributos reguladores y no reguladores. El primero de ellos se refiere a los elementos del entorno que rigen el movimiento por sí mismos, es decir, los movimientos deben ajustarse a las características del entorno. Por el contrario, las características no reguladas pueden influir en la realización, pero no deben ajustarse los movimientos a ellos⁶.

IV.10. Aprendizaje motor

A diferencia del control motor, el aprendizaje motor es el conjunto de procesos para adquirir habilidades a través de la práctica y la experiencia del individuo, lo cual conduce a cambios relativamente permanentes en la capacidad de realizar gestos particulares. Esto es posible gracias a la existencia de un complejo de procesos de percepción-cognición-acción, es decir, de nuevas estrategias tanto para sentir como para moverse. Dicho de otra forma, el aprendizaje motor es la búsqueda de estrategias innovadoras de percepción y de acción para cumplir con una tarea que se origina de la interacción entre la persona, la tarea y el entorno⁴⁶.

IV.11. Ejercicios de control motor

A pesar de que los dos conceptos previamente mencionados parecen distintos, en realidad son complementarios y esenciales para la adquisición y el perfeccionamiento de un gesto motor, ya que al poseer un engrama motor adquirido pueden surgir fallas o alteraciones que deben de ser corregidas para evitar futuras lesiones. Para ello surgen los ejercicios de control motor, que ponen de manifiesto la importancia de integrar las sensaciones (exteroceptivas y propioceptivas) con los procesos superiores de percepción y ejecución del ejercicio. Esto se consigue mediante el nivel de práctica de la persona, que indica que el índice de mejora durante cualquier parte de la práctica está linealmente relacionado con la cantidad que queda por mejorar. En otras palabras, al principio de una nueva tarea, el desempeño mejora rápidamente, pero luego se ralentiza después de mucha práctica.

Otro factor es la retroalimentación proporcionada por los sistemas sensoriales de la persona al momento de realizar un movimiento (retroalimentación intrínseca) o por la información concedida por terceros o del resultado del gesto (retroalimentación extrínseca)⁴⁶.

Otro de los componentes necesarios para el aprendizaje de un nuevo engrama motor son las condiciones de la práctica, es decir, los parámetros que se deben tener en cuenta para

adquirir el gesto de manera efectiva sin ningún tipo de lesión o alteración. Se pueden destacar algunas de las más conocidas, como la práctica masiva, que es una sesión en la cual la cantidad de tiempo de práctica de un intento es mayor que el tiempo de reposo entre los mismos; por otro lado, la práctica distribuida es una sesión en la cual el tiempo de reposo entre un intento y el siguiente es igual o mayor al tiempo dedicado a cada intento. También se encuentra la práctica variable, caracterizada por realizar el gesto en condiciones cambiantes (ambientales o gestuales) todo lo contrario a la práctica constante. Otros tipos de prácticas son la aleatoria y en bloques; las aleatorias se caracterizan por realizar varias tareas correspondientes a un gesto con un orden aleatorio; en cambio, en la práctica en bloques se realizan varios intentos de una misma tarea antes de pasar a la siguiente⁴⁶.

IV.12. Fisiología del control motor

El movimiento se origina por la acción recíproca entre los sistemas de percepción y de acción, mientras que la cognición repercute en varios sistemas en distintos niveles (Figura 14). La percepción es la interpretación de los estímulos somatosensoriales en información psicológicamente significativa. La cognición es la capacidad de procesar, ordenar, recuperar y manipular información. Tanto a nivel perceptivo, cognitivo como motriz, la organización de las múltiples estructuras interviene de dos maneras: jerárquica y en paralelo. En relación con el sistema jerárquico, a nivel perceptivo, los centros superiores del cerebro procesan la información proveniente de varios sentidos e interpretan la información somatosensorial recogida por los receptores y conducida por los nervios periféricos y las vías aferentes que ascienden por la médula. A nivel motor, los niveles superiores seleccionan una respuesta específica para cumplir una tarea y luego, los niveles inferiores monitorean y regulan detalles de la ejecución de dicha respuesta para adaptarla a esta. Con respecto al sistema en paralelo, la misma señal es simultáneamente analizada por distintas estructuras cerebrales con fines distintos. Por ejemplo, los núcleos de la base y el cerebelo procesan la información motora enviada por la corteza motora suplementaria antes de enviarla a la corteza motora primaria para ejecutar la acción⁴⁷.

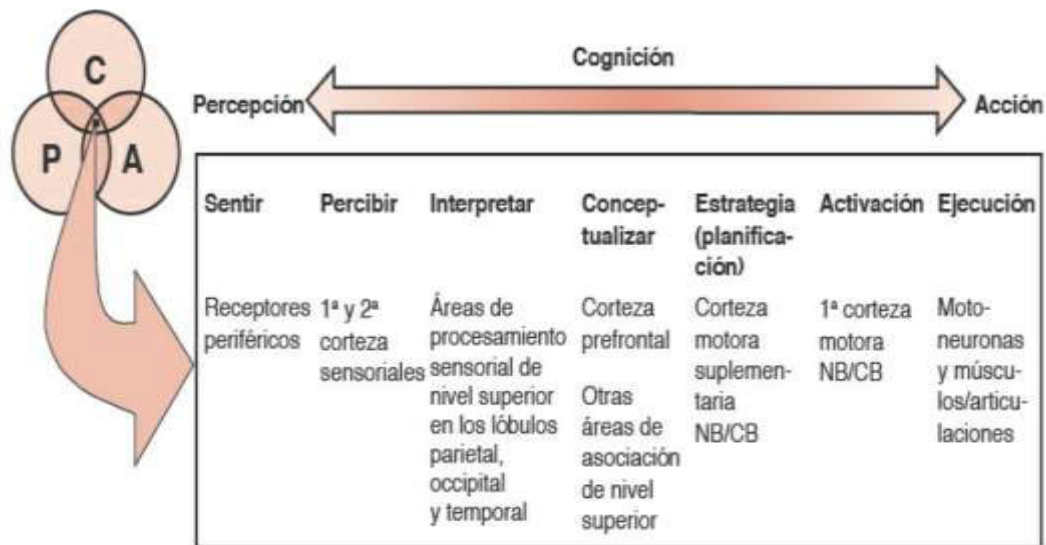


Figura 12: modelo de acción recíproca entre los procesos perceptivos, de acción y cognitivos que participan en el control motor. Extraído del libro *Aprendizaje motor y recuperación de la función, de la investigación a la práctica*. 5ta edición. Capítulo 3; 2018⁴⁶.

IV.12.a. Sistema perceptivo

Los estímulos aferentes sirven para el movimiento reflejo que se organiza en la médula espinal. En este lugar se generan y modulan patrones locomotores automáticos, tales como la marcha sin influencia supraespinal. Asimismo, la conducción de la información captada por los receptores periféricos es utilizada por los sistemas de acción con el propósito de regular el movimiento de manera compleja. Para que esto funcione de forma óptima se divide en tres sistemas esenciales: el somatosensorial, el visual y el vestibular⁴⁷.

Con respecto al sistema somatosensorial se divide en diversos receptores ubicados en diferentes partes del cuerpo. Uno de ellos es el huso neuromuscular, el cual es un receptor que se ubica en el vientre del músculo esquelético y envía estímulos al sistema nervioso (en adelante, SN) por medio de vías aferentes y es controlado por el sistema nervioso central (en adelante, SNC) a través de las vías eferentes. En esencia, son fibras que detectan los cambios de tensión provocados por el estiramiento. Otro tipo de receptor es el órgano tendinoso de Golgi (en adelante, OTG), ubicado en la unión músculo-tendinosa que censa la modificación de la tensión muscular ante el estiramiento o la contracción y desencadena un reflejo medular inhibitorio sobre el músculo agonista y excitador sobre el músculo antagonista.

El sistema visual es un sentido exteroceptivo, que posibilita la identificación de objetos en el espacio y determinar su movimiento; además, proporciona información acerca de la posición del cuerpo en el espacio, la relación de los segmentos entre sí y su movimiento.

El sistema vestibular es el último vástago de la propiocepción, el cual es sensible a la posición de la cabeza en el espacio y los movimientos que realiza. Esto contribuye a la estabilización de los ojos y a mantener la estabilidad postural durante la bipedestación y la marcha. Posee receptores periféricos que incluyen los conductos semicirculares, el utrículo y el sáculo, los cuales se encuentran dentro del laberinto membranoso del oído interno, que está compuesto por una serie continua de tubos rodeados por perilinfa y lleno de otro denominado endolinfa.

IV.12.b. Sistema de acción y cognición

Corteza motora

La corteza motora se sitúa en el lóbulo frontal y consta de varios sitios de procesamiento: la corteza motora primaria, la corteza premotora y el área motora suplementaria. A su vez, se lleva a cabo la acción recíproca del procesamiento somatosensorial junto con la corteza parietal, el tálamo y la información aferente que deriva de los núcleos basales y el cerebelo para identificar la intención, planificación, ejecución y ajustes del movimiento. Los tres sitios tienen su propio homúnculo motor, en los cuales las regiones corporales que requieren mayor precisión tienen más representación⁴⁷.

La corteza motora primaria es el área del encéfalo que activa a los músculos a través de las eferencias que envía gracias a la existencia de la sinapsis entre la 1^{ra} y 2^{da} neurona. En cambio, el área motora suplementaria y la corteza premotora envían proyecciones a la corteza motora primaria y a la médula espinal para regular los movimientos, en función de la información aferente del tálamo, los núcleos basales y el cerebelo. Del mismo modo, participan en la planificación, en la activación de programas motores y en el aprendizaje motor. Otras áreas importantes son las de asociación frontal, que son determinantes para la planificación motora y otras conductas cognitivas, ya que su función es el procesamiento somatosensorial y la selección de la respuesta motora más adecuada.

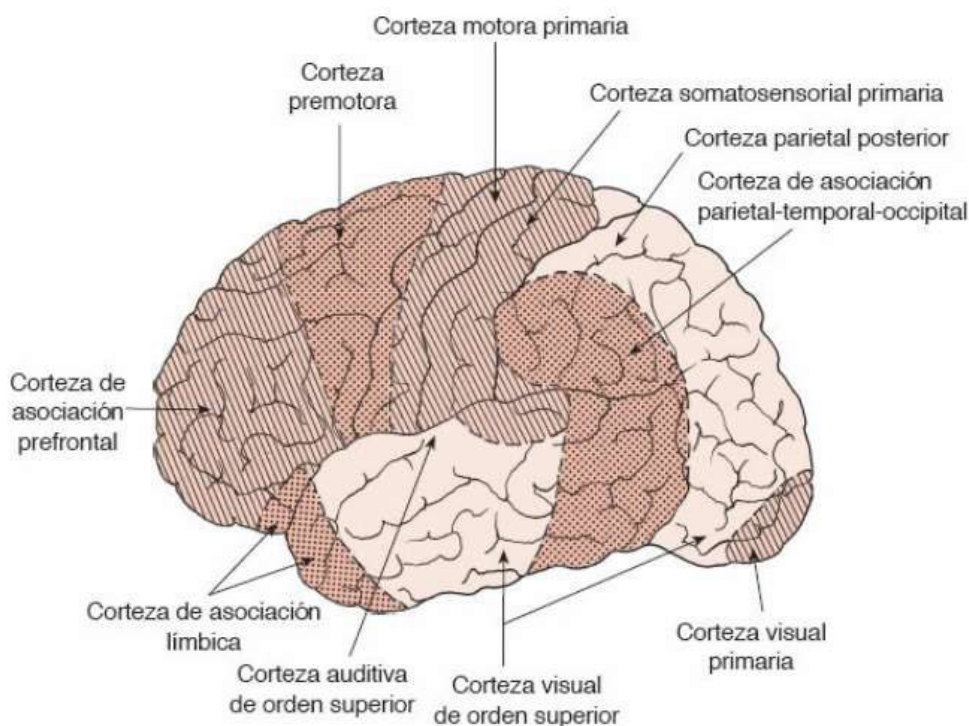


Figura 13: ubicaciones de las áreas sensoriales primarias, áreas sensoriales de asociación de nivel superior y corteza de asociación cognitiva de nivel superior. Extraído del libro *Aprendizaje motor y recuperación de la función, de la investigación a la práctica*. 5ta edición. Capítulo 3; 2018⁴⁶.

IV. 13. Rol del/de la kinesiólogo/a

Los/as kinesiólogos/as como profesionales de la salud, expertos en prevenir y rehabilitar con el movimiento, son esenciales para la prevención del SIS.

En primer lugar, el/la kinesiólogo/a debe realizar una evaluación integral del/de la paciente, en el cual se debe incluir: la anamnesis que abarque la historia y la condición actual del hombro del/de la paciente, la cual está integrada por preguntas sobre los síntomas, las lesiones asociadas y el historial médico que engloba el estado actual del/de la paciente, las enfermedades crónicas (diabetes, cardiopatías, neuropatías, enfermedades articulares, etc) y las intervenciones previas (conservadoras y/o quirúrgicas).

En segundo lugar, se debe realizar un examen físico que evalúe la integridad del complejo articular del hombro mediante una evaluación kinésica que incluya al ámbito deportivo, es decir, llevarla a cabo tanto fuera como dentro de la pileta junto con escalas y test estandarizados para la natación.

Por último, examinar y recopilar la información del comportamiento del complejo articular del hombro durante la ejecución del estilo crol en el agua. Esto es necesario para detectar posibles factores de riesgo modificables, con el fin de readaptar el gesto alterado y reducir sus posibles consecuencias como el SIS.

Los objetivos de la intervención kinésica, en cuanto a la prevención del SIS en nadadores/as, son:

- Identificar y reducir los factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos del SIS.
- Reducir la incidencia del SIS en los/as nadadores/as.
- Obtener la participación y la cooperación activa del/de la paciente.
- Analizar el ámbito deportivo en el cual se desenvuelve el/la paciente.
- Aplicar ejercicios específicos transferibles a la natación.
- Educar al grupo de entrenadores/as con respecto a la importancia de incluir ejercicios de control motor a la planificación.
- Promover la adherencia a la readaptación del engrama motor.
- Dosificar de manera adecuada las cargas en función de las capacidades del/de la paciente.

Los/as kinesiólogos/as poseen múltiples herramientas para la prevención del SIS, dentro de ellos se encuentra los ejercicios del control motor, los cuales poseen la particularidad de incorporar la participación activa del/de la paciente, promover los ejercicios específicos del área deseada e incluir al entorno dentro de la terapia. En otras palabras, toma mayor protagonismo la integración del ambiente, la persona y la tarea en la prevención y en la rehabilitación de las patologías. Esto resulta importante en el área deportiva para mantener optimizadas las capacidades y las habilidades adquiridas, a través de una adecuada readaptación corporal.

Por lo mencionado anteriormente, es necesario que el/la kinesiólogo/a incluya los ejercicios de control motor dentro del plan de entrenamiento de los/as nadadores/as para prevenir el SIS, ya que estos ejercicios reprograman el posicionamiento de las estructuras implicadas para luego transferir esas mismas modificaciones de posición a la brazada del estilo de crol. Para que esto se concrete el/la kinesiólogo/a debe guiar al deportista en la readaptación del gesto de forma progresiva (velocidad, estabilidad, intensidad, densidad, entre otros).

IV. 13.a. Prevención primaria

Es el conjunto de medidas que se utilizan para evitar la aparición de una enfermedad. Se lleva a cabo el control de factores causales y otros factores predisponentes, de modo tal de evitar exponer a la persona al factor nocivo.

El objetivo de la prevención primaria es disminuir la incidencia de la enfermedad.

Los/as kinesiólogos/as poseen una gran incumbencia en cuanto a la prevención primaria del SIS respecta, ya que uno de los focos de la misma son los programas de ejercicios

estructurados y específicos para mantener una buena funcionalidad del hombro. Por ende, estos tipos de ejercicios deben ser incorporados a una edad temprana debido a la alta prevalencia y persistencia de los problemas de hombro en los/as atletas jóvenes. Y, de entre ellos, se deben destacar los de control motor porque readapta el gesto motor de forma tal que se reduce el riesgo de sufrir dicha lesión.

IV. 13.b. Prevención secundaria

Comprende todas las acciones de diagnóstico precoz de la enfermedad incipiente (sin manifestación clínica) y su tratamiento oportuno. Esto se puede lograr a través del examen médico periódico y la búsqueda de casos (pruebas de cribado). En la prevención secundaria, el diagnóstico temprano, la captación oportuna y el tratamiento adecuado, son esenciales para el control de la enfermedad y para evitar o retardar la aparición de secuelas.

Este nivel de prevención pretende reducir la prevalencia de la enfermedad.

En lo que respecta a los/as kinesiólogos/as aun abordan el SIS con la implementación de programas preventivos, pero con la particularidad de comenzar inmediatamente después de la lesión o cuando se avance en el regreso de la participación, el deporte o el rendimiento. Ésta y la prevención primaria son especialmente necesarias en aquellos atletas identificados como de mayor riesgo de sufrir lesiones.

IV. 13.c. Prevención terciaria

Son las medidas que se aplican en aquellos casos en los que el problema ya existe y está constatado; su objetivo es evitar mayores daños o consecuencias. Se refiere a acciones relativas a la recuperación de la enfermedad clínicamente manifiesta, mediante un correcto diagnóstico y tratamiento, y a la rehabilitación física, psicológica y social, en caso de invalidez o secuelas, con el objeto de reducir las mismas. Este nivel de prevención pretende minimizar los sufrimientos causados por la pérdida de la salud, facilitar la adaptación de los/as pacientes a enfermedades incurables, y contribuir a evitar y/o reducir al máximo las recidivas de las mismas.

En el caso de las personas con SIS, los/as kinesiólogos/as buscan recuperar la funcionalidad y reducir los signos y síntomas a través de diversas herramientas como la fisioterapia, la reeducación postural global, las técnicas de manipulación, el control motor, entre otras. Este último se utiliza en la rehabilitación para reposicionar el complejo articular del hombro a través del trabajo activo del/de la paciente supervisado/a por el/la

kinesiólogo/a para aumentar el espacio subacromial y así disminuir el pinzamiento de las estructuras del contenido articular; como resultado, mejora el rango de movimiento articular y sentar las bases para trabajar la coordinación y el equilibrio.

IV.14. Consenso de Berna

Lo dicho acerca de la prevención está respaldado por el Grupo de Consenso sobre el Hombro de los Atletas, que se convoca para la Declaración de consenso de Berna. Este grupo tiene como objetivo elaborar una guía de las mejores prácticas para médicos/as, atletas y entrenadores/ras para el manejo de las lesiones de hombro en el deporte. Adicionalmente, defienden la prevención primaria como la piedra angular de todo tipo de programas, la cual debe ser aplicada a una edad temprana⁴⁵.

Este grupo de profesionales está de acuerdo en que todos los/as atletas deben recibir programas de ejercicios para la prevención de lesiones, independientemente de si tienen o no antecedentes de lesiones en el hombro, ya que dichos ejercicios tienen un bajo riesgo de daño y su implementación es mínimamente intrusiva. A su vez, mencionan que es apropiado dedicar un esfuerzo preventivo adicional a los/as atletas identificados como de mayor riesgo de lesión (por ejemplo, atletas que comienzan la temporada con dolor en el hombro, con deficiencias de fuerza muscular, o que juegan en una posición de juego de alto riesgo de lesiones). Tanto en la prevención como en la rehabilitación, se conciben varios principios en común: abordar el déficit de rango óptimo de movimiento (en adelante, ROM) de la GH con ejercicio activo, abordaje de la escápula, selección de ejercicios de CCC o CCA, inclusión de ejercicios pliométricos, ejercicios específicos del deporte y entrenar el cerebro⁴⁵. Este último principio alude al reaprendizaje del gesto que potencialmente puede producir daño o que ya lo produjo, ya que los cambios a nivel cortical del cerebro producidos por una lesión musculoesquelética suelen durar más que la misma lesión, lo que causa alteraciones en el engrama motor. Por lo tanto, el/la kinesiólogo/a debe utilizar los ejercicios de control motor, ya que estimulan la plasticidad del cerebro gracias a la integración de la persona, el entorno y la tarea para reducir el riesgo de lesión o recidiva. Los ejercicios mencionados por dicho Consenso se les pueden aplicar los principios del control motor, para aquellos/as atletas que realizan ejecuciones técnicas por encima del hombro:



Figura 14: rotación externa con abducción. El objetivo es mejorar y/o mantener el rango de movimiento. Extraído de la Declaración del Consenso de Berna sobre prevención, rehabilitación y regreso al deporte de lesiones de hombro, para atletas en todos los niveles de participación; 2022 ⁴⁵.



Figura 15: dejar caer y atrapar la pelota en 90° de abducción de hombro (pliométrico). El objetivo es estimular la activación neuromuscular a través de aceleraciones y desaceleración. Extraído de la Declaración del Consenso de Berna sobre prevención, rehabilitación y regreso al deporte de lesiones de hombro, para atletas en todos los niveles de participación; 2022 ⁴⁵.



Figura 16: ejercicio del Y, Balance Test. El objetivo es estimular el equilibrio y coordinación en diferentes planos del espacio. Extraído de la Declaración del Consenso de Berna sobre prevención, rehabilitación y regreso al deporte de lesiones de hombro, para atletas en todos los niveles de participación; 2022 ⁴⁵.



Figura 17: abducción desde 90° a 180° de hombro con banda de resistencia. El objetivo es mejorar el rango de movimiento con resistencia. Extraído de la Declaración del Consenso de Berna sobre prevención, rehabilitación y regreso al deporte de lesiones de hombro, para atletas en todos los niveles de participación; 2022 ⁴⁵.



Figura 18: en decúbito lateral, realizar una rotación externa de hombro con 90° de flexión de codo, se suelta la pelota y se vuelve a tomar (pliométrico). El objetivo es estimular la activación neuromuscular a través de aceleraciones y desaceleración. Extraído de la Declaración del Consenso de Berna sobre prevención, rehabilitación y regreso al deporte de lesiones de hombro, para atletas en todos los niveles de participación; 2022⁴⁵.



Figura 19: plancha alta con rotación externa de hombro a 90° y 90° en la articulación del codo, del miembro que se encuentra en CCA. El objetivo es alternar al miembro superior entre CCA y CCC. Extraído de la Declaración del Consenso de Berna sobre prevención, rehabilitación y regreso al deporte de lesiones de hombro, para atletas en todos los niveles de participación; 2022⁴⁵.



Figura 20: pasaje de flexión, aducción y posición neutra del hombro a extensión, abducción y rotación externa del mismo. El objetivo es mejorar el rango de movimiento con resistencia. Extraído de la Declaración del Consenso de Berna sobre prevención, rehabilitación y regreso al deporte de lesiones de hombro, para atletas en todos los niveles de participación; 2022 ⁴⁵.



Figura 21: lanzamiento por encima de la cabeza con rotación externa de hombro a 90 grados de abducción y 90° de flexión de hombro. El objetivo es estimular la activación neuromuscular a través de aceleraciones y desaceleración. Extraído de la Declaración del Consenso de Berna sobre prevención, rehabilitación y regreso al deporte de lesiones de hombro, para atletas en todos los niveles de participación; 2022 ⁴⁵.

Además, de los ejercicios propuestos por el consenso de Berna, otras opciones de ejercicios de control motor para mejorar la coordinación del complejo articular del hombro son:



Figura 22: ejercicio de descenso de la cabeza humeral. El objetivo es el reclutamiento de los músculos depresores del hombro. Como resultado se obtiene un deslizamiento inferior a través de la distancia acromiohumeral. Extraído del estudio: "Efectos in vivo de dos ejercicios de control motor de la cintura escapular sobre las distancias acromiohumeral y coracohumeral en hombres sanos"; 2021⁴⁸.



Figura 23: ejercicio de retracción escapular. El objetivo es el reclutamiento de los músculos estabilizadores de la escápula. Como resultado se obtiene un deslizamiento posterior de la cabeza humeral a través de la distancia coracohumeral. Extraído del estudio: "Efectos in vivo de dos ejercicios de control motor de la cintura escapular sobre las distancias acromiohumeral y coracohumeral en hombres sanos"; 2021⁴⁸.

V. Estrategia metodológica

Esta producción escrita es una revisión bibliográfica; se trata de una Tesina tipo informe de investigación. Se recopiló información, tanto de libros como de estudios y artículos científicos, publicados en un período comprendido entre 2015 y 2024, en diferentes bases de datos, a saber: Pubmed, Biblioteca Virtual de Salud y Google Scholar. Se utilizaron términos libres, MeSH y DeCS, El período de búsqueda se extendió desde octubre de 2023 hasta marzo de 2024. Para dicha búsqueda, se usaron diversas palabras clave que se encuentran a continuación en la siguiente tabla:

Palabra	Término Libre	DeCS	MeSH
#1	Hombro	Hombro	"Shoulder"[Mesh]
#2	Manguito rotador	Manguito de los rotadores	"Rotator Cuff"[Mesh]
#3	Lesiones del manguito rotador	Lesiones del Manguito rotador	"Rotator Cuff Injuries"[Mesh]
#4	Pinzamiento subacromial	Síndrome de pinzamiento del hombro	"Shoulder Impingement Syndrome"[Mesh]
#5	Scapular dyskinesis	-	-
#6	Control motor	-	-
#7	Neuromuscular activation	-	-
#8	Propiocepción	Propiocepción	"Proprioception"[Mesh]
#9	Balance	-	-
#10	Coordinación	-	-
#11	Cinestesia	Cinestesia	"Kinesthesia"[Mesh]
#12	Deporte	Deportes	"Sports"[Mesh]
#13	Natación	Natación	"Swimming"[Mesh]
#14	Entrenamiento físico	Ejercicio físico	"Exercise"[Mesh]

La estrategia de búsqueda se basó en la combinación de las palabras claves, por medio de los conectores OR y AND, como se muestra en la siguiente tabla:

Palabra	Término	Conector	Término	Conector	Término
#15	#1	OR	#2	OR	#3
#16	#4	OR	#5		
#17	#6	OR	#7	OR	#8
#18	#9	OR	#10	OR	#11
#19	#12	OR	#13	OR	#14
#20	#15	OR	#16		
#21	#17	OR	#18		
#22	#20	AND	#21		
#23	#20	AND	#19		
#24	#21	AND	#19		

V.1. Criterios de inclusión

Para el análisis del material bibliográfico se establecieron los siguientes criterios de inclusión: ser estudio completo, estar publicado en idioma español o inglés, incluir el control motor dentro de la rehabilitación de las omalgias, y ser artículos dirigidos a la prevención y/o la rehabilitación de la omalgia. Además, se incluyeron estudios piloto, estudios experimentales, estudios de casos-controles, revisiones bibliográficas y metaanálisis, de los cuales la mayoría de los estudios fueron publicados en inglés.

V.2. Criterios de exclusión

La exclusión del material bibliográfico se realizó en función a los siguientes criterios: artículos científicos no disponibles en su totalidad, estudios que superan los 10 años de antigüedad, estudios en los cuales la prevención o la rehabilitación con control motor no se dirija al hombro.

VI. Contexto de análisis

Se realizó un análisis de programas de intervención de prevención y rehabilitación del SIS a través del control motor.

En el estudio del año 2021: “Efectos in vivo de dos ejercicios de control motor de la cintura escapular sobre las distancias acromiohumeral y coracohumeral en hombres sanos”, describió el efecto de dos ejercicios de control motor de la cintura escapular con estrategias de entrenamiento cognitivo sobre las dimensiones del espacio subacromial, medidas con ecografía, en el cual se planteó la hipótesis de que los ejercicios de descenso de la cabeza humeral aumentan la distancia acromiohumeral (en adelante, AHD) y que los ejercicios de retracción escapular aumentan la distancia coracohumeral (en adelante, CHD). Se concluyó que los ejercicios específicos de control cognitivo y motor mejoran la congruencia articular y el centrado de la cabeza humeral⁴⁸.

En el ensayo controlado aleatorizado: “La biorretroalimentación cinemática en tiempo real mejora el control y el rendimiento escapulotorácico durante ejercicios centrados en la escápula: un estudio de laboratorio controlado, aleatorio, simple ciego” publicado en el año 2016, evaluó la efectividad de la biorretroalimentación cinemática en la transferencia del reaprendizaje motor durante la flexión del hombro y una actividad diaria, sobre la calidad del rendimiento del ejercicio centrado en la escápula a lo largo de las fases cognitivas y asociativas. Los resultados de este estudio demostraron que la biorretroalimentación cinemática en tiempo real mejora el control y el rendimiento escapulotorácico durante la ejecución de ejercicios centrados en la escápula⁴⁹.

En el estudio: “Ejercicios de reentrenamiento del control motor para el pinzamiento del hombro: efectos sobre la función, la activación muscular y la biomecánica en adultos jóvenes” realizado en el año 2013, cuantificó los efectos clínicos, neurofisiológicos y biomecánicos de un reentrenamiento del control motor escapular en individuos jóvenes con signos de pinzamiento del hombro. Se concluyó que una intervención de control motor de 10 semanas para el pinzamiento del hombro aumentó la función y redujo el dolor. Los mecanismos de recuperación se indicaron mediante cambios en el reclutamiento muscular y la cinemática escapular⁵⁰.

En el estudio: “El impacto de la retroalimentación visual en el control motor del miembro superior” publicado en España en el año 2015, investigó el efecto de la retroalimentación visual con espejos mediante la comparación de las extremidades superiores del mismo sujeto. El estudio fue realizado en una sesión experimental con la participación de 6 sujetos diestros de entre 25 a 35 años de edad, los cuales tuvieron que realizar una serie

de 12 ejercicios estándares de una rutina de rehabilitación para miembros superiores. Se concluyó que la retroalimentación visual es capaz de mejorar el rendimiento motor al ajustar eficazmente la estructura del control motor⁵¹.

En el estudio: “El control consciente progresivo de la orientación escapular con retroalimentación en vídeo mejora la relación de equilibrio muscular en pacientes con discinesia escapular: un ensayo controlado aleatorio simple ciego” publicado en el año 2018, investigó si el control consciente progresivo con retroalimentación por video mejora la activación y los movimientos de la musculatura escapular durante la elevación del brazo en pacientes con pinzamiento subacromial y discinesia escapular. Se concluyó que el control progresivo de la orientación escapular con o sin retroalimentación por video, puede utilizarse para reducir la relación entre trapecio superior (en adelante, UT) y trapecio inferior (en adelante, LT) y mejorar la rotación interna escapular durante la elevación del brazo. También, el entrenamiento de control con retroalimentación por video, puede disminuir aún más la relación UT/serrato anterior (en adelante, SA)⁵².

En el estudio: “Efectos positivos de los ejercicios neuromusculares del hombro con o sin biorretroalimentación EMG sobre el dolor y la función en participantes con síndrome de dolor subacromial: un ensayo controlado aleatorio”, investigó el efecto de los ejercicios de hombro con biorretroalimentación por electromiografía (en adelante, EMGBF) sobre el dolor y la función del hombro en los/as participantes con síndrome de dolor subacromial en comparación con los mismos ejercicios sin biorretroalimentación. En conclusión, la biorretroalimentación EMG no pareció marcar una diferencia, ya que los ejercicios de hombro con y sin biorretroalimentación EMG, fueron eficaces para reducir el dolor a un nivel clínicamente relevante, el protocolo de ejercicios neuromusculares de hombro puede recomendarse a los/as pacientes con síndrome de dolor subacromial.⁵³

El estudio: “La eficacia de un programa de entrenamiento de fuerza de los rotadores de hombros en tierra firme en la prevención de lesiones en nadadores competitivos” llevado a cabo en el año 2020, analizó los efectos agudos de los programas de entrenamiento realizados en tierra firme con el objetivo de prevenir lesiones en los músculos rotadores del hombro, ya que se planteó la hipótesis de que dicho programa promovería la disminución en el equilibrio de los rotadores del hombro, la fuerza y la resistencia. Para este estudio se contó con 23 jóvenes nadadores/as, todos competidores nacionales. Se llegó a la conclusión de que no hubo diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas (resistencia de los rotadores del hombro, fuerza y equilibrio muscular). Los hallazgos sugieren que un programa de entrenamiento de fuerza compensatorio no tiene

un efecto agudo significativo sobre la fuerza, la resistencia y el equilibrio muscular de los rotadores del hombro en nadadores/as jóvenes.⁵⁴

El ensayo aleatorio controlado: “Efectos de la combinación de intervenciones ergonómicas y ejercicios de control motor sobre la actividad muscular y la cinemática en personas con dolor de cuello y hombros relacionado con el trabajo” llevado a cabo en Alemania en el año 2018, comparó el efecto de la intervención “ergomotora” y la fisioterapia convencional sobre la influencia del control motor en la región del cuello y los hombros en personas con dolor de cuello y hombros relacionado con el trabajo. En conclusión, los resultados proporcionaron cierta evidencia que respalda los beneficios positivos y sostenibles de integrar el entrenamiento de control motor en las posturas y movimientos en el lugar de trabajo⁵⁵.

Un ensayo clínico controlado aleatorio: “Entrenamiento de fuerza y propiocepción del hombro” llevado a cabo en el año 2015, evaluó el efecto de 8 semanas de entrenamiento de fuerza sobre el sentido de la posición de las articulaciones del hombro para así verificar si el uso de intensidades de entrenamiento iguales o distintas para los músculos estabilizadores dinámicos del hombro promueve diferentes efectos en el sentido de la posición de las articulaciones. Se llegó a la conclusión de que el entrenamiento de fuerza con ejercicios de la misma intensidad produjo una mejora en el en el sentido en la posición de las articulaciones, en comparación con ejercicios de intensidad variable, lo que sugiere que el primero resultó en mejoras en la sensibilidad de los husos musculares y, por lo tanto, un mejor control neuromuscular en el hombro⁵⁶.

En el ensayo clínico aleatorizado: “Comparación de intervenciones de ejercicio excéntrico y concéntrico en adultos con síndrome de pinzamiento subacromial” llevado a cabo en el año 2015 en Estados Unidos, comparó la efectividad de una intervención de ejercicios de resistencia progresiva excéntrica con una intervención de ejercicios de resistencia progresiva concéntrica en adultos, con síndrome de pinzamiento subacromial. La intervención contó con 34 participantes con SIS y fueron asignados aleatoriamente entre un grupo que realiza ejercicios concéntricos y otro que realiza ejercicios excéntricos. En conclusión, tanto los programas de ejercicios excéntricos como concéntricos dieron como resultado una mejora de la función, el rango de movimiento activo y la fuerza en pacientes con SIS. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre los dos modos de ejercicio, lo que sugiere que los/as terapeutas pueden utilizar ejercicios que utilicen cualquiera de los dos modos de ejercicio en su tratamiento de SIS⁵⁷.

En el artículo: “Efecto inmediato de los ejercicios centrados en la escápula realizados con biorretroalimentación cinemática sobre la cinemática escapular en individuos con

síndrome de dolor subacromial” realizado en el año 2018, determinó el efecto inmediato de la realización de ejercicios de control motor escapular con biorretroalimentación cinemática 3D sobre los movimientos escapulares en personas con SIS. La intervención constó de la evaluación de la cinemática escapular en ciclos de elevación y descenso del brazo en el plano sagital, antes e inmediatamente después de realizar 3 ejercicios escapulares con biorretroalimentación cinemática. En conclusión, se demostró que la realización de ejercicios centrados en la escápula mediante biofeedback cinemático no provoca cambios inmediatos en la magnitud del movimiento escapular. Sin embargo, la coordinación intersegmental mostró evidencia de cambios en la inclinación escapular en el descenso del brazo y en la rotación interna en la elevación y el descenso del brazo en individuos con síndrome de dolor subacromial⁵⁸.

En el estudio transversal: “Efecto del ejercicio de ajuste de la escápula sobre la distancia acromio-humeral y la actividad de los músculos de la escápula en pacientes con síndrome de pinzamiento subacromial”, realizado en el año 2019, investigó el efecto del ejercicio de fijación de la escápula en la AHD y en la actividad de los músculos escapulares en 28 pacientes con SIS. En conclusión, se sugiere que los ejercicios de ajuste de la escápula podrían utilizarse para aumentar la AHD y la actividad de los músculos serrato anterior, trapecio medio y trapecio inferior en pacientes con SIS⁵⁹.

El estudio: “Efecto de los ejercicios de estabilización glenohumeral combinados con la estabilización escapular sobre la función del hombro en pacientes con dolor de hombro: un estudio aleatorizado, controlado y ciego por el experimentador”, publicado en el año 2017, comparó el efecto de los ejercicios de estabilización glenohumeral combinado con ejercicios de estabilización escapular en pacientes con dolor de hombro, para así observar los cambios que generan en la función del hombro. Se evaluó la estabilidad del hombro, la alineación escapular, el dolor, la potencia muscular y el rango de movimiento tanto antes como después de la intervención en ambos grupos. En conclusión, este estudio sugiere que los ejercicios de estabilización glenohumeral afectan positivamente la estabilidad del hombro y el control del dolor en pacientes con dolor de hombro, probablemente a través de un efecto de centralización en el mecanismo del hombro⁶⁰.

En el año 2021, en Portugal, se llevó a cabo el estudio de cohorte prospectivo: “Efectos a corto y largo plazo de un protocolo de ejercicio centrado en la escápula para pacientes con disfunciones del hombro”, tuvo como objetivo determinar los efectos a corto y largo plazo de un protocolo de ejercicios centrado en la escápula, facilitado con EMGBF en tiempo real sobre el nivel de dolor y la función en personas con síndrome de dolor relacionado con el manguito rotador e inestabilidad anterior del hombro. En conclusión,

los hallazgos presentados sugieren que un protocolo de ejercicios bien descrito centrado en la escápula, con la ayuda de la retroalimentación EMGBF en tiempo real y el manejo en el hogar, puede reducir el dolor y aumentar la función, así como la actividad y el control neuromuscular escapular, el ROM y la fuerza muscular isométrica en pacientes con disfunciones del hombro a corto plazo. A largo plazo, parece mantener las ganancias del dolor, la función, del ROM y la fuerza muscular isométrica, pero no para la alineación escapular dinámica.⁶¹.

El estudio: “Generalizabilidad del ejercicio excéntrico para pacientes con síndrome de dolor subacromial a la práctica clínica del mundo real: un análisis basado en puntuaciones de propensión” realizado en el año 2021, investigó el efecto del ejercicio excéntrico en pacientes con SIS en la práctica clínica diaria del mundo real. Un total de 155 pacientes cumplieron los criterios de inclusión, de los cuales 77 realizaron ejercicios excéntricos y tradicionales de los músculos del manguito rotador, y 78 pacientes solo ejercicios tradicionales de rehabilitación. Después de cuatro semanas de ejercicios, la intensidad del dolor fue menor en el grupo de ejercicios excéntricos que en el grupo de ejercicio tradicional, no se encontraron diferencias significativas en la mejora de la función entre los dos grupos. En conclusión, la combinación de ejercicios excéntricos y tradicionales podría reducir el dolor en pacientes con síndrome de dolor subacromial en mayor medida que el ejercicio tradicional solo. Estos hallazgos tienen relevancia clínica para los médicos de atención primaria que brindan tratamiento conservador a pacientes con síndrome de dolor subacromia⁶².

En el ensayo clínico aleatorio controlado: “Única sesión de video y retroalimentación electromiográfica en atletas con discinesia escapular y síndrome de pinzamiento” realizado en el año 2020, comparó los efectos de las sesiones de video y EMGBF sobre la actividad muscular absoluta de los músculos SA, UT y LT, las relaciones de equilibrio muscular entre ellos y la cinemática escapular durante la elevación y el descenso del brazo en participantes con SIS. El estudio contó con 41 participantes que fueron asignados aleatoriamente entre el grupo de retroalimentación por video y el de EMGBF. En conclusión, en comparación con el entrenamiento con retroalimentación por video, el entrenamiento con biofeedback EMG mejoró la actividad muscular. Por el contrario, en relación con el biofeedback EMG, la retroalimentación por video produjo una mayor rotación escapular hacia arriba en los participantes con SIS. Ambos tipos de entrenamiento con retroalimentación tuvieron efectos positivos: disminuciones en las proporciones musculares UT/LT y UT/SA, la actividad muscular UT y la rotación interna de la escápula. El uso de biofeedback EMG en pacientes con SIS podría producir un efecto

de aprendizaje en el control muscular, y el uso de retroalimentación por video puede mejorar la corrección de la rotación escapular hacia arriba.⁶³.

El estudio: “La retroalimentación mejora los efectos del tratamiento centrado en la escápula en pacientes con síndrome de pinzamiento del hombro” publicado en el año 2020, evaluó los efectos del tratamiento de centrado en la escápula con y sin retroalimentación sobre el dolor, la función y la cinemática escapular en pacientes con SIS. El estudio contó con 75 participantes divididos entre el grupo control, el grupo de centrado en la escápula con retroalimentación y el grupo de centrado en la escápula sin retroalimentación. En conclusión, según los resultados del estudio, un programa de rehabilitación integrado con feedback verbal es eficaz para aliviar el dolor y mejorar la función y la cinemática escapular en pacientes con SIS. Añadir feedback a una terapia de ejercicios podría mejorar clínicamente los resultados en pacientes con SIS.⁶⁴.

VII. Resultados

VII.1. Búsqueda de literatura y selección de estudios

La búsqueda arrojó un total de 348 artículos potenciales para su análisis, de los cuales 188 artículos tienen más de 10 años de antigüedad. De los 160 artículos restantes, se seleccionaron 17 de ellos, ya que se obtuvo información importante para esta tesis.

VII.2. Tipo de estudios y características de las intervenciones

Los estudios seleccionados para el análisis comprendieron una variedad en cuanto a género, entre los que se destacan estudios de laboratorio controlados aleatorios, estudios cuasiexperimentales y estudios de cohorte prospectivo. De los 17 estudios analizados, 13 incluyeron la realización de ejercicios de control motor.

Dentro de los 13 estudios correspondientes al control motor, se pueden destacar los tipos de retroalimentación utilizados tales como el háptico, el visual, el auditivo, el electromiográfico y el cinemático. Además, dichos estudios cuentan con distintos planes de entrenamiento que comprenden ejercicios como de control escapular, de transferencia o simulación de un gesto de la vida diaria, de descenso de la cabeza humeral, para el manguito rotador, el trapecio y el serrato anterior.

En una investigación en particular, se llegó a realizar un entrenamiento que combinaba el trabajo del control motor con el asesoramiento ergonómico, el uso de la realidad virtual, ejercicios específicos en el hogar junto con terapia manual y fisioterapia.

En cambio, los estudios restantes no se centraron en la aplicación del control motor al entrenamiento. Sin embargo, son de relevancia para la revisión bibliográfica porque aclaran dudas respecto al ejercicio pre-entrenamiento como aquella investigación que demuestra el impacto del ejercicio compensatorio pre-entrenamiento en natación. O bien se centran en otros aspectos del ejercicio que se deben tener en cuenta a la hora de planificar un entrenamiento, ya que generan cambios importantes, por ejemplo, una investigación se centró en los efectos de aplicar los ejercicios excéntricos al tratamiento habitual de pinzamiento subacromial, otro comparó los efectos de ejercicios de resistencia progresiva excéntrica y concéntrica. La última investigación consta de la importancia del manejo de las intensidades en el entrenamiento.

VII.3. Efecto de las intervenciones

Las intervenciones basadas en el control motor han demostrado beneficios a corto y a largo plazo, tanto en sujetos sanos como con dolor de hombro y discinesia escapular. Por ejemplo, un estudio demostró el aumento de la AHD a través del ejercicio isométrico del descenso de la cabeza humeral y el aumento de CHD por medio de la retracción isométrica escapular en sujetos sanos. Se concluyó que los ejercicios isométricos aumentaron en mayor medida el espacio AHD que el CHD⁴⁸. Otro estudio de la misma naturaleza demostró un aumento de la AHD en personas con SIS a través de ejercicios de fijación escapular, como así también el aumento de la actividad del serrato anterior, trapecio medio e inferior⁵⁹. A pesar de esto, ambos estudios sólo valoraron los efectos inmediatos de los ejercicios.

Las investigaciones que incluyeron varios tipos de retroalimentación dentro del protocolo de entrenamiento demostraron varios resultados que van desde un aumento de la actividad del serrato anterior, el trapecio medio y el trapecio inferior, la disminución del tono muscular del trapecio superior hasta una mejor sincronización UT/LT⁶³. En un caso en particular, un estudio marcó también una disminución de la rotación interna escapular, ya sea con retroalimentación por video como sin video⁵², aunque el primer mostró una mejor relación de la fuerza entre el UT/SA en personas con SIS y discinesia escapular.

Hubo intervenciones que incluyeron varios tipos de retroalimentación, pero se centraron en el trabajo escapular y en los músculos periescapulares, los cuales demostraron que existe una disminución del dolor, un mejor reclutamiento muscular, una correcta cinemática escapular y una mejor eficacia entre los músculos sinergistas del hombro. Con respecto al dolor de hombro, otros dos estudios^{53,60} de retroalimentación tanto táctil como

por video, informaron que probablemente la disminución del mismo se deba a la centralización de la articulación glenohumeral. No obstante, uno de estos estudios⁵³ también informó que no hubo diferencias entre los grupos con y sin retroalimentación con respecto al dolor de hombro, ya que ambos fueron eficaces para reducir el dolor a un nivel clínicamente relevante.

Todas aquellas intervenciones que se centraron en la aplicación del control motor dentro de su protocolo y que cuentan con varios tipos de retroalimentación, indistintamente sí es para la prevención o para el tratamiento del síndrome de pinzamiento subacromial cuentan con un factor en común, el cual es el trabajo de la musculatura periescapular, es decir, todos aquellos ejercicios que posicionan al omóplato en su debido lugar se enfocan en el UT, el LT y el SA. Los estudios enfocados en la prevención del SIS^{48, 49, 51} mejoraron el reclutamiento muscular, la cinemática escapular y la eficacia entre los músculos sinergistas del hombro; no obstante, los estudios^{50, 52, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 63, 64} que se centraron en la rehabilitación se les sumó la disminución del dolor a todos los beneficios ya mencionados.

Un trabajo de investigación basado en retroalimentación cinemática en 3D, informó que no causó efectos inmediatos en la cinemática escapular; sin embargo, se observaron cambios en la coordinación intersegmentaria de la cintura escapular tanto en la inclinación escapular al descender el brazo y en la rotación interna en el ascenso y descenso del brazo⁵⁸. En contraposición, otra investigación que utilizó la biorretroalimentación cinemática en 2D produjo cambios inmediatos y significativos en el rendimiento escapular, en el ejercicio de flexión de hombro después de una intervención específica centrada en la escápula⁴⁹.

Un caso especial dentro de la búsqueda bibliográfica fue una intervención novedosa denominada programa “ergomotor”⁵⁵, que consistió en la combinación del asesoramiento ergonómico junto con el control motor de los músculos hiperactivos e hipoactivos de la región del cuello y del hombro, el uso de la realidad virtual, el trabajo en el hogar y la fisioterapia. Esta intervención mostró una significativa disminución de la actividad del músculo trapecio superior a nivel bilateral durante los movimientos activos del cuello y las tareas funcionales. A su vez, el erector de la columna redujo su actividad en algunas fases de las tareas funcionales y aumentó la velocidad de los movimientos activos del cuello en el grupo “ergomotor” a diferencia del grupo control. Sin embargo, ambos grupos

informaron una reducción significativa pero similar en las puntuaciones de dolor, después de la intervención y al año de seguimiento.

Los siguientes estudios, aunque no incluyen los ejercicios de control motor, son importantes a la hora de tener en cuenta otras variables dentro del entrenamiento, las cuales son la intensidad y el tipo de contracción. Hubo una intervención, que investigó el sentido de la posición de las articulaciones del hombro, para verificar si el uso de intensidades de entrenamiento iguales o distintas promueven diferentes efectos en el sentido de la posición de las articulaciones. Se llegó a la conclusión que el entrenamiento con la misma intensidad mejoró el sentido de la posición de las articulaciones, en comparación a los ejercicios de diferentes intensidades. Esto sugiere que los primeros produjeron mejoras en la sensibilidad de los husos neuromusculares y, por lo tanto, un mejor control neuromuscular en el hombro⁵⁶.

Un estudio basado en los efectos de los ejercicios isotónicos para los músculos del manguito rotador y escapulares llegó a la conclusión de que tanto los programas de resistencia progresiva excéntrica como los de resistencia progresiva concéntrica mejoran la funcionalidad, el rango de movimiento activo y la fuerza en los/as pacientes con SIS, es decir, no se encontraron diferencias entre los dos modos de ejercicios⁵⁷. Además, otro estudio evidenció que la inclusión de los ejercicios excéntricos en un programa de rehabilitación tradicional redujo la intensidad del dolor en pacientes con SIS, en mayor medida que el ejercicio tradicional solo, aunque no se encontraron diferencias significativas en la mejora de la función entre los dos grupos⁶².

Por último, se constató que un programa de entrenamiento de fuerza compensatoria en tierra firme, con el objetivo de prevenir lesiones, no tiene un efecto agudo significativo sobre la disminución de la fuerza, la resistencia y el equilibrio muscular de los rotadores del hombro en nadadores/as. Por ende, los/as entrenadores/as de natación pueden diseñar e implementar ejercicios de fuerza para reforzar los músculos del manguito rotador en tierra firme⁵⁴.

VIII. Conclusión

La natación como deporte y como actividad física es reconocida y valorada a nivel mundial; es practicada desde las edades más tempranas hasta las más longevas. A lo largo de los años pasó de ser un deporte amateur a un deporte profesional; se han desarrollado diversas técnicas, se han aumentado las cantidades de competiciones y con esto, la cantidad de horas de entrenamiento invertidas.

No obstante, no todos son beneficios, debido a que el uso excesivo o abuso de las técnicas, puede llegar a generar ciertas alteraciones a nivel estructural. Una de las patologías más frecuentes dentro de la natación es el síndrome de pinzamiento subacromial. Este síndrome es una afección dolorosa que se produce en la región antero lateral, a causa del estrechamiento del espacio subacromial, que puede abarcar desde calcificaciones hasta tendinopatías.

En estos casos, la labor de los/as kinesiólogos/as es abordar el problema antes de que se instaure en la persona, es decir, aplicar los cuidados y programas necesarios para evitar futuras alteraciones que predispongan a la aparición del SIS. Entre ellos se destaca el ejercicio terapéutico supervisado por los/as kinesiólogos/as.

En esta Tesina, se destaca la implementación de los ejercicios de control motor como método preventivo, ya que el aprendizaje del gesto es eficaz al momento de producir cambios cinemáticos, siempre y cuando sea acompañado de la retroalimentación, ya que con esto se busca un posicionamiento adecuado del complejo articular del hombro para realizar la actividad. El fin de este proceso es la mejora de la coordinación y la posición para una buena función intersegmentaria, a fin de evitar posibles alteraciones y patologías.

Con los estudios expuestos, se demostraron cambios tanto inmediatos como mediatos de los ejercicios de control motor, ya que estos mejoraron el reclutamiento muscular, la cinemática escapular y la efectividad entre los músculos sinergistas de hombro.

Finalmente, los ejercicios de control motor son una herramienta efectiva que puede implementarse como método preventivo para el síndrome de pinzamiento subacromial en los/as nadadores/as.

Se propone esta producción escrita, como punto de partida para líneas de investigación futuras, con el objetivo de poder continuar con revisiones bibliográficas que aporten más datos respecto de la temática.

IX. Referencias bibliográficas

1. Zuñiga JT. La natación como herramienta para mejorar las habilidades motrices y coordinativas en la niñez. Revisión bibliográfica. Cali: Universidad de San Buenaventura [Internet]. 2022; [citado el 16 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/23121e74-801e-4e12-8787-a38d592b26ef/content>.
2. Macias S, Pérez S. Fortalecimiento excéntrico en tendinopatías del manguito de los rotadores asociadas a pinzamiento subacromial. Evidencia actual. Cir. Cir. [Internet]. 2015; [citado el 28 de noviembre de 2023];83 (1), 74–80. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009741115000328?via%3Dihub> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.circir.2015.04.029>.
3. Emro.who.int [Internet]. El Cairo: WHO EMRO [citado el 16 de agosto de 2023] Disponible en: <https://www.emro.who.int/about-who/public-health-functions/health-promotion-disease-prevention.html>.
4. Who.int. [Internet]. Ginebra: WHO; 2023 [citado el 16 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/rehabilitation>.
5. World.physio [Internet]. Reino Unido: World Physiotherapy; 2019 [citado el 23 de agosto de 2023]. Disponible en: https://world.physio/sites/default/files/2021-05/PS-2019-Description-of-PT-Spanish_0.pdf.
6. Shumway-Cook Anne, Woollacott Marjorie H. Control motor: elementos básicos y teorías. En: Mendoza Carlos, Núria Llavina. Control motor. De la investigación a la práctica clínica. 5a ed. Barcelona: Wolters Kluwer; 2017. p 24-57.
7. Matzkin E, Suslavich K, Wes D. Swimmer’s shoulder: Painful shoulder in the competitive swimmer. J Am Acad Orthop Surg [Internet]. 2016 [citado el 16 de agosto de 2023];24(8):527–536. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27355281/> DOI: <http://dx.doi.org/10.5435/jaaos-d-15-00313>.
8. Trinidad A, González-García H, López-Valenciano A. An updated review of the epidemiology of swimming injuries. PM&R [Internet]. 2020 [citado el 16 de julio de 2023];13(9):1005-1020. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33010194/> DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/pmrj.12503>.
9. De Martino I, Rodeo SA. The swimmer’s shoulder: Multi-directional instability. Curr Rev Musculoskelet Med [Internet]. 2018 [citado el 30 de julio de

- 2023];11(2):167-171. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29679207/>
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12178-018-9485-0>.
10. DLE: Diccionario de la Lengua Española [Internet]. Madrid: RAE; c1780 [actualizado en octubre de 2014; citado el 10 de diciembre de 2023]. Natación [1 pantalla]. Disponible en: <https://dle.rae.es/nataci%C3%B3n>.
 11. Olympics.com. [Internet]. Lausana: COI; [actualizado en 2024; citado el 13 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://olympics.com/en/sports/swimming/>.
 12. Britannica.com. [Internet]. EUA: The Editors of Encyclopedia Britannica. 1994 [actualizado el 17 de abril de 2024; citado el 13 de diciembre de 2023] En: <https://www.britannica.com/sports/swimming-sport>.
 13. Nuñez DS. Terapia acuática en pacientes con enfermedad neurológica. Revisión sistemática. Ucrea [Internet]. 2015 [citado el 8 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/10680/Silvia%20N%c3%ba%c3%b1ez%20Delgado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
 14. McNally S. Scarlett McNally: Boosting swimming for health and joy. BMJ [Internet]. 2024 [citado el 22 de marzo de 2024];q393. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38378195/> DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.q393>.
 15. van Tulleken C, Tipton M, Massey H, Harper CM. Open water swimming as a treatment for major depressive disorder. BMJ Case Rep [Internet]. 2018 [citado el 05 de febrero de 2024];bcr-2018-225007. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30131418/> DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bcr-2018-225007>.
 16. Su Y, Chen Z, Xie W. Swimming as treatment for osteoporosis: A systematic review and meta-analysis. Biomed Res Int [Internet]. 2020 [citado el 03 de febrero de 2024];2020(6210201):1–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32509864/> DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2020/6210201>.
 17. Camacho, C, Vallejo, C. La natación como una herramienta terapéutica para el desarrollo de las conductas motrices de base en niños con parálisis cerebral. Santiago de Cali: Institución Universitaria Antonio José Camacho [Internet]. 2023 [citado el 02 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uniajc.edu.co/handle/uniajc/2010>.
 18. Fundaciondelcorazon.com [Internet]. Madrid: Dra. Mondéjar, D; [actualizado el 01 de septiembre de 2018; citado el 20 de enero de 2024]. Disponible en:

- <https://fundaciondelcorazon.com/ejercicio/deportes/825-natacion-para-el-paciente-cardiovascular.html>.
19. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S, et al. Guía ESC 2020 sobre cardiología del deporte y el ejercicio en pacientes con enfermedad cardiovascular. *Rev Esp Cardiol* [Internet]. 2021 [citado el 20 de enero de 2024];74(6):545.e1-545.e73. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300893221000750?via%3Dihub> DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.recesp.2020.11.026>.
 20. Llana Belloch S, Pérez Soriano P, Del Valle A, Sala Martínez P. Historia de la Natación II: Desde el Renacimiento hasta la aparición y consolidación de los actuales estilos de competición. *Citius Altius Fortius* [Internet]. 2016 [citado el 1 de enero de 2024];5(1). Disponible en: <https://revistas.uam.es/caf/article/view/2957/3172>.
 21. COA: Comité Olímpico Argentino [Internet]. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: COA; [citado el 8 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.coarg.org.ar/institucional/sponsors-coi/item/209-historia-de-los-juegos-ol%C3%ADmpicos>.
 22. García MG, Fernandez FG, Castillo BP. Técnicas de natación. 1a ed. Valencia: Educàlia editorial;2022.
 23. Kapandji AI. Fisiología articular: esquemas comentados de mecánica humana. Tomo 1. 6a ed. Madrid: Panamericana; 2006.
 24. Moore KL, Dalley AF, Angur AMR. Miembro superior. En: Mendoza, Carlos. Anatomía con orientación clínica. 8a ed. Barcelona: Wolters Kluwer; 2018. p.310-567.
 25. Vidal Fuentes J. Versión actualizada de la definición de dolor de la IASP: un paso adelante o un paso atrás. *Rev Soc Esp Dolor* [Internet]. 2020 [citado el 02 de diciembre de 2023];27(4):232–233. Disponible en: <https://www.resed.es/Version-actualizada-de-la-definicion-de-dolor-de-la-IASP-un-paso-adelante-o-un-paso-atras990> DOI: <http://dx.doi.org/10.20986/resed.2020.3839/2020>.
 26. Domínguez-Gasca LG, Chico-Carpizo F, Magaña-Reyes J, Domínguez-Carrillo LG. Shoulder injuries in the elderly and their functional impact on the DASH scale. *Acta Ortop Mex* [Internet]. 2018 [citado el 8 de enero de 2024];32(1):13–6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30182540/>.

27. Arce Chaves A, Blanco Artola C, Gómez Solórzano N. Síndrome del manguito de los rotadores: Generalidades en el manejo no quirúrgico para el primer nivel de atención. *Rev Medica Sinerg* [Internet]. 2020 [citado el 22 de diciembre de 2023];5(9):e571. Disponible en: <https://revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/571> DOI: <http://dx.doi.org/10.31434/rms.v5i9.571>.
28. Guo AA, Hackett L, Murrell GAC. Stiffness and arthroscopic rotator cuff repair: a literature review. *Ann Jt* [Internet]. 2023 [citado el 07 de febrero de 2024];8:7–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38529245/> DOI: <http://dx.doi.org/10.21037/aoj-22-26>.
29. Chen K, Yin S, Wang X, Lin Q, Duan H, Zhang Z, et al. Effect of extracorporeal shock wave therapy for rotator cuff tendonitis: A protocol for systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2020 [citado el 08 de febrero de 2024];99(48):e22661. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33235062/> DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/md.00000000000022661>.
30. Park SW, Chen YT, Thompson L, Kjoenoe A, Juul-Kristensen B, Cavalheri V, et al. No relationship between the acromiohumeral distance and pain in adults with subacromial pain syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* [Internet]. 2020 [citado el 08 de febrero de 2024];10(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33244115/>.
31. Creech JA, Silver S. Shoulder Impingement Syndrome [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [actualizado el 17 abril 2023; citado el 29 Diciembre 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32119405/>.
32. Pesquer L, Borghol S, Meyer P, Ropars M, Dallaudière B, Abadie P. Multimodality imaging of subacromial impingement syndrome. *Skeletal Radiol* [Internet]. 2018 [citado el 23 de diciembre de 2023];47(7):923–37. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29445933/> DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00256-018-2875-y>.
33. Consigliere P, Haddo O, Levy O, Sforza G. Subacromial impingement syndrome: management challenges. *Orthop Res Rev* [Internet]. 2018 [citado el 23 de diciembre de 2023];10:83–91. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30774463/> DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/orr.s157864>.

34. Ks D. Subacromial impingement syndrome of the shoulder: A musculoskeletal disorder or a medical myth? *Malays Orthop J* [Internet]. 2019 [citado el 26 de diciembre de 2023];13(3):1–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31890103/> DOI: <http://dx.doi.org/10.5704/moj.1911.001>.
35. Gutiérrez-Espinoza H, Araya-Quintanilla F, Cereceda-Muriel C, Álvarez-Bueno C, Martínez-Vizcaíno V, Cavero-Redondo I. Effect of supervised physiotherapy versus home exercise program in patients with subacromial impingement syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2020 [citado el 12 de diciembre de 2023];41:34–42. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31726386/>.
36. Shire AR, Stæhr TAB, Overby JB, Bastholm Dahl M, Sandell Jacobsen J, Høyrup Christiansen D. Specific or general exercise strategy for subacromial impingement syndrome—does it matter? A systematic literature review and meta analysis. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2017 [citado el 29 de diciembre de 2023];18(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28416022/> DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12891-017-1518-0>.
37. Bishop JY, Santiago-Torres JE, Rimmke N, Flanigan DC. Smoking predisposes to rotator cuff pathology and shoulder dysfunction: A systematic review. *Arthroscopy* [Internet]. 2015 [citado el 29 de diciembre de 2023];31(8):1598–605. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25801046/> DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2015.01.026>.
38. Davis DD, Nickerson M, Varacallo M. *Swimmer’s Shoulder* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [actualizado el 22 de noviembre de 2023; citado el 29 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470589/>.
39. Feijen S, Tate A, Kuppens K, Claes A, Struyf F. Swim-training volume and shoulder pain across the life span of the competitive swimmer: A systematic review. *J Athl Train* [Internet]. 2020 [citado el 02 de enero de 2024];55(1):32–41. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31935141/> DOI: <http://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-439-18>.
40. Garving C, Jakob S, Bauer I, Nadjar R, Brunner UH. Impingement syndrome of the shoulder. *Dtsch Arztebl Int* [Internet]. 2017 [citado el 04 de enero de 2024]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29202926/> DOI: <http://dx.doi.org/10.3238/arztebl.2017.0765>.

41. Beirer M, Imhoff AB, Braun S. Impingement-Syndrome der Schulter. Orthopade [Internet]. 2017 [citado el 03 de enero de 2024];46(4):373–86. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28239741/> DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00132-017-3402-x>.
42. Who.int [Internet]. New York: WHO; 2023 [citado el 23 de enero de 2024] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>.
43. Who.int [Internet]. New York: WHO; 2020 [citado el 23 de enero de 2024] Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>.
44. Who.int [Internet]. New York: WHO; 2024 [citado el 7 de marzo de 2024] Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>.
45. Schwank A, Blazey P, Asker M, Møller M, Hägglund M, Gard S, et al. 2022 Bern consensus statement on shoulder injury prevention, rehabilitation, and return to sport for athletes at all participation levels. J Orthop Sports Phys Ther [Internet]. 2022 [citado el 04 de enero de 2024];52(1):11–28. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34972489/> DOI: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2022.10952>.
46. Shumway-Cook Anne, Woollacott Marjorie H. Aprendizaje motor y recuperación de la función. En: Mendoza Carlos, Núria Llavina. Control motor. De la investigación a la práctica clínica. 5a ed. Barcelona: Wolters Kluwer; 2017. p 58-103.
47. Shumway-Cook Anne, Woollacott Marjorie H. Fisiología del control motor. En: Mendoza Carlos, Núria Llavina. Control motor. De la investigación a la práctica clínica. 5a ed. Barcelona: Wolters Kluwer; 2017. p 104-169.
48. Charry FB, Martínez MJL, Rozo L, Jurgensen F, Guerrero-Henriquez J. In vivo effects of two shoulder girdle motor control exercises on acromiohumeral and coracohumeral distances in healthy men. J Man Manip Ther [Internet]. 2021 [citado el 2 de marzo de 2024];29(6):367–75. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34260343/> DOI: <https://doi.org/10.1080/10669817.2021.1950300>.
49. Antunes A, Carnide F, Matias R. Real-time kinematic biofeedback improves scapulothoracic control and performance during scapular-focused exercises: A single-blind randomized controlled laboratory study. Hum Mov Sci [Internet]. 2016 [citado el 2 de marzo de 2024];48:44–53. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27107896/>.

50. Worsley P, Warner M, Mottram S, Gadola S, Veeger HEJ, Hermens H, et al. Motor control retraining exercises for shoulder impingement: effects on function, muscle activation, and biomechanics in young adults. *J Shoulder Elbow Surg* [Internet]. 2013 [citado el 2 de marzo de 2024];22(4):e11–9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22947240/>.
51. Urra O, Casals A, Jane R. The impact of visual feedback on the motor control of the upper-limb [Internet]. 2015 [citado el 3 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26737157/>.
52. Huang T-S, Du W-Y, Wang T-G, Tsai Y-S, Yang J-L, Huang C-Y, et al. Progressive conscious control of scapular orientation with video feedback has improvement in muscle balance ratio in patients with scapular dyskinesis: a randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg* [Internet]. 2018 [citado el 2 de marzo de 2024];27(8):1407–14. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29886062/>.
53. Juul-Kristensen B, Larsen CM, Eshoj H, Clemmensen T, Hansen A, Bo Jensen P, et al. Positive effects of neuromuscular shoulder exercises with or without EMG-biofeedback, on pain and function in participants with subacromial pain syndrome – A randomised controlled trial. *J Electromyogr Kinesiol* [Internet]. 2019 [citado el 7 de marzo de 2024];48:161–168. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31394380/>.
54. Batalha N, Paixão C, Silva AJ, Costa MJ, Mullen J, Barbosa TM. The effectiveness of a dry-land shoulder rotators strength training program in injury prevention in Competitive swimmers. *J Hum Kinet* [Internet]. 2020 [citado el 5 de marzo de 2024];71(1):11–20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32148569/>.
55. Tsang SMH, So BCL, Lau RWL, Dai J, Szeto GPY. Effects of combining ergonomic interventions and motor control exercises on muscle activity and kinematics in people with work-related neck–shoulder pain. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2018 [citado el 5 de marzo de 2024];118(4):751–65. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29335773/> DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3802-6>.
56. Salles JI, Velasques B, Cossich V, Nicoliche E, Ribeiro P, Amaral MV, et al. Strength training and shoulder proprioception. *J Athl Train* [Internet]. 2015 [citado el 5 de marzo de 2024];50(3):277–80. Disponible en:

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25594912/> DOI: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.84>.
57. Blume C, Wang-Price S, Trudelle-Jackson E, Ortiz A. Comparison of eccentric and concentric exercise interventions in adults with subacromial impingement syndrome. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2015 [citado el 5 de marzo de 2024];10(4):441–55. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26346332/>.
 58. Hotta GH, Queiroz POP, de Lemos TW, Rossi DM, Scatolin R de O, de Oliveira AS. Immediate effect of scapula-focused exercises performed with kinematic biofeedback on scapular kinematics in individuals with subacromial pain syndrome. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* [Internet]. 2018 [citado el 5 de marzo de 2024];58:7–13. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30005425/>.
 59. Kim S-Y, Weon J-H, Jung D-Y, Oh J-S. Effect of the scapula-setting exercise on acromio-humeral distance and scapula muscle activity in patients with subacromial impingement syndrome. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2019 [citado el 5 de marzo de 2024];37:99–104. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30917332/>.
 60. Jeon N-Y, Chon S-C. Effect of glenohumeral stabilization exercises combined with scapular stabilization on shoulder function in patients with shoulder pain: A randomized controlled experimenter-blinded study. *J Back Musculoskeletal Rehabil* [Internet]. 2018 [citado el 10 de marzo de 2024];31(2):259–65. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29278869/>.
 61. Dos Santos C, Jones MA, Matias R. Short- and long-term effects of a scapular-focused exercise protocol for patients with shoulder dysfunctions—A prospective cohort. *Sensors (Basel)* [Internet]. 2021 [citado el 12 de marzo de 2024];21(8):2888. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33924207/> DOI: <https://doi.org/10.3390/s21082888>.
 62. Watanabe A, Ono-matsukubo Q, Nishigami T, Maitani T, Mibu A, Hirooka T, et al. Generalizability of eccentric exercise for patients with subacromial pain syndrome to real-world clinical practice: A propensity score-based analysis. *Prog Rehabil Med* [Internet]. 2021 [citado el 12 de marzo de 2024];6(0). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33860110/> DOI: <https://doi.org/10.2490/prm.20210019>.
 63. Du W-Y, Huang T-S, Chiu Y-C, Mao S-J, Hung L-W, Liu M-F, et al. Single-session video and electromyography feedback in overhead athletes with scapular dyskinesis and impingement syndrome. *J Athl Train* [Internet]. 2020 [citado el 12

de marzo de 2024];55(3):265–73. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31876455/>.

64. Moslehi M, Letafatkar A, Miri H. Feedback improves the scapular-focused treatment effects in patients with shoulder impingement syndrome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2021 [citado el 12 de marzo de 2024];29(7):2281–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32725447/>.