

*Galileo*  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL  
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



## **Instituto Profesional en Terapias y Humanidades**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS BENEFICIOS TERAPÉUTICOS DEL FORTALECIMIENTO DEL MANGUITO ROTADOR EN EL PINZAMIENTO SUBACROMIAL EN NADADORES DE ALTO RENDIMIENTO EN EL ESTILO CROL DE 16 A 20 AÑOS PARA MEJORAR EL GESTO DEPORTIVO**

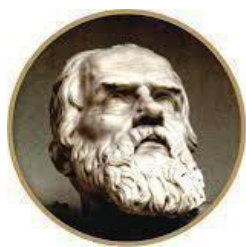


Que Presenta

**Guido Estuardo Echeverría Rivera**

Ponente

**Ciudad de Guatemala, Guatemala. Diciembre 2024**



**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

**INSTITUTO PROFESIONAL  
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES**  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



## **Instituto Profesional en Terapias y Humanidades**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS BENEFICIOS TERAPÉUTICOS DEL FORTALECIMIENTO DEL MANGUITO ROTADOR EN EL PINZAMIENTO SUBACROMIAL EN NADADORES DE ALTO RENDIMIENTO EN EL ESTILO CROL DE 16 A 20 AÑOS PARA MEJROAR EL GESTO DEPORTIVO**



Tesis profesional para obtener el Título de  
Licenciado en Fisioterapia

Que Presenta

**Guido Estuardo Echeverría**

Ponente

**LFT. Itzel Dorantes Venancio**

Director de Tesis

**Lic. María Isabel Díaz Sabán**

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala. Diciembre 2024

## INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente

Guido Estuardo Echeverría Rivera

Director de Tesis

LFT. Itzel Dorantes Venancio

Asesor Metodológico

Lic. María Isabel Díaz Sabán

Guatemala, 16 de noviembre de 2024

Alumno  
Guido Estuardo Echeverria Rivera  
Presente

Respetable Alumno:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos del fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar el gesto deportivo”** correspondiente al Examen General Privado de la carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por **APROBADO** el mismo.

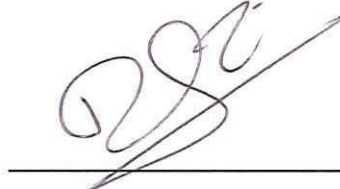
Aprovechamos la oportunidad para felicitarle y desearle éxito en el desempeño de su profesión.

Atentamente,

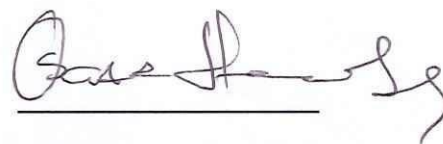
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD



Lic. Emanuel Alexander  
Vásquez Monzón  
Secretario



Lic. Diego Estuardo Jiménez  
Rosales  
Presidente



Lic. Oscar Omar Hernández  
González  
Examinador

Guatemala, 26 de abril del 2023

Doctora  
Vilma Chávez de Pop  
Decana  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Galileo  
Presente

Respetable Doctora Chávez:

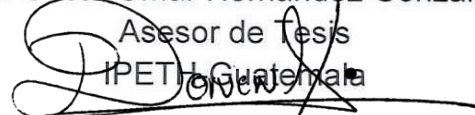
Tengo el gusto de informarle que se ha realizado la revisión del trabajo de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos del fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar el gesto deportivo”** del alumno Guido Estuardo Echeverría Rivera.

Después de realizar la revisión del trabajo he considerado que cumple con todos los requisitos técnicos solicitados, por lo tanto, el autor y el asesor se hacen responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,



Lic. Oscar Omar Hernandez Gonzalez



Lic. Itzel Dorante Venancio

Asesor de tesis  
IPETH – Guatemala

Guatemala, 26 de abril del 2023

Doctora  
Vilma Chávez de Pop  
Decana  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Galileo  
Presente

Respetable Doctora Chávez:

Tengo el gusto de informarle que se ha realizado la revisión del trabajo de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos del fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar el gesto deportivo”** del alumno Guido Estuardo Echeverría Rivera.

Después de realizar la revisión del trabajo he considerado que cumple con todos los requisitos técnicos solicitados, por lo tanto, el autor y el asesor se hacen responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,



Lic. Oscar Omar Hernandez González  
Asesor de Tesis  
IPETH-Guatemala

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA COTEJO DE TESINA  
DIRECTOR DE TESINA**

|                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nombre del Director:</b> LFT. Itzel Dorantes Venancio                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Nombre del Estudiante:</b> Guido Estuardo Echeverría Rivera                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Nombre de la Tesina/sis:</b> Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos del fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar el gesto deportivo |
| <b>Fecha de realización:</b> Noviembre 2023                                                                                                                                                                                                                     |

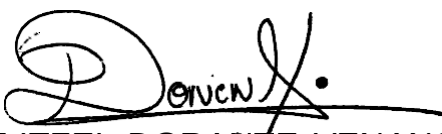
**Instrucciones:** Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

**ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA**

| No. | Aspecto a Evaluar                                                                                                                   | Registro de Cumplimiento |    | Observaciones |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----|---------------|
|     |                                                                                                                                     | Si                       | No |               |
| 1.  | El tema es adecuado a sus Estudios de Licenciatura.                                                                                 | x                        |    |               |
| 2.  | El título es claro, preciso y evidencia claramente la problemática referida.                                                        | x                        |    |               |
| 3.  | La identificación del problema de investigación plasma la importancia de la investigación.                                          | x                        |    |               |
| 4.  | El problema tiene relevancia y pertinencia social y ha sido adecuadamente explicado junto con sus interrogantes.                    | x                        |    |               |
| 5.  | El resumen es pertinente al proceso de investigación.                                                                               | x                        |    |               |
| 6.  | Los objetivos tanto generales como específicos han sido expuestos en forma correcta, en base al proceso de investigación realizado. | x                        |    |               |
| 7.  | Justifica consistentemente su propuesta de estudio.                                                                                 | x                        |    |               |
| 8.  | El planteamiento es claro y preciso, claramente en qué consiste su problema.                                                        | x                        |    |               |
| 9.  | La pregunta es pertinente a la investigación realizada.                                                                             | x                        |    |               |
| 10. | Los objetivos tanto generales como específicos, evidencia lo que se persigue realizar con la investigación.                         | x                        |    |               |
| 11. | Sus objetivos fueron verificados.                                                                                                   | x                        |    |               |
| 12. | Los aportes han sido manifestados en forma correcta.                                                                                | x                        |    |               |

|     |                                                                                                                                  |   |  |  |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|--|
| 13. | Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.                                                                 | X |  |  |
| 14. | Las perspectivas de investigación son fácilmente verificables.                                                                   | X |  |  |
| 15. | Las conclusiones directamente derivan del proceso de investigación realizado                                                     | X |  |  |
| 16. | El capítulo I se encuentra adecuadamente estructurado en base a los antecedentes que debe contener.                              | X |  |  |
| 17. | En el capítulo II se explica y evidencia de forma correcta el problema de investigación.                                         | X |  |  |
| 18. | El capítulo III plasma el proceso metodológico realizado en la investigación.                                                    | X |  |  |
| 19. | El capítulo IV proyecta los resultados, discusión, conclusiones y perspectivas pertinentes en base a la investigación realizada. | X |  |  |
| 20. | El señalamiento a fuentes de información documentales y empíricas es el correcto.                                                | X |  |  |
| 21. | Permite al estudiante una proyección a nivel investigativo.                                                                      | X |  |  |

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución

  
LFT ITZEL DORANTE VENANCIO  
 Nombre y Firma Del Director de Tesina



IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C.  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA  
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESINA  
ASESOR METODOLÓGICO

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nombre del Asesor:</b>       | Lic. María Isabel Díaz Sabán                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Nombre del Estudiante:</b>   | Guido Estuardo Echeverría Rivera                                                                                                                                                                                                |
| <b>Nombre de la Tesina/sis:</b> | Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos del fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar el gesto deportivo |
| <b>Fecha de realización:</b>    | Noviembre 2023                                                                                                                                                                                                                  |

**Instrucciones:** Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

| No. | Aspecto a evaluar                                           | Registro de cumplimiento |    | Observaciones |
|-----|-------------------------------------------------------------|--------------------------|----|---------------|
| 1   | <b>Formato de Página</b>                                    | Si                       | No |               |
| a.  | Hoja tamaño carta.                                          | X                        |    |               |
| b.  | Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.               | X                        |    |               |
| c.  | Margen izquierdo a 3.0 cm.                                  | X                        |    |               |
| d.  | Orientación vertical excepto gráficos.                      | X                        |    |               |
| e.  | Paginación correcta.                                        | X                        |    |               |
| f.  | Números romanos en minúsculas.                              | X                        |    |               |
| g.  | Página de cada capítulo sin paginación.                     | X                        |    |               |
| h.  | Todos los títulos se encuentran escritos de forma correcta. | X                        |    |               |
| i.  | Times New Roman (Tamaño 12).                                | X                        |    |               |
| j.  | Color fuente negro.                                         | X                        |    |               |
| k.  | Estilo fuente normal.                                       | X                        |    |               |
| l.  | Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.           | X                        |    |               |
| m.  | Texto alineado a la izquierda.                              | X                        |    |               |
| n.  | Sangría de 5 cm. Al iniciar cada párrafo.                   | X                        |    |               |
| o.  | Interlineado a 2.0                                          | X                        |    |               |
| p.  | Resumen sin sangrías.                                       | X                        |    |               |
| 2.  | <b>Formato Redacción</b>                                    | Si                       | No | Observaciones |
| a.  | Sin faltas ortográficas.                                    | X                        |    |               |
| b.  | Sin uso de pronombres y adjetivos personales.               | X                        |    |               |
| c.  | Extensión de oraciones y párrafos variado y medurado.       | X                        |    |               |
| d.  | Continuidad en los párrafos.                                | X                        |    |               |
| e.  | Párrafos con estructura correcta.                           | X                        |    |               |
| f.  | Sin uso de gerundios (ando, iendo)                          | X                        |    |               |
| g.  | Correcta escritura numérica.                                | X                        |    |               |

|           |                                                                                                                                                                                                                             |           |           |                      |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------------------|
| h.        | Oraciones completas.                                                                                                                                                                                                        | X         |           |                      |
| i.        | Adecuado uso de oraciones de enlace.                                                                                                                                                                                        | X         |           |                      |
| j.        | Uso correcto de signos de puntuación.                                                                                                                                                                                       | X         |           |                      |
| k.        | Uso correcto de tildes.                                                                                                                                                                                                     | X         |           |                      |
| l.        | Empleo mínimo de paréntesis.                                                                                                                                                                                                | X         |           |                      |
| m.        | Uso del pasado verbal para la descripción del procedimiento y la presentación de resultados.                                                                                                                                | X         |           |                      |
| n.        | Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y las conclusiones.                                                                                                                                                   | X         |           |                      |
| <b>3.</b> | <b>Formato de Cita</b>                                                                                                                                                                                                      | <b>Si</b> | <b>No</b> | <b>Observaciones</b> |
| a.        | Empleo mínimo de citas.                                                                                                                                                                                                     | X         |           |                      |
| b.        | Citas textuales o directas: menores a 40 palabras, dentro de párrafo u oración y entrecomilladas.                                                                                                                           | X         |           |                      |
| c.        | Citas textuales o directas: de 40 palabras o más, en párrafo aparte, sin comillas y con sangría de lado izquierdo de 5 golpes.                                                                                              | X         |           |                      |
| d.        | Uso de tres puntos suspensivos dentro de la cita para indicar que se ha omitido material de la oración original. Uso de cuatro puntos suspensivos para indicar cualquier omisión entre dos oraciones de la fuente original. | X         |           |                      |
| <b>4.</b> | <b>Formato referencias</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>Si</b> | <b>No</b> | <b>Observaciones</b> |
| a.        | Correcto orden de contenido con referencias.                                                                                                                                                                                | X         |           |                      |
| b.        | Referencias ordenadas alfabéticamente.                                                                                                                                                                                      | X         |           |                      |
| c.        | Correcta aplicación del formato APA 2016.                                                                                                                                                                                   | X         |           |                      |
| <b>5.</b> | <b>Marco Metodológico</b>                                                                                                                                                                                                   | <b>Si</b> | <b>No</b> | <b>Observaciones</b> |
| a.        | Agrupó, organizó y comunicó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.                                                                                                                                       | X         |           |                      |
| b.        | Las fuentes consultadas fueron las correctas y de confianza.                                                                                                                                                                | X         |           |                      |
| c.        | Seleccionó solamente la información que respondiese a su pregunta de investigación.                                                                                                                                         | X         |           |                      |
| d.        | Pensó acerca de la actualidad de la información.                                                                                                                                                                            | X         |           |                      |
| e.        | Tomó en cuenta la diferencia entre hecho y opinión.                                                                                                                                                                         | X         |           |                      |
| f.        | Tuvo cuidado con la información sesgada.                                                                                                                                                                                    | X         |           |                      |
| g.        | Comparó adecuadamente la información que recopiló de varias fuentes.                                                                                                                                                        | X         |           |                      |
| h.        | Utilizó organizadores gráficos para ayudar al lector a comprender información conjunta.                                                                                                                                     | X         |           |                      |
| i.        | El método utilizado es el pertinente para el proceso de la investigación.                                                                                                                                                   | X         |           |                      |
| j.        | Los materiales utilizados fueron los correctos.                                                                                                                                                                             | X         |           |                      |
| k.        | El estudiante conoce la metodología aplicada en su proceso de investigación.                                                                                                                                                | X         |           |                      |

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



Lic. María Isabel Díaz Sabán

Nombre y Firma del Asesor Metodológico

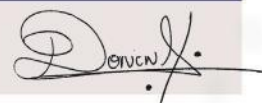
**DICTAMEN DE TESINA**

Siendo el día 30 del mes de noviembre del año 2023.

Los C.C

**Director de Tesina**  
Función

LFT. Itzel Dorante Venancio

**Asesor Metodológico**  
Función

Lic. María Isabel Díaz Sabán

**Coordinador de Titulación**  
Función

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón

**Autorizan la tesina con el nombre**

Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos del fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar el gesto deportivo

**Realizada por el Alumno:****Guido Estuardo Echeverría Rivera**

Para que pueda realizar la segunda fase de su Examen Privado y de esta forma poder obtener el Título como Licenciado en Fisioterapia.

 **IPETH®**  
Titulación Campus Guatemala  
  
**Firma y Sello de Coordinación de Titulación**

INSTITUTO PROFESIONAL  
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



En ejercicio de las atribuciones que le confiere el artículo 171 literal a) de la Constitución Política de la República de Guatemala y con fundamento en los Artículos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 24, 43, 49, 63, 64, 65, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 83, 84, 104, 105, 106, 107, 108, 112 y demás relativos a la Ley De Derecho De Autor Y Derechos Conexos De Guatemala Decreto Número 33-98 yo **Guido**

**Estuardo Echeverría Rivera**

como titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **Revisión bibliográfica de**

**los beneficios terapéuticos del fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar el gesto deportivo**

; otorgo de manera gratuita y permanente al IPETH, Instituto Profesional en Terapias y divulguen entre sus usuarios, profesores, estudiantes o terceras personas, sin que pueda recibir por tal divulgación una contraprestación.

Fecha

30 de noviembre, 2023

Guido Estuardo Echeverría Rivera  
Nombre completo

  
Firma de cesión de derechos

## **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación es dedicado a Dios ya que sin Él no hubiera podido siquiera conocer de la universidad y así encontrar mi vocación. Él es quien me brindó oportunidades, fuerza para afrontar cada situación y la voluntad para seguir adelante a pesar de las dificultades que se presentan en esta carrera. Esta investigación es el resultado de un arduo trabajo en el cual he podido ver como Dios fue quien estuvo a mi lado en cada una de las fases. También es dedicado a mis padres quienes fueron los que con esfuerzo me han apoyado y brindado todo aquello que necesité en esta carrera para seguir avanzando y lograr estar en este punto en el que estoy.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, las gracias son para Dios que me ha permitido llegar hasta este punto a pesar de las dificultades que empezaron desde el 1er semestre, la fuerza y voluntad me las ha dado Él en todo este proceso académico y de tesis. Los demás agradecimientos van hacia mi familia que siempre han estado pendientes de mis estudios y han ofrecido ayuda en la elaboración de mi tesis y principalmente a mis papás que son los que han hecho el esfuerzo por ayudarme a llegar a la cima de mis estudios. También a mis amigos que fueron mi apoyo, motivación y ayuda en cada uno de los momentos de los 3 años que llevamos de esta carrera. Finalmente le doy las gracias a mi directora de tesis quien fue mi guía en la realización de mi tesis y a mi asesora de tesis que también me ayudó a lograr una tesis de calidad.

## **Palabras clave**

Pinzamiento subacromial

Tendinopatía

Fortalecimiento

Nadadores

Gesto deportivo

# Índice

|                                              |      |
|----------------------------------------------|------|
| Portadilla .....                             | i    |
| Investigadores responsables .....            | ii   |
| Hoja de autoridades y terna examinadora..... | iii  |
| Carta de aprobación de asesor de tesis ..... | iv   |
| Carta de aprobación revisor de tesis.....    | v    |
| Listas cotejo asesor y metodólogo .....      | vi   |
| Dictamen de tesis.....                       | x    |
| Titular de derechos .....                    | xi   |
| Dedicatoria .....                            | xii  |
| Agradecimiento .....                         | xiii |
| Palabras clave.....                          | xiv  |
| Resumen.....                                 | 1    |
| Capítulo I.....                              | 2    |
| Marco Teórico.....                           | 2    |
| 1.1 Antecedentes Generales .....             | 2    |
| 1.1.2 Sistema muscular.....                  | 3    |
| 1.1.3 Articulaciones .....                   | 15   |
| 1.1.4 Cintura escapular .....                | 23   |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 1.1.5 Complejo articular del hombro.....              | 23 |
| 1.1.6 Manguito rotador .....                          | 28 |
| 1.1.7 Natación.....                                   | 28 |
| 1.1.8 Pinzamiento subacromial.....                    | 31 |
| 1.1.9 Epidemiología.....                              | 35 |
| 1.1.10 Etiología.....                                 | 36 |
| 1.1.11 Mecánica de lesión .....                       | 38 |
| 1.1.12 Diagnóstico .....                              | 40 |
| 1.1.13 Cuadro clínico.....                            | 42 |
| 1.1.14 Afectación en la funcionalidad deportiva ..... | 43 |
| 1.1.15 Capacidades físicas del atleta .....           | 45 |
| 1.1.16 Proceso de rehabilitación .....                | 46 |
| 1.2 Antecedentes Específicos .....                    | 48 |
| 1.2.1 Natación.....                                   | 48 |
| 1.2.2 Gesto deportivo.....                            | 48 |
| 1.2.3 Pinzamiento Subacromial .....                   | 52 |
| 1.2.4 Alteraciones motoras .....                      | 52 |
| 1.2.5 Principios del entrenamiento.....               | 53 |
| 1.2.6 Fases del entrenamiento .....                   | 55 |
| 1.2.7 Musculatura del manguito rotador.....           | 56 |

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 1.2.8 Ejercicio de fortalecimiento .....         | 56 |
| 1.2.9 Beneficios del ejercicio terapéutico ..... | 57 |
| 1.2.10 Indicaciones y contraindicaciones.....    | 58 |
| 1.2.11 Aplicación y dosificación .....           | 59 |
| 1.2.12 Mejora del gesto deportivo .....          | 60 |
| Capítulo II.....                                 | 62 |
| Planteamiento del problema .....                 | 62 |
| 2.1 Planteamiento del Problema .....             | 62 |
| 2.2 Justificación.....                           | 65 |
| 2.3 Objetivos .....                              | 67 |
| 2.3.1 Objetivo general .....                     | 67 |
| 2.3.2 Objetivos específicos .....                | 67 |
| Capítulo III.....                                | 69 |
| Marco Metodológico .....                         | 69 |
| 3.1 Materiales .....                             | 69 |
| 3.2 Métodos.....                                 | 71 |
| 3.2.3 Método de estudio.....                     | 72 |
| 3.2.4 Diseño de la investigación .....           | 72 |
| 3.2.5 Criterios de Selección .....               | 72 |
| 3.3 Variables.....                               | 73 |

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 3.3.1 Variable independiente .....          | 73 |
| 3.3.2 Variable Dependiente .....            | 73 |
| 3.3.3 Operacionalización de variables ..... | 73 |
| Capítulo IV .....                           | 75 |
| Resultados .....                            | 75 |
| 4.1 Resultados .....                        | 75 |
| 4.2 Discusión .....                         | 81 |
| 4.3 Conclusión .....                        | 83 |
| 4.4 Perspectivas .....                      | 84 |
| Referencias .....                           | 86 |

## Índice de Figuras

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Salida de mano.....             | 50 |
| <b>Figura 2</b> Fase temprana .....             | 50 |
| <b>Figura 3</b> Fase de recuperación.....       | 51 |
| <b>Figura 4</b> Fase de Empuje.....             | 51 |
| <b>Figura 5</b> Gráfico de bases de datos ..... | 70 |

## Índice de Tablas

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Proteínas de las fibras musculoesqueléticas.....      | 9  |
| <b>Tabla 2</b> Articulaciones sinoviales .....                       | 21 |
| <b>Tabla 3</b> Músculos del manguito rotador .....                   | 28 |
| <b>Tabla 4</b> Pruebas diagnósticas de pinzamiento subacromial ..... | 40 |
| <b>Tabla 5</b> Base de datos.....                                    | 70 |
| <b>Tabla 6</b> Criterios de selección.....                           | 72 |
| <b>Tabla 7</b> Operacionalización de variables .....                 | 73 |
| <b>Tabla 8</b> Resultados de objetivo 1.....                         | 75 |
| <b>Tabla 9</b> Resultados de objetivo 2.....                         | 79 |
| <b>Tabla 10</b> Resultados de objetivo 3.....                        | 80 |

## **Resumen**

La anatomía ósea del complejo articular del hombro se basa en la cintura escapular y la musculatura implicada es la del manguito rotador para proveer sus movimientos. El pinzamiento subacromial en la compresión de los tendones del manguito rotador, siendo esta la patología más presente en los nadadores de alto rendimiento ya que se presenta por el continuo movimiento de pasar el brazo sobre la cabeza al momento realizar la brazada del estilo crol. El diagnóstico de esta patología es mediante pruebas específicas. Esta patología llega a bajar el rendimiento del nadador ya que los síntomas reducen la capacidad funcional del hombro. Usualmente se trata con agentes físicos, cortico esteroides y a veces con cirugías. La natación es el deporte de moverse en el agua lo más veloz posible. El gesto deportivo de la brazada de crol consta de pasar la mano por encima de la cabeza e impulsarse debajo del agua, juntando múltiples movimientos de brazo que provocan la tendinitis del manguito rotador. El fortalecer ayuda al músculo a adaptarse a las fuerzas que se le somete y provee de fuerza, y aplicado al manguito rotador rehabilita y aumenta el rendimiento del nadador al ayudar en la técnica del gesto deportivo.

Se plantean objetivos de conocer la causa del pinzamiento subacromial y cómo afecta a los nadadores, la dosificación correcta de los ejercicios de fortalecimiento y los beneficios que trae este tipo de entrenamiento a los nadadores. Para esta investigación se tiene un enfoque cualitativo, es un tipo de estudio descriptivo, hecho con el método de análisis y síntesis, y el diseño es no experimental y de corte transversal.

Se concluye que el fortalecimiento del manguito rotador logra rehabilitar la patología y al mismo tiempo logra mejorar el gesto deportivo lo que lleva al aumento del rendimiento deportivo.

# **Capítulo I**

## **Marco Teórico**

### **1.1 Antecedentes Generales**

El deporte de la natación a nivel competitivo de alto rendimiento tiene implicadas las extremidades del tren inferior y del tren superior realizando una acción de propulsión hacia adelante por medio de movimientos rítmicos, coordinados y repetitivos, teniendo una implicación mayor en los miembros superiores. El dolor en el hombro en la natación es la lesión más evidenciada y más estudiada en este deporte. El síndrome de pinzamiento subacromial llega a ser una patología compleja, a consecuencia de su origen multifactorial que resulta en la aparición de cambios degenerativos en los componentes estructurales óseos y blandos de la articulación del hombro por la reducción del espacio subacromial. (Vallespir, 2019). Esta reducción o estrechamiento del espacio de los tendones del manguito rotador puede ser a causa de osteofitos, inflamación de la bursa subacromial o por alteraciones en la postura [movimientos repetitivos del hombro] (Varela, 2021).

Según Matzikin et al (2016) la natación es el único deporte que utiliza principalmente los miembros superiores para generar la fuerza de propulsión durante el gesto deportivo y donde el 90% de la fuerza generada proviene de la articulación del hombro (Varela, 2021).

### 1.1.2 Sistema muscular

**1.1.2.1 Tejido muscular.** Está conformado por fibras musculares o miocitos, que utilizan el ATP para generar fuerza. Y su resultado es el movimiento del cuerpo, preserva la postura, produce calor y provee de protección a las estructuras por debajo de ellas. En cuanto a la localización y características del funcionamiento, se organizan en 3 tipos: Esquelético, cardíaco y liso (Tortora y Derrickson, 2018). Para esta investigación solo se describirá al tejido muscular esquelético. Todos los músculos esqueléticos están conformados por muchas fibras de 10 a 80µm de diámetro. Cada una de las fibras está hecha por subunidades cada vez más pequeñas. En la mayoría de tejido musculoesquelético, las fibras se esparcen en toda la longitud del músculo. Casi el 100% de todas estas fibras están inervadas por solo una terminación nerviosa ubicada cerca del punto central de la fibra. Cada una de las fibras está envuelta por una delgada membrana llamada sarcolema, que está conformada por una fina capa de material polisacárido que contiene muchas fibrillas de colágeno. En cada extremo de la fibra muscular la capa superficial del sarcolema se combina con una fibra tendinosa. Las fibras tendinosas al mismo tiempo se unen en haces para crear a los tendones musculares, que unen al músculo con los huesos (Guyton y Hall, 2017).

El tejido muscular también asiste con el proceso de homeostasis, ya que, al generar movimientos corporales ayuda a movilizar sustancias a lo largo del cuerpo y producir calor para estabilizar la temperatura corporal normal (Tortora y Derrickson, 2018).

Los huesos son parte importante de este sistema ya que conforman el sistema de palanca y armazón del cuerpo, pero para movilizarlos se requiere justamente de la musculatura. El movimiento se debe a la contracción y relajación secuenciales de los músculos, donde representan hasta entre 40 y 50% del peso corporal total de un humano adulto [puede variar

su porcentaje según el género, actividad física y porcentaje de grasa corporal]. La fuerza muscular simboliza la función principal del músculo, que es, la transformación de energía química en energía mecánica para producir fuerza, ejecutar trabajo y generar movimiento. Adicional, este tipo de tejido estabiliza la postura, normalizan el volumen de los órganos, proveen calor y empujan líquidos y material alimenticio a través de múltiples aparatos y sistemas corporales (Tortora y Derrickson, 2018).

El tejido muscular esquelético tiene esta denominación porque la mayoría de la musculatura del cuerpo moviliza huesos del esqueleto (son pocos los músculos que se insertan en la piel y otros músculos). Este tipo de tejido es estriado, que es cuando al examinarse microscópicamente se evidencian bandas proteicas claras y oscuras alternantes. El tejido se desarrolla de manera voluntaria, es decir, puede ser contralada a voluntad y consciencia mediante neuronas. También existe musculatura que son controlados inconscientemente en una u otra forma como lo son, por ejemplo, el diafragma cuando respiramos y la musculatura que mantiene nuestra postura bípeda y verticalmente o sostener otras posiciones corporales (Tortora y Derrickson, 2018).

**1.1.2.2 Funciones del sistema muscular.** De acuerdo con Hamil et al (2017), el músculo esquelético ejecuta varias funciones diferentes y cada una es esencial para un eficiente desempeño del cuerpo humano, las cuales son:

- *Producir movimiento:* El movimiento esquelético se produce conforme las acciones de los músculos al generar tensión que son transmitidas al hueso. Los movimientos producidos son vitales para la locomoción y manipulación segmentaria.
- *Mantener posturas y posiciones:* Se emplean acciones musculares de menor dimensión para mantener las posturas. Esta acción muscular es ininterrumpida y

deriva en pequeños ajustes mientras la cabeza se mantiene en su posición y el peso corporal se balancea sobre los miembros inferiores.

- *Estabilizar articulaciones:* La acción muscular también colabora de gran forma a la estabilidad articular. La tensión muscular producida es transferida a las articulaciones a través de los tendones, otorgando estabilidad donde se cruzan la articulación.
- *Otras funciones:* Los músculos otorgan soporte y protección a órganos viscerales e internos de factores externos, la tensión muscular puede cambiar y regular las presiones de líquidos dentro de sus cavidades, participa en el mantenimiento de la temperatura corporal al generar calor y controlan la entrada y salida de elementos en el cuerpo a través de la deglución, defecación y diuresis.

**1.1.2.3 Propiedades del tejido muscular.** Según Hamil et al (2017) existen cuatro propiedades características que dan lugar al funcionamiento y ayudar a la homeostasis:

- *Excitabilidad:* Capacidad para responder al estímulo. La estimulación es proporcionada por una neurona motora al liberar un neurotransmisor químico. El músculo al ser excitable se recluta rápidamente con un control significativo sobre la cantidad de fibras musculares reclutadas y cuáles se estimularán para realizar el movimiento deseado.
- *Contractilidad:* Capacidad muscular para producir tensión y contraerse cuando obtiene suficiente estimulación. Ciertos músculos tienen la capacidad de acortarse entre 50% a 70% de su longitud en estado de relajación. El promedio de contracción musculoesquelética general es del 57%.

- *Extensibilidad:* Capacidad muscular para estirarse más allá de su longitud en estado relajado. El músculo es incapaz de poder generar este estiramiento, por eso necesita de otro músculo o de alguna fuerza externa para llevar a la articulación a lo largo de su movimiento y lograr el estiramiento.
- *Elasticidad:* Capacidad de las fibras musculares para retornar a su longitud de relajación posterior a un estiramiento. Esta elasticidad está establecida por el tejido conjuntivo interno del músculo y no por las miofibras.

**1.1.2.4 Estructura del tejido muscular esquelético.** Las proteínas del tejido conjuntivo fibroso dentro de los tendones se esparcen alrededor del músculo en una distribución irregular, creando una vaina denominada epimisio. Este tejido de la vaina se alarga hacia el cuerpo del músculo y lo subdivide en fascículos, así éstos están envueltos por su propia vaina de tejido conjuntivo que se le denomina perimisio (Fox, 2014).

El fascículo está conformado de varias fibras musculares [miofibras]. Cada una está envuelta por una membrana plasmática, mejor conocido como sarcolema, y a su vez rodeada por una fina capa de tejido conjuntivo llamada endomisio. Dado que el tejido conjuntivo de los tendones, epimisio, perimisio y endomisio es continuo, las miofibras usualmente no se salen de los tendones en la contracción (Fox, 2014).

Todos los núcleos de la fibra musculo esquelética se localizan exactamente por debajo del sarcolema [membrana citoplasmática de una célula muscular]. Los túbulos T [miles de invaginaciones microscópicas en el sarcolema] crean túneles desde la superficie hasta el centro de cada fibra muscular esquelética. Al estar los túbulos T abiertos hacia el exterior de la fibra, tienen como contenido el líquido intersticial. Los potenciales de acción musculares se trasladan a lo largo del sarcolema y por medio de los túbulos T y se esparcen

con gran velocidad por toda la fibra muscular. De esta forma se asegura que un potencial de acción excite en forma sincronizada todas las zonas de la fibra muscular (Tortora y Derrickson, 2018).

Por dentro del sarcolema se ubica el sarcoplasma, que es el citoplasma de una fibra muscular. El sarcoplasma comprende una cantidad sustancial de glucosa. El glucógeno puede usarse para sintetizar ATP [adenosín trifosfato]. Además, el sarcoplasma posee una proteína de color rojo, catalogada como mioglobina. Esta proteína, encontrada solo en el músculo, se adhiere a moléculas de oxígeno que se dispersan hacia las fibras musculares desde el líquido intersticial. La mioglobina emite oxígeno cuando las mitocondrias lo necesitan para producir ATP. Las mitocondrias se distribuyen en filas en toda la superficie de la fibra muscular, estratégicamente cerca de las proteínas contráctiles del músculo que utilizan ATP en el momento de la contracción, de tal forma que, puedan generarlo tan velozmente como sea necesario (Tortora y Derrickson, 2018).

Al observar de forma microscópica al sarcolema se pueden encontrar que hay algo aparenta contener pequeños hilos. Estas estructuras que parecen hilos son las miofibrillas, que son los orgánulos contráctiles del músculo esquelético. Las miofibrillas son aproximadamente de 2 micrómetros de diámetro y se dispersan a lo largo de toda la fibra muscular. Sus estriaciones sobresalientes hacen que toda la fibra muscular parezca rayada [estriada] (Tortora y Derrickson, 2018).

Cada una de las miofibrillas está recubierta por un sistema de sacos membranosos con líquido en su interior, este sistema es denominado como retículo endoplasmático. Este complejo sistema es parecido al retículo endoplasmático liso de las células no musculares. Los sacos terminales dilatados del retículo sarcoplásmico, designados como cisternas terminales, salen del túbulo T de ambos lados. Un túbulo transversal y las dos cisternas

terminales, siendo una a cada lado de este, forman una tríada. En la fibra muscular en reposo, el retículo sarcoplasmático almacena iones de calcio. La liberación de calcio de las cisternas terminales de este retículo provoca la contracción muscular (Tortora y Derrickson, 2018).

Cada miofibrilla comprende de estructuras más pequeñas denominadas miofilamentos. En las miofibrillas se logran apreciar las bandas A que tienen filamentos gruesos que están dispuestas verticalmente y dan esa apariencia oscura. Por el otro lado encontramos a la banda I que es más clara y contiene filamentos delgados. Los filamentos gruesos y delgados están conformados esencialmente de dos proteínas, la miosina y la actina (Fox, 2014).

Las bandas I se propagan desde el borde de un grupo de filamentos gruesos hasta el borde del siguiente grupo de filamentos gruesos. Sin embargo, los miofilamentos delgados no terminan en los bordes de las bandas I, sino, cada miofilamento delgado se propaga hasta cierta distancia hacia las bandas A de cada extremo. Como los miofilamentos gruesos y delgados sobreponen en los bordes de cada banda A, los extremos de esta banda son más oscuras que en la zona del medio. Estas zonas claras del medio de las bandas A son las bandas H. las bandas H solo contienen miofilamentos gruesos que no están sobrepuestos por filamentos delgados (Fox, 2014).

En el centro de cada banda I hay una línea en forma de Z oscura y fina. La dirección de los miofilamentos gruesos y delgadas entre un par de líneas en Z crea un patrón repetitivo que es la subunidad de básica de la contracción. Estas subunidades, entre las líneas en Z, se denominan sarcómeros. Las líneas en Z se les conoce como discos Z (Fox, 2014).

Las líneas M sin miofilamentos de proteína a la mitad de las bandas que anexas entre sí los filamentos gruesos. También son generadas por filamentos de proteína localizados en el

centro de los filamentos gruesos en un sarcómero. De esta forma fijan los filamentos gruesos, lo que auxilia a permanecer unidos en la contracción (Fox, 2014).

Las miofibrillas están constituidas por tres tipos de proteínas: contráctiles, reguladoras y estructurales. Las contráctiles producen la fuerza durante la contracción, las reguladoras auxilian a dar inicio y frenar el proceso de contracción, y finalmente las estructurales mantienen la alineación correcta de los miofilamentos gruesos y delgados, que atribuyen la elasticidad y extensibilidad a las miofibrillas y las conectan con el sarcolema y la matriz extracelular (Tortora y Derrickson, 2018). A continuación, se presentarán las proteínas de las fibras musculares esqueléticas según Tortora y Derrickson (2018):

**Tabla 1** *Proteínas de las fibras musculoesqueléticas*

| <b>Tipo de proteína</b> | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Contráctiles</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Miosina                 | Forma el filamento grueso: la molécula se radica en una cola y dos cabezas de miosina, que se juntan a los lugares de unión a miosina de las moléculas de actina del miofilamento delgado durante la contracción muscular                                                                                      |
| Actina                  | Elemento principal del miofilamento delgado; cada molécula de actina tiene un lugar de unión a miosina, al que se le une la cabeza de miosina del filamento grueso durante la contracción muscular                                                                                                             |
| <b>Reguladoras</b>      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tropomiosina            | Elemento del miofilamento delgado; cuando la fibra del músculo esquelético está en reposo, la tropomiosina recubre los lugares de unión a miosina de las moléculas de actina, lo que restringe la unión de la miosina a la actina                                                                              |
| Troponina               | Elemento del miofilamento delgado; cuando los iones de calcio se unen a la troponina, ésta altera su forma; esta alteración conformacional mueve la tropomiosina de los lugares de unión a miosina de las moléculas de actina, lo que permite el inicio de la contracción cuando la miosina se une a la actina |

| Tipo de proteína     | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estructurales</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Titina               | Conecta al disco Z con la línea M del sarcómero, lo que auxilia a estabilizar la posición del miofilamento grueso; puede extenderse y recuperar su longitud normal sin dañarse, por consecuencia, es el encargado de la mayor parte de la extensibilidad y elasticidad de las miofibrillas                                              |
| $\alpha$ -Actina     | Elemento del disco Z que se anexa a moléculas de actina de los filamentos delgados y a moléculas de titina                                                                                                                                                                                                                              |
| Miomesina            | Conforma la línea M del sarcómero; se anexa a moléculas de titina y conecta entre sí miofilamentos gruesos próximos                                                                                                                                                                                                                     |
| Nebulina             | Recubre cada miofilamento delgado en su totalidad, auxilia a asegurar los miofilamentos delgados a los discos Z y normaliza la longitud de los miofilamentos durante el desarrollo embrionario                                                                                                                                          |
| Distrofina           | Anexa filamentos delgados del sarcómero a proteínas integrales de la membrana del sarcolema que, al mismo tiempo, están juntas a proteínas de la matriz del tejido conectivo que envuelve a las fibras musculares; se estima que auxilia a fortalecer al sarcolema y a transferir la tensión generada por los sarcómeros a los tendones |

Elaboración propia con información de Tortora y Derrickson, 2018

**1.1.2.5 Contracción muscular.** Esta acción se genera por un sistema de deslizamiento de los miofilamentos. En el estado relajado, los bordes de los miofilamentos de actina que se dispersan entre los dos discos Z consecutivos ligeramente inician a superponerse entre sí. Ahora, en el estado de contracción los miofilamentos de actina se han traccionado hacia adentro entre los filamentos de miosina, de forma que sus bordes se superpongan entre sí en su máxima extensión. Asimismo, los discos Z se han traccionado por los filamentos de actina hasta los bordes de los filamentos de miosina. De esta forma. La contracción muscular se genera por este sistema de deslizamiento de filamentos (Guyton y Hall, 2016).

Tortora y Derrickson (2018) estipula que, al inicio de la contracción, el retículo sarcoplasmático libera iones de calcio hacia el sarcoplasma. En ese sitio se anexan a la troponina. Por lo tanto, la troponina desliza la tropomiosina de los sitios de unión de la

miosina de la actina. Cuando los sitios de unión se encuentran libres, da inicio al ciclo de contracción, el proceso repetitivo de sucesos que provocan el deslizamiento de los miofilamentos. El ciclo de contracción radica en cuatro pasos:

- *Hidrólisis del ATP:* la cabeza de la miosina adjunta un lugar de unión a ATP y una enzima ATPasa que hidroliza el ATP en ADP [Adenosín Difosfato] y un conjunto de fosfato. La energía producida por esta reacción de hidrólisis se acumula en la cabeza de la miosina para utilizarla cuando se del ciclo de contracción. Se declara que la cabeza de la miosina está energizada cuando mantenga energía guardada. La cabeza de la miosina energizada adquiere una posición inclinada, como un resorte estirado. En esta posición, la cabeza de la miosina es perpendicular [ángulo de 90°] correspondiente a los miofilamentos gruesos y delgados, y posee una orientación apropiada para anexarse a una molécula de actina. Cabe resaltar que los resultados de la hidrólisis de ATP-ADP y un conjunto de fosfato siguen agrupados a la cabeza de la miosina.
- *Unión de la miosina a la actina:* la cabeza de la miosina energizada se adhiere al lugar de unión a miosina de la actina y suelta el conjunto fosfato anteriormente hidrolizado. Cuando la cabeza de la miosina se anexa a la actina durante el ciclo de contracción, las uniones se declaran puentes como puentes cruzados.
- *Fase de deslizamiento:* Ya estando el puente cruzado, la cabeza de la miosina gira y altera su posición desde un ángulo de 90° hasta uno de 45° correspondiente con los miofilamentos gruesos y delgados. Conforme la cabeza de la miosina cambia a su nueva posición, arrastra del miofilamento delgado separándolo del miofilamento grueso para desplazarlo hacia el centro del sarcómero, lo que produce tensión

[fuerza] en el proceso. Este producto se le conoce como deslizamiento del miofilamento o golpe de fuerza. La energía necesaria para este proceso proviene de la anteriormente guardada en la cabeza de la miosina a partir de la hidrólisis del ATP. Cuando el deslizamiento se haya realizado el ADP se libera de la cabeza de la miosina.

- *Separación de la miosina y la actina:* Al término del deslizamiento, el puente cruzado se mantiene firmemente adherido a la actina hasta que se anexa a otra molécula de ATP. La fijación del ATP a su lugar de unión en la cabeza de la miosina hace que ésta se separe de la actina.

El ciclo de contracción se repite mientras la ATPasa hidroliza la molécula de ATP recién anexada y constante en tanto se disponga de ATP y el nivel de calcio cerca del miofilamento delgado sea lo idóneamente elevado. Los puentes cruzados siguen rotando hacia atrás y hacia adelante en cada deslizamiento y se aproximan los filamentos delgados hacia la línea M. Cada uno de los 600 puentes cruzados de un miofilamento grueso se anexa y se distancia aproximadamente cinco veces por segundo. En un momento en concreto, ciertas cabezas de miosina están juntas a la actina creando puentes cruzados, y otras están distanciadas de la actina disponiéndose por volver a juntarse (Tortora y Derrickson, 2018).

La elevación de la concentración de calcio en el sarcoplasma comienza la contracción muscular, y la reducción lo frena. Cuando una fibra muscular está relajada, la concentración de calcio en su sarcoplasma es muy reducida, solo un aproximado de 0.1 micromol por litro. A pesar de, hay una gran cantidad de calcio guardada dentro del retículo sarcoplasmático. Conforme que el potencial de acción se extiende a lo largo del sarcolema

y los túbulos T, define la liberación de calcio desde la membrana del retículo sarcoplasmático en el sarcoplasma y esto activa la contracción muscular. La secuencia de acontecimientos que enlaza la excitación [un potencial de acción] con la contracción [deslizamiento de los miofilamentos] se le designa en conjunto como acoplamiento excitación-contracción (Tortora y Derrickson, 2018).

Este acoplamiento se genera en las triadas del músculo esquelético. Como recordatorio. Una triada se conforma de un túbulo transversal [T] y dos cisternas terminales opuestas del retículo sarcoplásmico [RS]. En una triada los túbulos T y las dos cisternas terminales están emparejadas por mecánicamente entre sí por dos conjuntos de proteínas de membranas integrales: canales de calcio dependientes del voltaje y canales de liberación de calcio. Los canales de calcio dependientes de voltaje están ubicados en la membrana del túbulo T; si se establecen en grupos de cuatro, se les denomina tétradas. La principal función de estos canales de calcio dependientes de voltaje en el acoplamiento excitación-contracción es trabajar como sensores de voltaje que activan la apertura de los canales de liberación de calcio. Los canales de liberación de calcio se ubican en la membrana de la cisterna terminal del RS. Al momento que una fibra muscular esquelética está relajada, la parte del canal de liberación de calcio que se propaga hacia el sarcoplasma es restringida por un conjunto de canales de calcio con compuertas de voltaje que obstaculiza que el calcio salga del RS. Cuando la fibra muscular esquelética se excita y el potencial de acción se moviliza a lo largo del túbulo T los canales de calcio descubren el cambio de voltaje y experimentan un cambio conformacional que hace que los canales de calcio se abran (Tortora y Derrickson, 2018).

Una vez los canales estén abiertos, una cantidad mayor de calcio se desplaza desde el RS hacia el interior del sarcoplasma alrededor de los miofilamentos gruesos y delgados.

Como producto, la concentración de calcio en el sarcoplasma se aumenta por 10 veces o incluso más. Los iones de calcio liberados se fusionan con la troponina, que al mismo tiempo experimenta una alteración conformacional que hace que la tropomiosina se distancie de los sitios de anexo a la miosina. Ya estando los lugares de anexo libres, las cabezas de miosina se unen a ellos para crear puentes cruzados, y la fibra muscular se contrae (Tortora y Derrickson, 2018).

La membrana de la cisterna terminal del retículo sarcoplásmico también almacena bombas de calcio-ATPasa que usan ATP para movilizar constantemente calcio desde el sarcoplasma hacia el RS. Mientras los potenciales de acción musculares siguen esparciéndose mediante los túbulos T, los canales de liberación de calcio se mantienen abiertos. Los iones de calcio se mueven hacia el sarcoplasma más rápido de lo que son movilizados en sentido inverso a las bombas de calcio-ATPasa. Luego que el último potencial de acción se ha dispersado por todos los túbulos T, los canales de liberación de calcio se cierran. Conforme que las bombas de calcio-ATPasa regresan a movilizar el calcio hacia el RS la concentración de los iones de calcio del sarcoplasma disminuye con gran velocidad. Dentro del RS, moléculas de una proteína fijadora del calcio, designada de manera correcta como calsequestrina, se anexas al calcio, lo que posibilita secuestrar o almacenar más calcio dentro del RS. Por lo tanto, la concentración de calcio es 10,000 veces más elevado en el RS que en el sarcoplasma, en una fibra muscular en reposo. Conforme disminuye el nivel de calcio del sarcoplasma, se libera calcio de la troponina, la tropomiosina cubre los lugares de anexo a miosina y la fibra muscular se relaja (Tortora y Derrickson, 2018).

**1.1.3 Articulaciones.** Son las zonas donde los huesos se ponen en contacto. Desde la perspectiva de la funcionalidad, el principal objetivo de las articulaciones es de proveer movilidad al esqueleto, evitando que solo sea un sistema estructural rígido. También posee el objetivo de protección y habilitar el crecimiento de los huesos y conceder elasticidad (García-Porrero y Hurlé, 2020).

Como declara Tortora y Derrickson (2018) la clasificación estructural de las articulaciones se fundamenta en 2 principios: la primera es la presencia y/o ausencia de un espacio entre los huesos que se articulan, este espacio es llamado cavidad sinovial, y segundo el tipo de tejido conectivo que conserva los huesos juntos. Estructuralmente, las articulaciones se clasifican en los siguientes tipos:

- *Fibrosas:* No existe una cavidad sinovial y los huesos están juntos por tejido conectivo concentrado irregular que contiene una gran cantidad de fibras de colágeno.
- *Cartilaginosas:* no existe cavidad sinovial y los huesos están juntos por medio de un cartílago.
- *Sinoviales:* los huesos que constituyen una cavidad sinovial y están juntos por el tejido conectivo concentrado irregular de una cápsula articular y, muy seguido, por ligamentos accesorios.

La clasificación se ha hecho bajo un criterio mixto, funcional y estructural en grandes grupos como describe García-Porrero y Hurlé (2020), en los siguientes tipos:

- *Sinartrosis:* Articulaciones sin movilidad, en las que los bordes óseos se juntan por medio de tejido conectivo fibroso o cartilaginoso.

- *Anfiartrosis*: Articulaciones en las que el grado de movilidad es muy baja y los extremos óseos se unen por medio de tejido fibroso o cartilaginoso.
- *Diartrrosis*: Articulaciones que se distinguen por dar una gran amplitud de movimiento y que estructuralmente son de gran complejidad.

**1.1.3.1 Articulaciones fibrosas.** Como menciona Tortora y Derrickson (2018) estas articulaciones carecen de cavidad sinovial y las superficies articulares están anexadas establemente por tejido conectivo denso e irregular. Estas articulaciones solo posibilitan muy poco o nada de movimiento. Se categorizan de la siguiente forma:

- *Suturas*: Conformada por una estrecha capa de tejido conectivo denso irregular; las suturas se ubican solo entre los huesos craneales. Sus bordes irregulares las convierte en más resistentes y menos endebles a las fracturas. Estas son articulaciones que generan a medida que los múltiples huesos del cráneo entran en contacto durante el desarrollo embrionario. Son de tipo anfiartrosis. En los adultos son inmóviles en su totalidad, pero en lactantes y niños tienen un mínimo de movimiento.
- *Sindesmosis*: Articulación fibrosa en la que hay más distancia entre las superficies articulares y más tejido conectivo denso irregular que una sutura. El tejido conectivo espeso irregular está usualmente dispuesto en forma de manojos [ligamento], por lo que habilita a la articulación un movimiento limitado.
  - *Gonfosis*: subdivisión de la sindesmosis, existe una espiga cónica que se acopla en una cavidad. Se encuentra únicamente en los dientes con su cavidad.

- *Membrana interósea*: Capa sustancial de tejido conectivo espeso irregular que anexa huesos largos adyacentes y habilita poco movimiento. Estas capas de tejido conectivo son fuertes, ayudan también a definir el rango de movimiento entre los huesos adyacentes y brindan una amplia superficie de inserción para la musculatura que ejecuta movimientos de los dedos tanto de la mano como el de los pies.

**1.1.3.2 Articulaciones cartilaginosas.** Estas también escasean de cavidad sinovial y admite leve o nada de movimiento. En esta ocasión, los huesos articulares están estrechamente anexados por cartílago hialino o por fibrocartílago. A continuación, se presentarán los tipos de articulaciones cartilaginosas, afirmadas por Tortora y Derrickson (2018):

- *Sincondrosis*: el elemento enlazante es el cartílago hialino y resulta levemente móvil a inmóvil.
- *Sínfisis*: Los extremos de los huesos que se articulan están revestidos por cartílago hialino, pero los huesos están enlazados por un disco de fibrocartílago ancho y plano. Todas las sínfisis suceden en la línea media del cuerpo y en las articulaciones intervertebrales. La sínfisis es de tipo anfiartrosis.
- *Cartílagos epifisarios*: Son centros de crecimiento de cartílago hialino durante la osificación endocondral, no son articulaciones relacionadas con el movimiento. Un ejemplo es la placa epifisaria [de crecimiento] que enlaza la epífisis con la diáfisis del hueso en desarrollo.

**1.1.3.3 Articulaciones sinoviales.** Tienen unas características que las diferencian de las otras. La principal característica es la presencia de la cavidad sinovial entre los huesos que se articulan. Esta cavidad da lugar a un amplio movimiento en la articulación, todas estas

articulaciones son denominadas diartrosis. Los huesos involucrados están envueltos por una capa de cartílago hialino llamado cartílago articular. Este cartílago recubre las superficies articulares de los huesos con una superficie lisa y resbaladiza pero no las conecta. Este cartílago disminuye el roce entre los huesos durante el movimiento y auxilia a la amortiguación de algún impacto (Tortora y Derrickson, 2018).

La cápsula sinovial envuelve a la articulación sinovial, a la cavidad sinovial y conecta los huesos que se articulan. Esta cápsula está conformada por dos membranas, una fibrosa externa y una sinovial interna. La membrana fibrosa se fundamenta en tejido conectivo denso irregular que se pega al periostio de los huesos que se articulan. La flexibilidad de esta membrana habilita más movimiento en la articulación, mientras que su gran resistencia a la tracción auxilia a prevenir luxaciones. Hay algunas fibras que van en sentido paralelo al tejido conectivo y resisten fácilmente la tensión y es uno de los principales factores mecánicos que mantienen unida a una articulación, estas fibras son los ligamentos. Mientras tanto la membrana sinovial está conformada por tejido conectivo areolar con fibras elásticas. Esta membrana también cuenta con una cantidad de tejido adiposo (Tortora y Derrickson, 2018).

La membrana sinovial es un tegumento fino que cubre el interior de la articulación, pero excluyendo a los cartílagos articulares. En otras palabras, recubre toda la cara interior del capsula fibrosa y al mismo tiempo la parte del hueso no articular que queda comprometida dentro de la articulación, ya que se adhiere con el reborde del cartílago articular. Conformado por un capa interior en contacto con la cavidad articular creada por células fibroblásticas [sinovitos] y por macrófagos, que se auxilian sobre un tejido conectivo elástico y abundante en vasos sanguíneos. Su principal objetivo es generar y restaurar el líquido sinovial. Este líquido se sitúa en el interior de la articulación. Es viscoso y

transparente- se genera por la diálisis del plasma sanguíneo y contiene mucina [glucoproteína] liberada activamente por células sinoviales, esto respecto a sus atributos físicos. En las articulaciones sanas no se encuentra mucha cantidad de líquido sinovial, pero es esencial en la dinámica articular. Sus principales funciones son: Lubricar las superficies articulares para disminuir la fricción entre cartílagos, aporte nutricional a la articulación, y trabaja como refrigerante al distribuir el calor causado por la fricción de las superficies articulares (García-Porrero y Hurlé, 2020).

Varias articulaciones sinoviales poseen ligamentos accesorios denominados ligamentos extracapsulares y ligamentos intracapsulares. Los extracapsulares están fuera de la capsula articular y los intracapsulares están dentro de la cápsula, pero apartados de la cavidad sinovial. Dentro de algunas articulaciones sinoviales se encuentran los discos articulares [meniscos] que se adhieren en el interior de la membrana fibrosa. Sus funciones son: absorción del impacto, mejorar encaje entre los huesos articulados, dar superficies adaptables para movimientos combinados, distribución del peso corporal y distribución del lubricante sinovial (Tortora y Derrickson, 2018).

También existe una estructura llamada rodete articular. Es sobresaliente en las articulaciones esferoideas del hombro y la cadera, es el labio fibrocartilaginoso que se distribuye desde el borde de la cavidad articular y aumenta la zona de contacto entra la cavidad y la superficie redondeada de la cabeza del húmero o del fémur (Tortora y Derrickson, 2018).

**1.1.3.4 Tipos de movimientos en articulaciones sinoviales.** Los siguientes movimientos a describir son expuestos según Tortora y Derrickson (2018):

- *Deslizamiento*: las superficies óseas casi planas se movilizan hacia atrás y hacia adelante, y de un lado hacia el otro entre sí. Poseen un rango de movimiento restringido.
- *Movimientos angulares*: Hay un aumento o disminución en el ángulo entre los huesos que se articulan. Dentro de esta categoría se encuentran los siguientes movimientos:
  - *Flexión*: Reducción del ángulo entre las superficies articulares en el plano sagital.
  - *Flexión lateral*: Movimiento del tronco en el plano frontal.
  - *Extensión*: Aumento del ángulo entre las superficies articulares en el plano sagital.
  - *Hiperextensión*: Extensión que sobrepasa la posición anatómica.
  - *Abducción*: Movimiento de alejar la estructura de la línea media, realizado en el plano frontal.
  - *Aducción*: Combinación secuencial de flexión, abducción, extensión, aducción y rotación [puede ser a la inversa]; la parte distal del miembro se mueve en forma de círculo.
- *Rotación*: Movimientos sobre un eje longitudinal, puede ser hacia medial o a lateral.
- *Movimientos especiales*: Característico de cada articulación, como los son:
  - *Elevación*: Movimiento hacia arriba de una parte del cuerpo.
  - *Depresión*: Movimiento hacia abajo de una parte del cuerpo,
  - *Protracción*: Movimiento hacia anterior de una parte del cuerpo en el plano transversal.

- *Retracción*: Movimiento hacia posterior de una parte del cuerpo en el plano transversal.
- *Inversión*: Movimiento medial de la planta del pie.
- *Eversión*: Movimiento lateral de la planta del pie.
- *Dorsiflexión*: Doblar el pie en sentido dorsal.
- *Flexión plantar*: doblar el pie en sentido plantar.
- *Supinación*: Movimiento del antebrazo de rotación de la palma en sentido anterior.
- *Pronación*: Movimiento del antebrazo de rotación de la palma en sentido posterior.
- *Oposición*: Movimiento del pulgar a través de la palma para tocar la punta de los dedos de la misma mano.

**1.1.3.5 Tipos de articulaciones sinoviales.** Las articulaciones diartrosis se dividen en las siguientes seis categorías por Tortora y Derrickson (2018):

**Tabla 2** Articulaciones sinoviales

| Clasificación estructural | Descripción                                                                                                | Clasificación funcional                                                                                                                                |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Plana                     | Superficies planas o mínimamente articuladas                                                               | Unas son diartrosis biaxiales: flexión-extensión y abducción-aducción. Y otras diartrosis triaxiales: flexión-extensión, abducción-aducción y rotación |
| Tróclea                   | Superficie convexa encaja en un superficie cóncava                                                         | Diartrosis uniaxial: flexión y extensión                                                                                                               |
| Trocoide                  | Superficie redondeada o puntiaguda encajando en un aro hecho en parte por hueso y otra parte por ligamento | Diartrosis uniaxial: rotación                                                                                                                          |
| Condílea                  | Proyección ovalada encaja en una depresión ovalada                                                         | Diartrosis biaxial: flexión-extensión y abducción-aducción                                                                                             |

| <b>Clasificación estructural</b>                                 | <b>Descripción</b>                                                                                          | <b>Clasificación funcional</b>                                          |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Silla de montar                                                  | Superficie articular de un hueso tiene la forma de una montura y la otra superficie reposa sobre la montura | Diartrosis biaxial: flexión-extensión y abducción-aducción              |
| Esferoidea                                                       | Superficie redonda encaja en una superficie con forma de cuenco                                             | Diartrosis triaxiales: flexión-extensión, abducción-aducción y rotación |
| Elaboración propia con información de Tortora y Derrickson, 2018 |                                                                                                             |                                                                         |

**1.1.4 Cintura escapular.** Es la conformación de los huesos clavícula y escápula (Pérez, 2021). La clavícula es el hueso que se articula con el esternón [exactamente en el manubrio] formando la articulación esternoclavicular. También tenemos que la escápula se articula con la clavícula para formar a la articulación acromioclavicular y la clavícula articulada con el húmero forma a la articulación glenohumeral. Las cinturas escapulares no están articuladas con la columna vertebral y están mantenidos en su lugar y estabilizadas por musculatura de gran tamaño que se dispersan desde la columna vertebral y costillas hasta la escápula (Tortora y Derrickson, 2018). Para lograr su función requiere de la movilidad que proveen las articulaciones que conforman al complejo articular del hombro y si interacción es acompañada por casi 30 músculos involucrados (Guevara, 2017).

**1.1.5 Complejo articular del hombro.** Conformada por varias articulaciones, donde cada una contribuye para lograr el movimiento del brazo por medio de las acciones articulares coordinadas. El movimiento en este complejo articular comprende de una compleja integración de estabilizadores dinámicos y estáticos. Tiene el deber de tener un gran grado de libertad de movimiento y acciones coordinadas entre las cuatro articulaciones que la conforman: escapulo torácica, esternoclavicular, acromioclavicular y la glenohumeral. Cada una de las articulaciones posee un pequeño rango de movilidad por sí mismas, pero al trabajar en conjunto logran realizar todos los movimientos del hombro con gran amplitud (Hamil et al, 2017).

Sus movimientos permitidos son la flexión, extensión, abducción, aducción, rotación medial, rotación lateral y circunducción del brazo. Posee mucha más libertad de movimiento que cualquier otra articulación del cuerpo, este grado de libertad es el producto

que la cápsula articular es laxa y la cavidad glenoidea es superficial en relación con el mayor tamaño de la cabeza del húmero (Tortora y Derrickson, 2018).

Los ligamentos de esta articulación lo refuerzan hasta cierto punto ya que la musculatura del manguito rotador son los principales en sostener y fijar al húmero a la escápula. Los tendones de los músculos del manguito rotador envuelven a la articulación [menos la parte inferior] y recubren apretadamente la cápsula articular. La musculatura del manguito rotador trabaja como un equipo para sostener la cabeza del húmero a la cavidad glenoidea de la escápula (Tortora y Derrickson, 2018).

**1.1.5.1 Huesos del hombro.** Continuación se presentarán las estructuras óseas que componen y/o tienen una participación en el hombro y su movimiento (García-Porrero y Hurlé, 2020):

- *Esternón:* Hueso alargado dispuesto en la línea media del tórax. Se dividen en tres partes: Manubrio [parte superior], cuerpo y apófisis xifoides [parte inferior]
- *Clavícula:* Hueso alargado ubicado en el borde anterosuperior del tórax que se elonga entre el borde superior del esternón y la escápula, con los que crea las articulaciones esternoclavicular y acromioclavicular. Es aplanado y su recorrido tiene forma de “S”.
- *Acromion:* Naciendo de la espina escapular y disponiéndose hasta por encima de la cabeza humeral. Tiene un relieve que contiene una carilla articular plana para la clavícula.
- *Húmero:* Forma el brazo y es el hueso más largo. Su cuerpo es recto y contiene a la tuberosidad deltoidea. Su epífisis proximal es la cabeza humeral que es redonda,

cuenta con el cuello anatómico y los tubérculos mayor y menor. Y en si epífitis distal se encuentran los epicóndilos lateral y medial.

- *Escápula*: Hueso aplanado y triangular que se ubica en la parte posterosuperior del tórax, a nivel de las primeras siete costillas. En su parte posterior se encuentra una elevación transversal denominada espina de la escápula, también es donde nace el acromion.

**1.1.5.2 Articulaciones involucradas en el movimiento.** Dicho segmento consta más de una articulación. Para lograr sus movimientos completos requiere de otras 3 para dar un total de 4 que en conjunto permiten ese rango completo de movimiento. Información presentada a continuación es afirmada por Dufour y Pilla (2018).

- *Eternoclavicular*: articulación en silla de montar, con 3 grados de libertad, conformado por los huesos esternón y clavícula, proporciona los movimientos de elevación, descenso, antepulsión, retropulsión y rotaciones. El movimiento de ascenso y descenso es en sentido vertical de 8 a 13 centímetros, se mueve mediante a ley convexo-cóncavo. Los movimientos de antepulsión y retropulsión oscilan entre 5 y 12 centímetros y es de ley cóncavoconvexa. Las rotaciones se dan de 40° a 50° y de tipo pivote.
- *Acromioclavicular*: conformado por los huesos acromion y clavícula, provee de movimientos de deslizamiento como producto de los movimientos de la escapula, siendo el principales son la apertura/cierre del ángulo escapulo-clavicular de aproximadamente 20°, bostezos superiores/inferiores de 10° y rotaciones axiales que es cercano a los 30°. Estos grados en compañía de la articulación esternoclavicular resultan en la rotación escapulo torácica de 60°.

- *Escapulotorácica*: articulación falsa, compuesta por la escápula y musculatura del tórax donde el músculo serrato mayor está entre los 2 segmentos y divide los 2 planos de deslizamiento.
- *Escapulohumeral/glenohumeral*: compuesta por los huesos húmero y escápula [más preciso en la cavidad glenoidea], permite los movimientos de abducción, aducción, flexión, extensión y rotaciones del brazo.

**1.1.5.3 Componentes anatómicos.** En este apartado se describirán aquellas estructuras, mencionados por Tortora y Derrickson (2018), que son parte de la articulación del hombro.

- *Cápsula articular*: Bolsa Fina y laxa que rodea en su totalidad la articulación y se dispersa desde la cavidad glenoidea hasta el cuello anatómico del húmero. La zona inferior de la cápsula es la parte más vulnerable.
- *Ligamento coracohumeral*: Ligamento grueso y resistente que fortifica la parte superior de la cápsula articular, y se despliega desde la apófisis coracoides de la escápula hasta el tubérculo mayor del húmero.
- *Ligamentos glenohumerales*: Son 3 ligamentos de la cápsula articular sobre la superficie anterior de la articulación que se despliega desde la cavidad glenoidea hasta el tubérculo menor y cuello anatómico del húmero. Este grupo de ligamentos usualmente están separados o incluso llegan a estar ausentes, creando una mínima resistencia. Su función es estabilizar la articulación cuando el húmero se acerca a su máximo rango de movimiento o lo sobrepasa.
- *Ligamento humeral transversal*: Lámina delgada que se despliega desde el tubérculo mayor hasta el tubérculo menor del húmero. Este ligamento tiene la

función de actuar como retináculo [banda que detiene el tejido conectivo] para mantener el tendón de la cabeza larga del músculo bíceps braquial.

- *Rodete glenoideo*: Borde estrecho de fibrocartílagos que envuelve la cavidad glenoidea, da mayor profundidad y la agranda mínimamente.
- *Bursas*: se encuentran cuatro en la articulación, las cuales son la subescapular, subdeltoidea, subacromial y la subcoracoidea.

**1.1.5.4 Biomecánica.** Esta articulación al ser triaxial tiene 3 grados de libertad, es decir, puede moverse en todos los ejes y planos. Esto significa que el hombro es capaz de hacer los siguientes movimientos descritos por Méndez (2017):

- *Flexión y extensión*: Ambos en el plano sagital con eje transversal, teniendo la flexión un rango de 180° en el plano sagital en un eje transversal, llevando el brazo por el frente del cuerpo y la extensión un rango de 45° a 50° donde se lleva el brazo hacia atrás del cuerpo.
- *Abducción*: Ejecutado en el plano frontal en el eje anteroposterior, el brazo se aleja del cuerpo lateralmente llegando a quedar verticalmente, es decir, con una amplitud de 180°.
- *Aducción*: Realizado en el plano frontal en el eje anteroposterior, este movimiento es naturalmente bloqueado por el tronco, por lo tanto, para ejecutarlo el brazo debe pasar por delante o por detrás del tronco. Tiene un amplitud de 30°
- *Rotación*: realizado en el plano axial con eje cefalocaudal, existe la externa con un rango de 80° y una interna con 30° de rango.

**1.1.5.4 Escapulo torácico.** Se fundamenta en el movimiento sincrónico y simultáneo de la escápula en concordancia al húmero para lograr una elevación de 180° del

brazo. Los primeros 30° de elevación los realiza la articulación glenohumeral y el resto de los grados los provee en conjunto las articulaciones escapulotorácica, acromioclavicular y esternoclavicular (Méndez, 2017). También se define como aquello que describe los grados de rotación escapular comparándolos con los de rotación glenohumeral. Tiene relación de 2:1, en otras palabras, por cada 2 grados de rotación humeral hay un grado de rotación escapular (Guevara, 2017).

**1.1.6 Manguito rotador.** A continuación, se presentarán los músculos que pertenecen al manguito rotador, definidos según Netter (2019).

**Tabla 3** *Músculos del manguito rotador*

| Músculo       | Origen                                                               | Inserción                                       | Acción                                                                                     | Inervación                              |
|---------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Supraespinoso | Fosa supraespinosa de la escapula y fascia supraespinosa             | Tubérculo mayor del húmero                      | Inicia la abducción del brazo                                                              | Nervio supraescapular                   |
| Infraespinoso | Fosa infraespinosa de la escápula y fascia infraespinosa             | Tubérculo mayor del húmero                      | Rotación lateral del brazo                                                                 | Nervio supraescapular                   |
| Redondo menor | 2/3 superiores de la cara posterior del borde lateral de la escápula | Carilla inferior del tubérculo mayor del húmero | Rota lateralmente el brazo                                                                 | Nervio axilar                           |
| Subescapular  | Fosa subescapular                                                    | Tubérculo menor del húmero                      | Rota medialmente y aduce el brazo, ayuda a mantener la cabeza humeral en la fosa glenoidea | Nervio subescapular superior e inferior |

Elaboración propia con información de Netter, 2019

**1.1.7 Natación.** Se le puede definir como la habilidad que permite al ser humano movilizarse en el agua mediante fuerzas de propulsión generadas por los miembro superiores e inferiores y que le permiten vencer la resistencia que ofrece el agua al avanzar (Ardila et al, 2018). Otra definición es la capacidad que hace que la persona se desplace en

el medio acuático por la propulsión hecha por los movimientos repetidos de los miembros y que logra mantenerse por encima del agua (Huamán, 2021).

**1.1.7.1 Categorías de la natación.** La natación presenta 4 estilos de nado aceptados para competir en el alto rendimiento. información basada según Villafuerte (2014).

- *Mariposa:* Ambos brazos se llevan juntos al frente por encima del agua y luego hacia atrás al mismo tiempo. La brazada es continua y siempre va junto a un movimiento ondulante de la cadera. La patada, conocida como de delfín, es un movimiento descendente y brusco de los pies juntos.
- *Dorso:* La posición del cuerpo es en decúbito supino, la secuencia de movimientos es alternativa. Un brazo por fuera del agua con antebrazo en pronación saliendo de debajo de la pierna, mientras el otro empuja el cuerpo en el agua.

- *Pecho:* El cuerpo en decúbito prono con los brazos hacia el frente, antebrazo en supinación, y realiza una secuencia de movimientos horizontales: se abren los brazos hacia atrás hasta quedar paralelos con los hombros por debajo del agua. Se encogen las piernas para acercarlas al cuerpo, con las rodillas y pies orientados hacia afuera, y luego se estiran con un impulso al tiempo que los brazos vuelven al punto de partida sacando solo las manos del agua.
- *Crol:* Uno de los brazos se mueve fuera del agua con la palma hacia abajo orientada a entrar en el agua, y el codo flexionado, mientras el otro brazo se desliza bajo el agua. Las piernas se mueven alternativamente de las caderas arriba y abajo con las piernas mínimamente flexionadas.

El estilo crol al ser el más practicado es el cual tiene más investigaciones y análisis y como se menciona en el título de esta investigación es el estilo a analizar y examinar por ser el principal causante del pinzamiento subacromial.

**1.1.7.2 Lesiones en la natación.** Como evidencia Villafuerte (2014) en este deporte se logran evidenciar múltiples patologías, pero las más padecidas que provocan un dolor considerable en el hombro son las siguientes:

- *Tendinitis bicipital:* es el desarrollo de la inflamación del tendón de la cabeza larga del bíceps braquial. Este tendón pasa por una especie de túnel formado por el canal bicipital en donde se puede friccionar. Las causas pueden ser desde un trauma, sobrecarga y hasta como resultado de una patología del manguito rotador.
- *Contractura muscular:* es una contracción involuntaria mantenida de un músculo en particular. Esta contractura altera el funcionamiento tanto del músculo como de la

articulación a la que se relaciona. Surge al realizar un mal gesto del movimiento, movimiento a alta intensidad o sobreesfuerzo.

- *Distensión de ligamento:* se traduce en un esguince de hombro. El daño al ligamento resulta por estar sometido a una fuerza de tracción sobre él. Los ligamentos más afectados son el acromioclavicular, coracoclavicular y coracohumeral.

Por último, se hará énfasis en la lesión de tendinitis del manguito rotador. Esta patología es la tendinitis del músculo supraespinoso por pinzamiento subacromial. Es causada por sobrecarga, movimientos repetitivos y choque del acromion con el tendón del supraespinoso. Como estipula Arrillaga (2018) esta es la principal causa de dolor en el hombro, afectando al 40% y 90% de los nadadores. Un 15% de los nadadores de en promedio de 18 años padece de dolor de hombro a causa de la tendinopatía del manguito rotador (Barbosa, 2013). En los nadadores de máxima competencia que padecen de esta tendinitis del manguito rotador un 90% es tendinopatía del supraespinoso (Rodeo et al., 2016).

**1.1.8 Pinzamiento subacromial.** Es un desgarró o distensión de la musculatura del manguito rotador comúnmente en deportes donde los movimientos del hombro son enérgicos en forma circundante. También se genera por desgaste, desgarró, envejecimiento, trauma, alteración de la postura y repetidos movimientos. El principal músculo afectado es el supraespinoso, siendo el más propenso a lesionarse por su ubicación entre la cabeza humeral, el hueso acromion de la clavícula que oprime al tendón en la ejecución de los movimientos del hombro. La ineficiente mecánica del gesto efectuado por el hombro en la actividad realizada exagera la compresión del tendón del supraespinoso (Tortora y Derrickson, 2018). También se le describe como la irritación mecánica del manguito rotador y la bursa al ser presionada en el espacio subacromial (Macías- Hernández y Pérez Ramírez, 2015).

Dado que es el tendón del supraespinoso el más afectado se describirá la fisiología de una tendinitis. Esta es la inflamación del tendón, donde se generan microrroturas zonas necróticas y también la manifestación clínica de del tendón que ha excedido la capacidad de sistemas de reparación del organismo. La tendinopatía puede dividirse en las siguientes fases, según Nájera (2013):

- *Traumática:* El factor desencadenante genera un padecimiento directo o indirecto en el tejido tendinoso en una de sus zonas produciendo micro rupturas [lesión en los puentes transversos de tropocolágeno] o ruptura de fascículos, todo depende de las características del agente atacante [intensidad y/o duración]. Aspectos que con el tiempo se desarrollan en la próxima fase.
- *Inflamatoria:* La lesión a nivel celular, lo continua el desdoblamiento de los componentes de la membrana celular, del cual se genera ácido araquidónico,

precursor de las prostaglandinas. Simultáneamente se comienza un fenómeno de infiltración celular que representa el inicio del proceso de limpieza de los desechos celulares a responsabilidad de los macrófagos. Además, se van demostrando los mastocitos y granulocitos que son los encargados de la generación de histamina, serotonina y prostaglandinas, los cuales crean una vasodilatación.

Estos sucesos benefician a la aparición del edema, el cual causa una compresión en los capilares contenidos en el endotendón, responsables del suministro de oxígeno y sustratos energéticos al tendón. En otras palabras, se crea un fenómeno isquémico con hipoxia tisular lo que implica una desviación del metabolismo energético, hacia la vía anaeróbica con la siguiente acidosis y descenso del pH que beneficia al mismo tiempo la activación de enzimas proteolíticas agravantes del problema.

- *Degenerativa:* La alteración vascular continúa por la continuación del ente atacante y de las etapas iniciales del proceso. La zona lastimada del tendón evoluciona hacia la necrosis esclero-cicatrizal, fase en el que se percibe un depósito de sales de calcio, razón por el que se le designa también como tendinitis cálcica.
- *Ruptura:* En esta etapa el tendón tiene tal fragilidad que la tensión suficiente logra romperlo. En caso de que suceda, se manifiesta tardíamente una equimosis que al sexto día crea un coágulo fibroso el cual hacia el octavo día presenta fibroblastos organizados en múltiples direcciones, que progresivamente van asumiendo una orientación longitudinal que se completa hacia el décimo día, para transformarse al finalizar el segundo mes de evolución un tendón macroscópicamente normal pero microscópicamente un tejido elevadamente vascularizado.

**1.1.8.1 Clasificación del pinzamiento subacromial.** Siguiente información presentada sobre la clasificación es según Pérez (2021).

- *Primario:* Se basa en una biomecánica anormal de la musculatura del manguito rotador y el arco coracoacromial o alteraciones en dicha zona. Usualmente en personas mayores a cuarenta años. El estrechamiento a nivel subacromial es resultado de varios factores como: deformación congénita de la tuberosidad mayor del húmero, ensanchamiento del tendón, desgarros totales o parciales en tejidos blandos. También es posible presentar artritis acromioclavicular o compresión del supraespinoso.
- *Secundario:* Principalmente manifestado en atletas jóvenes donde ejecutan movimientos donde el brazo pasa por encima de la cabeza como lo es la natación. Esta clasificación es causada por modificaciones funcionales o estrechamiento del espacio subacromial. La inestabilidad de la articulación glenohumeral o escapulotorácica, sobrecargas o disfunción de la musculatura del manguito rotador [principalmente en el tendón del supraespinoso] aumenta el rozamiento durante el movimiento del brazo, ocasionando un traslación anormal superior de la cabeza humeral, disminuyendo el espacio y causando el pinzamiento mecánico sobre el arco coracoacromial.

**1.1.8.2 Clasificación de una tendinopatía.** Dado que el pinzamiento subacromial en los nadadores causa una tendinopatía en el músculo supraespinoso, se presentará la clasificación según el tiempo de evolución de una lesión tendinosa, la información es basada en De la Puente (2019):

- *Tendinitis aguda:* Evolución menor a tres semanas. Inicia una respuesta celular inflamatoria en el paratendón o peritendinosas en el tejido areolar y se manifiesta con indicios inflamatorios locales, calor, edema, dolor hipersensibilidad sobre el paratendón y disfunción. Básicamente es una inflamación con o sin sinovitis.
- *Tendinitis subaguda:* Se percibe pérdida del colágeno, desorganización de las fibras, mayor vascularización, sin inflamación intratendinosa, pero si en su capa externa. Sus signos son dolor, edema hipersensibilidad local sobre el tendón y crepitación. Se puede asociar a una degeneración intratendinosa.
- *Tendinitis crónica:* Se observa degeneración intratendinosa del colágeno, desorganización de las fibras, aumento excesivo de la vascularización, puede encontrarse necrosis o calcificación de calcio. En el aspecto clínico se encuentran nódulos palpables dolorosos o no y se ausentan las vainas de mielina. Aquí se establece degeneración como resultado de atrofas, cambios de la homeostasis, micro traumas y compromiso vascular.

Otra clasificación de la tendinopatía es según los factores mecánicos descritos en estados (Pérez, 2021):

- *Estado 1:* Edema, inflamación y hemorragia en la bursa y vientre del manguito rotador. Dolor a palpación en el tubérculo mayor y cresta anterior del acromion en el movimiento de abducción entre los 60° y 120°.
- *Estado 2:* Fibrosis del manguito rotador. Condición no reversible, mismos síntomas del estado 1 pero aumentados y existe falta de funcionalidad en el hombro.
- *Estado 3:* Muestra espolones óseos y ruptura total del tendón, sintomatología crónica y aumenta los desgarros del resto del manguito rotador.

**1.1.9 Epidemiología.** La prevalencia del “hombro del nadador” en nadadores de alto rendimiento en el año 1973 era del 3%, ahora, en la actualidad según diferentes investigaciones han proporcionado estadísticas donde el porcentaje de prevalencia de dolor en la articulación del hombro está entre 40-91%. (Nahar et al, 2021). La prevalencia de este dolor de hombro en los nadadores de alto rendimiento tiene más reportes en este tipo de nadadores que en la población en general, siendo un porcentaje del 42% al 73%. Y según Valle (2013) el 30% de los nadadores de entre 16 y 20 años en la Federación Deportiva de Guayas sufren del pinzamiento subacromial y/o lesión de uno varios músculos del manguito rotador. Otro estudio realizado con los nadadores del equipo olímpico de los Estados Unidos reveló que de una muestra de 42 nadadores un 66% presentó dolor en el hombro y de ese porcentaje un 90% se diagnosticó una tendinopatía del supraespinoso y también un 83% se diagnosticó pinzamiento subacromial (Rodeo et al., 2016). Una investigación hecha en la selección Antioquia de natación demostró que el dolor en nadadores de 18 años es del 15% (Barbosa, 2013).

**1.1.10 Etiología.** La natación es deporte único que utiliza primordialmente la parte superior del cuerpo para poder desplazarse en el agua, el 90% de la fuerza de propulsión viene de los brazos y un torque generado en el hombro. El pinzamiento subacromial es el síntoma más común en los nadadores, afectando del 40% al 91% de los nadadores. La natación de alto rendimiento implica que cada nadador nada alrededor de 60,000 metros a la semana, causando que se realicen un equivalente de 30,000 brazadas (Matzkin et al, 2016).

El pinzamiento subacromial se genera por la repetida abducción junto con la flexión de hombro que se realiza mayormente en los estilos de mariposa y crol. También esta patología es el causante de otras más como lo son las tendinopatías en los demás músculos del manguito rotador, daño en el labrum, inestabilidad articular e hiperlaxitud ligamentosa. La brazada en natación requiere una gran amplitud de movimiento en el hombro junto a ella la aplicación de una gran fuerza, logrando así las lesiones antes mencionadas (Matzkin et al, 2016).

Durante la fase de empuje el hombro sufre una alta carga debido a la cantidad de movimientos repetitivos y la falta de descanso, lo que explica la alta incidencia en lesiones y dolor del hombro de los nadadores. Esta carga se mantiene muy aumentada en los entrenamientos ya que se realizan en promedio seis veces a la semana y hasta dos sesiones por día. Este gran e intenso volumen comienza desde edades tempranas, provocando un alteración de la musculatura del manguito rotador y la movilidad de la articulación glenohumeral (Arrillaga, 2018).

Hablando específicamente del estilo crol en nadadores de alto rendimiento y su brazada, se puede mencionar que la fuerza que genera es mediante los movimientos de aducción y rotación interna del hombro. Estos movimientos se realizan en su máximo rango de

movimiento junto con la rotación del cuerpo para poder generar esa propulsión en una trayectoria más amplia. Luego en la fase de recuperación de la braza se realiza una máxima rotación externa, alcanzando una hiperextensión y circunducción de hombro para volver a la extensión de brazo al meter la mano en el agua (Matzkin et al, 2016).

Nájera (2013) declara que la causa principal de la tendinopatía del supraespinoso es el la gran intensidad del entrenamiento de alto rendimiento y la precocidad con la que los nadadores empiezan el alto rendimiento. También menciona que también se debe a la técnica de brazada en el crol, cuando en la fase de recuperación el brazo rota internamente, se flexiona a 90° y abduce a 45° se crea el pinzamiento de los tendones del manguito rotador, bursa subacromial y ligamentos coracoacromiales. Se adiciona un compromiso vascular sobre el tendón del supraespinoso al chocar con el troquíter contra el acromion en la abducción y rotación interna de la brazada.

La fatiga muscular, incoordinación muscular, debilidad de la musculatura del hombro inestabilidad articular, mala postura y alteración de la biomecánica del hombro son causa por la excesiva repetición de movimiento del brazo por encima de la cabeza como es la brazada de crol en los nadadores de alto rendimiento, ya que pueden llegar a acumular hasta 14,000 metros nadados en un día, siendo aproximadamente 2,500 revoluciones. Esta cantidad de movimiento ejecutados sobrecargan el tejido blando del hombro (Filip et al, 2017).

**1.1.11 Mecánica de lesión.** En la fase de entrada de la mano, ésta atraviesa la línea media del cuerpo haciendo una fuerza contra el agua que hace que la cabeza del húmero ascienda y la parte posterior de la tuberosidad mayor y la posterosuperior de la glenoides entren en contacto. Esto aprieta el espacio subacromial generando un pinzamiento el tendón supraespinoso, la bursa subacromial y el tendón de la cabeza larga del bíceps braquial. Cuando esto acontece, la ubicación del húmero baja, el codo cae y los músculos deltoides [fibras medial y anterior], romboides y trapecio fibras superiores disminuyan su actividad (Arrillaga, 2018).

Durante la fase de empuje la cabeza humeral rota medialmente y hace protracción. Esto al asociarse con la fatiga física general, la cinemática del hombro se cambiará, causando una elevación en la actividad del romboides y una disminución o una ineficiente activación del serrato anterior, infraespinoso y redondo menor. El producto de esto es una ausencia de retracción escapular que compromete a las articulaciones glenohumeral y escapulotorácica, elevando las probabilidades que se genere una compresión del espacio subacromial. Por resultado, el nadador retirará la mano del agua antes, evitando la rotación interna excesiva que se da al término de la fase de empuje, y la meterá al agua más lateralmente en la siguiente fase de entrada de la mano (Arrillaga, 2018).

El estrechamiento del espacio subacromial también es asociado con una disminución del rango de rotación interna, debido a que también modifica la cinemática escapular. Se ha mencionado que los nadadores tienen un aumento de 10° la rotación externa y 40° la abducción acompañado de una disminución de 40° la rotación interna, en comparativa con personas no nadadoras (Arrillaga, 2018).

La rigidez, desequilibrio muscular y alteración de la cinemática de las articulaciones acromioclavicular y glenohumeral resultan en una discinesia escapular dado por los

movimientos anormales causados por los elementos anteriormente mencionados. La morfología del acromion también influye en el espacio subacromial existente, ya que si se llega a tener un acromion curvo o ganchoso reduciría el espacio subacromial y así causando lesiones en el manguito rotador (Pérez, 2021).

En nadadores de alto rendimiento el pinzamiento subacromial es típicamente ocasionado por alteración de la cinemática del hombro por fatiga muscular o hiperlaxitud. El rango de movimiento en estos nadadores en las rotaciones medial y lateral se ven alteradas ya que en la interna se ve limitación y en la externa un aumento excesivo. La alteración de los tendones del manguito rotador y estabilizadores escapulares que mantienen la cabeza humeral en la cavidad glenoidea puede llevar a una excesiva traslación del húmero, ocasionando un pinzamiento. En este pinzamiento subacromial es la bursa subacromial del lado del manguito rotador la que se prensa por debajo del arco coracoacromial al tener el brazo en flexión y con rotación interna (De-Martino y Rodeo, 2018).

La discinesia escapular es uno de los principales caminos hacia las patologías relacionadas con el hombro del nadador. En cuanto al pinzamiento subacromial, se caracteriza por el sobreuso y fatiga muscular por tener la escápula abducida, protruida y desplazada de su correcto posicionamiento. Este posicionamiento anormal se adopta en la fase de recuperación de la brazada en crol por la combinación de la rotación del cuerpo y la repetida retracción de la escapula (Johnston y Abrams, 2016).

Los movimientos repetitivos de retracción y rotación medial de la articulación glenohumeral por arriba de la cabeza, producen usualmente una sobrecarga en el hombro, ocasionando una lesión en la cápsula frontal del hombro, llevando a una tendinitis en el manguito rotador. Las excesivas rotaciones del hombro que hacen los nadadores en los entrenamiento y competencias causan frecuentemente una hipertrofia de la musculatura

anterior del hombro, llevando a un desbalance muscular que lleva al pinzamiento subacromial (Nahar et al, 2021).

La lesión del manguito rotador se origina por movimientos excesivos de flexión, abducción y rotaciones durante las fases de empuje y recuperación de la brazada, por el impacto de la cabeza humeral contra la cara anteroinferior del acromion, ligamento coracoacromial y la articulación acromioclavicular; el área de choque se centra en la inserción del músculo supraespinoso con la cabeza larga del bíceps y la bursa subacromial; relacionado también a la inestabilidad glenohumeral generada principalmente por la hiperlaxitud ligamentosa (Ardila et al, 2018).

**1.1.12 Diagnóstico.** El diagnóstico se realiza mediante maniobras especiales para identificar el pinzamiento subacromial. Información dada por Pérez (2021).

**Tabla 4** Pruebas diagnósticas de pinzamiento subacromial

| Nombre de la prueba            | Objetivo                                                                                     | Ejecución                                                                                                                                                                             | Resultado                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Prueba de la lata vacía</b> | Valora la posibilidad de disfunción del músculo supraespinoso                                | Terapeuta realiza una resistencia en los antebrazos del paciente, de manera que intente llevarlos al tronco. Paciente debe vencer la resistencia del terapeuta, separando los brazos. | Si el paciente es incapaz de vencer la resistencia ejercida y deja llevar los brazos hacia el tronco, se supondría la posibilidad de afectación del músculo supraespinoso |
| <b>Prueba de Yergason</b>      | Valoración de una posible afección del tendón de la cabeza larga del músculo bíceps braquial | Se realizarán 2 movimientos a la vez: colocar la palma de la mano hacia arriba realizando una supinación y luego una flexión de codo, el terapeuta resistirá los 2 movimientos        | Si en el gesto presenta dolor en la inserción del tendón de la cabeza larga del bíceps braquial la prueba se considera positiva.                                          |

| Nombre de la prueba         | Objetivo                                                                                                             | Ejecución                                                                                                                                                                        | Resultado                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Drop arm test</b>        | Valoración de una posible afección de la musculatura del segmentos escapular principalmente el músculo supraespinoso | El terapeuta de forma pasiva realizará movimiento de abducción de 90° a 120°. Paciente mantendrá la posición y luego de unos segundos lo lleva lentamente a la posición inicial. | Si el paciente es incapaz de mantener la posición o de volver a la posición inicial de forma lenta, se considera positiva.                                                    |
| <b>Prueba de Neer</b>       | Valoración de afección del espacio subacromiodeltoideo                                                               | El terapeuta realiza el movimiento de flexión de hombro pasivamente, codo en extensión y palma de la mano hacia abajo                                                            | Si al realizar el movimiento, el paciente percibe dolor agudo a nivel del hombro, se considerará pinzamiento de la musculatura en el nivel del espacio subacromiodeltoideo    |
| <b>Prueba de compresión</b> | Valoración de posible afección por compresión del espacio subacromial                                                | Paciente que realiza flexión máxima de hombro con codo en extensión.                                                                                                             | Si presenta dolor agudo en el gesto se considerará que hay afectación del tendón del músculo supraespinoso o de la cabeza larga del bíceps braquial en el espacio subacromial |
| <b>Test de Patte</b>        | Valoración de posible afección del músculo infraespinoso                                                             | Paciente coloca el brazo en 90° de abducción, 30° de anteversión y codo flexionado en 90° apoyado en el antebrazo del terapeuta.                                                 | Si presenta dolor agudo al realizar el gesto se considerará una afectación del tendón del músculo infraespinoso o de la cabeza larga del bíceps en el espacio subacromial     |
| <b>Test de Gerber</b>       | Valoración de afección del músculo subescapular.                                                                     | Paciente con rotación interna de brazo en la espalda. El terapeuta ejerce resistencia en la mano del paciente, y éste tiene que empujarlo                                        | Si el paciente es incapaz de realizar el gesto, hay rotura del tendón o dolor y limitación del movimiento indicando una tendinopatía                                          |

**1.1.13 Cuadro clínico.** El dolor agudo diferente intensidad en las zonas anterolateral o deltoidea anterior del hombro, siendo en ambos casos un síntoma frecuente, junto con irradiación en la parte lateral del brazo, restricción en la movilidad del hombro, disminución de la fuerza, rigidez y reducción de la funcionalidad articular. El dolor predomina en las noches. Es usual que el arco doloroso lo presenten en el movimiento activo de la abducción, entre los 60° y 120° y desde los 120° en adelante el dolor se desvanece (Pérez, 2021). En una fase crónica se pueden evidenciar limitación en la rotación interna glenohumeral, inestabilidad secundaria a una hiperlaxitud o una disfunción muscular y neuropatías por atrapamiento nervioso (Arrillaga, 2018). Los nadadores de alto rendimiento al ser propensos a la tendinopatía del supraespinoso tienden a tener un engrosamiento de este tendón, llevando al aplastamiento de la bursa subacromial (Nahar et al, 2021).

La aparición de dolor en la parte lateral del hombro, sobre el deltoides y que se agrava con la flexión, rotación interna y/o abducción son síntomas del pinzamiento subacromial. También se puede adicionar hipersensibilidad en la zona subacromial y dar positivo en la prueba de Neer (Panayiotou, 2019). Se evidencia deficiencia en la fuerza de la rotación externa y la abducción, al igual que en la protracción y retracción de la escapula (Bek et al, 2018). También se evidencia inestabilidad articular del hombro, dolor en el hombro al dormir, dolor en la noche, dolor en actividades diarias donde llevan el brazo por encima de la cabeza, hiperlaxitud ligamentosa y un irregular movimiento de la cabeza humeral en ellos movimiento del hombro (Rodeo et al, 2016).

**1.1.14 Afectación en la funcionalidad deportiva.** Cualquier tipo de lesión puede alterar negativamente al nadador tanto en el ámbito deportivo como en su vida personal. En cuanto a la lesión del manguito rotador por pinzamiento subacromial se puede evidenciar que hay una disminución del rendimiento tanto en los entrenamientos como en las competencias ya que esta lesión llega a incapacitar a tal punto de retirar de forma permanente al nadador o que éste se ausente por mucho tiempo. El tiempo de ausencia depende de la gravedad de la lesión, el tratamiento, percepción del dolor y evolución de la curación. Este proceso se repite constantemente ya el nadador de alto rendimiento debe mantener o recuperar su condición física, pero al volver a la intensidad y volumen de los entrenamientos aparecen compensaciones y desequilibrios musculares, descoordinación, disfunción escapulotorácica y mala alineación de la cintura escapular. Todo esto resultando en una decadencia de los resultados deseados a nivel competitivo. También se reduce la fuerza y balance muscular en la o las extremidades afectadas causando mala técnica de brazada y por consecuencia limitación o disminución del rendimiento deportivo (Ardila et al, 2018).

Se tiene registro que el 14% de 42 nadadores olímpicos de Estados Unidos se vieron en la incapacidad de participar en competencias de élite por causa de lesión del manguito rotador. El 5% de ellos se vieron en la necesidad de realizarse un tratamiento quirúrgico de descompresión en el hombro. Todos ellos como factor en común reportaron dolor durante la noche, esto ocasiona una mala recuperación y alteración del sueño de forma negativa, y también reportar dolor al realizar sus actividades de la vida diaria y actividades recreativas (Rodeo, 2016).

Tras conocer las consecuencias de los movimientos repetidos de la brazada en el estilo libre, ahora se muestra el que el resultado sobre el nadador es una frecuente sobrecarga en

el hombro que desemboca en una lesión de la cápsula articular y tendinopatía del manguito rotador que tienen el alcance de privar al nadador de competir ya que interfiere disminuye su rendimiento y lo imposibilita a realizar una técnica de nado adecuada, terminando en un negativo rendimiento deportivo (Nahar et al, 2021).

El dolor siendo el principal síntoma, es por sí mismo, la causa de una limitación tanto del rango de movimiento como para realizar fuerza y como consecuencia de esa restricción se crean calcificaciones y procesos degenerativos en el tendón del supraespinoso (Chianca et al 2018). El dolor es capaz de evidenciar lesiones que pueden llevar al nadador hasta la cirugía para su alivio. Este procedimiento quirúrgico llega a alterar el desenvolvimiento del nadador en sus actividades tanto deportivas al poder llegar a una incapacidad de la práctica de la natación como en las actividades cotidianas donde se involucre el hombro (Varela, 2021).

Como describe Monsalve (2018) las lesiones dentro del ámbito deportivo llevan a los atletas a retirarse ya sea por la gravedad de la lesión o sus constantes apariciones. La exposición de lesionarse el hombro en cualquier magnitud puede terminar la carrera deportiva incluso al principiar en el entrenamiento del alto rendimiento, también un inicio temprano de lesiones incrementa la tasa de predisposición de padecer la misma patología o la aparición de una nueva (Correa y Cardona, 2019).

**1.1.15 Capacidades físicas del atleta.** Un atleta de alto rendimiento debe tener sus capacidades físicas desarrolladas a tal punto para que pueda cumplir con los objetivos estipulados. Definiendo con exactitud las capacidades físicas, son las características individuales de la persona que determinan la condición física, basadas en las acciones mecánicas y procesos energéticos y metabólicos en el rendimiento de la musculatura voluntaria. Este concepto engloba las siguientes cuatro características (Jiménez, 2021):

- *Fuerza:* Acción de uno o varios músculos para mantener o realizar una cantidad limitada de movimientos, gestos o ejercicios físicos llegando a umbrales sub máximos y máximos de esfuerzo según con el potencial del o grupo muscular trabajado (Leiva, 2019).
- *Resistencia:* Capacidad psicofísica de tolerar el cansancio durante un extenso esfuerzo y la aptitud de recuperación después de tal esfuerzo (Weineck, 2017).
- *Velocidad:* Es el desplazamiento del cuerpo o segmento con una rapidez determinada en un espacio (McGuigan, 2017).
- *Potencia:* Es la combinación de fuerza y velocidad para lograr un desplazamiento a la mayor velocidad posible (McGuigan, 2017).
- *Flexibilidad:* Habilidad para mover uno o varios segmentos a través de todo el rango de movimiento posible requerido en un gesto, actividad o acción específica (Cejudo, 2014).

**1.1.16 Proceso de rehabilitación.** Existen varios tratamientos que se aplican en los nadadores de alto rendimiento para aliviar tanto el dolor como los síntomas y así reincorporar al nadador sus entrenamientos lo antes posible, sin embargo, el tiempo de ausencia o rehabilitación depende de la evolución del paciente, dado que depende de la gravedad de la tendinopatía o si hay otro tipo de lesión adyacente. A continuación, se presentarán los tratamientos más utilizados en el tratamiento del pinzamiento subacromial en nadadores.

En cuanto a los tratamientos conservadores podemos encontrar la aplicación de AINES [antiinflamatorios no esteroideos] para el alivio del dolor mediante la inhibición de las prostaglandinas, la inyección de corticoides para inhibir la inflamación y usado mayormente cuando se necesita que el atleta compita necesariamente. En esta categoría también encontramos varios agentes físicos, como lo son la crioterapia para tratar en fase aguda la lesión para disminuir el flujo sanguíneo que conlleva al descenso de la actividad celular y se logre que interactúen más variedad de células curativas. La termo terapia se aplica en fases crónicas para calentar el tejido blando para mejor movilización activa y estiramientos de esos tejidos, también se eleva el flujo sanguíneo que aporta nutrientes y células curativas en la zona de lesión. Por último, tenemos a la electroterapia tipo TENS para generar un efecto de analgesia a nivel del sistema nervioso a corto plazo del área afectada (de-la-Puente, 2019).

Otro tipo de tratamiento utilizados son la terapia manual como el masaje de Cyriax para estimular procesos inflamatorios curativos, evitar adherencias y crear isquemia sobre el tendón dañado (de-la-Puente, 2019). También en lesiones de gran gravedad se realiza cinesiterapia tipo pasiva y reposo de la actividad deportiva (Panayiotou, 2019). Y los

estiramientos de musculatura del hombro para evitar acortamiento muscular o rigidez (Lewis, 2015).

Por otro lado, tenemos al ejercicio terapéutico que está presente en todos los tratamientos cualquier tipo de lesión en el ámbito deportivo, pero con gran impacto en la recuperación y adaptación del hombro en la natación. Aquí encontramos ejercicios de cadena cinética abierta con bandas de resistencia a tolerancia del paciente y progresando en el nivel de resistencia, también hay de cadena cinética. También se evidencia ejercicios de movilidad sin resistencia en miembros superiores (Heron, 2017). El ejercicio de fortalecimiento se hace presente para mejorar el equilibrio y estabilidad del manguito rotador y recobrar la fuerza perdida (Nahar, 2021). El ejercicio excéntrico es realizado para reclutar fibras de colágeno y así aumentar la densidad del tendón y también para inducir, mediante el efecto mecánico, la remodelación de este (De-la-Puente, 2019). Finalmente encontramos ejercicios de movilización muscular y contracciones isométricas en musculatura de hombro, brazo y espalda (Lewis, 2015).

Si nos enfocamos en el entrenamiento de fuerza en el manguito rotados podemos encontrar que en los nadadores de alto rendimiento se puede apreciar aumento de la fuerza y equilibrio en el hombro, se mejora la capacidad de coordinación intramuscular e interarticular, llevando a una mejora en el equilibrio muscular y desciende el riesgo de volver a lesionarse. También por medio de este entrenamiento se lograron evidenciar asimetrías en la cintra escapular de los nadadores que luego se pudieron corregir para mejorar el rendimiento (Nahar, 2021).

## 1.2 Antecedentes Específicos

**1.2.1 Natación.** La natación se define como el acto de nadar como deporte con un fin competitivo donde se busca desplazarse por el agua a la mayor velocidad posible (Huamán, 2021).

**1.2.2 Gesto deportivo.** Para entender como es el gesto deportivo, en este caso la brazada de crol, realizaremos un análisis del comportamiento del brazo al momento de nadar este estilo para saber también por qué la braza de este estilo es que más causa el pinzamiento subacromial. Primeramente, se detallará la división de las fases de la brazada y luego mecánica de lesión de esta por Arrillaga (2018).

### 1.2.2.1 Fases de la brazada

- *Entrada de la mano:* La mano ingresa al agua con el codo a nivel más alto. El brazo va por delante y lateral a la cabeza y levemente lateral o medial al hombro. En esta fase los músculos tienen el objetivo de estabilizar y rotar la escápula hacia arriba para crear un espacio a la cabeza humeral. También se estabiliza el ángulo superior de la escápula para que haga rotación ascendente.
- *Empuje:* Toda esta fase se da debajo del agua. Se divide en tres etapas:
  - *Empuje temprana:* se inicia cuando la mano está en su máxima extensión inicia el movimiento hacia abajo y termina cuando el húmero se encuentra a 90° de flexión. El húmero se extiende y rota medialmente.
  - *Empuje media:* es la transición entre las etapas temprana y tardía y concierne al momento en el que el antebrazo es perpendicular al suelo de la piscina. Aquí el cuerpo en general realiza una rotación acompañando el

movimiento del brazo para tener mayor alcance con el brazo contralateral.

- *Empuje Tardía:* Inicia cuando el húmero está a 90° de extensión y finaliza con la salida de la mano del agua. El brazo realiza rotación interna y hay extensión de la articulación glenohumeral.
- *Salida de la mano:* inicia cuando el codo sale del agua flexionado y luego la mano. El húmero se aduce para sacar el brazo del agua y luego realiza abducción y extensión.
- *Recuperación:* Fase realizada por encima del agua. Se divide en 3 etapas:
  - *Recuperación temprana:* En esta etapa inicia la rotación del cuerpo hacia el lado opuesto del brazo en recuperación e inicia el brazo contrario en la fase de empuje. La rotación del cuerpo habilita al rango de movimiento normal se incrementa para lograr el máximo desplazamiento posible. La escápula se retrae y sigue el brazo en extensión.
  - *Recuperación media:* La escápula se rota hacia arriba y empieza la abducción de la articulación glenohumeral.
  - *Recuperación tardía:* El hombro pasa a la flexión. Fin del ciclo y pasa de nuevo a la entrada de la mano.

Ahora se mostrará gráficamente la brazada con su respectivo análisis según Varela (2021):

- *Plano sagital:*
  - *Salida de la mano:* Se evidencia un ángulo de 210° en el codo.



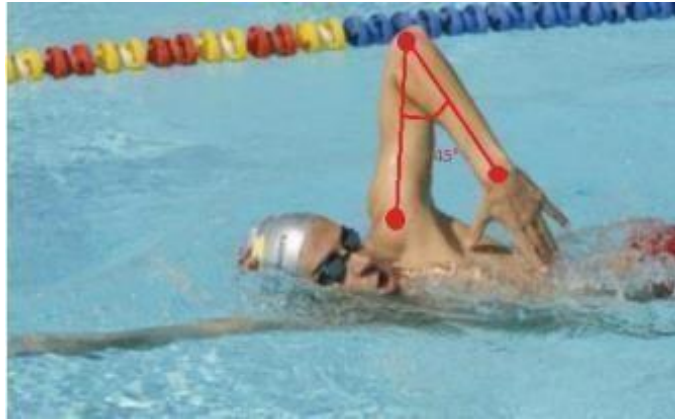
**Figura 1** Salida de mano  
Fuente: Varela, 2021

- *Fase de recuperación temprana*: Abducción de hombro con flexión de 70° en el codo que terminará con el mismo en extensión y abducción total del hombro. Es en esta fase es cuando se empieza a ver afectado el manguito rotador por el gesto de llevar el brazo por encima de la cabeza.



**Figura 2** Fase temprana  
Fuente: Varela, 2021

- *Fase de recuperación media:* Hay una abducción de  $90^\circ$  del hombro y  $45^\circ$  de flexión de codo. En este punto se da el pinzamiento subacromial al tener la abducción con rotación interna del hombro. La p



**Figura 3** Fase de recuperación  
Fuente: Varela, 2021

- *Empuje temprano:* Se evidencia flexión de hombro con una flexión de  $175^\circ$ . Es En esta etapa del empuje cuando se vuelve a producir un pinzamiento subacromial, pero con la diferencia que al ejercer la fuerza de empuje se crea mayor compresión sobre los tendones del manguito rotador.



**Figura 4** Fase de Empuje  
Fuente: Varela, 2021

**1.2.3 Pinzamiento Subacromial.** Lesión no traumática que afecta a las estructuras dentro del espacio subacromial por estrechamiento, generando una compresión e inflamación, provocando rupturas tanto musculares como tendinosas (Pérez, 2021). También se le define como un conjunto de patologías que incluyen bursitis, tendinitis, calcificación y/o desgarros del manguito rotador (Macías-Hernández y Pérez-Ramírez, 2014).

Su principal fisiología es la degeneración del tendón. Esta tendinopatía es en el manguito rotador y específicamente en el tendón del supraespinoso. Este proceso consta de degeneración de fibrocartilago y fibras de colágeno desorganizadas (Johnston y Abrams, 2016). También se logra evidencias calcificaciones y tuberosidades en la condromatosis sinovial (Panayiotou, 2019).

**1.2.4 Alteraciones motoras.** Dependiendo de la evolución de la patología se puede desarrollar fibrosis y engrosamiento del tendón dado que se crean micro rupturas en el cuerpo del tendón e incluso generarse áreas de necrosis de la cual es seguida del desdoblamiento de los componentes de la membrana celular, a partir de los cuales se genera ácido araquidónico, precursor de prostaglandinas. Por consecuencia se crea una infiltración celular que simboliza el inicio del proceso de limpieza de los componentes de desecho por medio de los macrófagos. Los mastocitos y granulocitos aparecen ya que solo los encargados de la creación de histamina serotonina y prostaglandinas, los cuales son los responsables de la vasodilatación (Nájera, 2013).

Se crea un edema y hemorragia por la constante irritación de los tendones del manguito rotador, al mismo tiempo que la bursa al estar en fricción con el acromion y los tendones se inflama al igual que los propios tendones. La inflamación causa una hemorragia en el

mismo tendón y una acumulación de líquido que llega a la categoría de edema (Varela, 2021).

Estas alteraciones fisiológicas repercuten en el movimiento y actividades del hombro. En el gesto deportivo al realizar las fases de empuje aparece el dolor por realizar fuerza en una posición inestable para el hombro. Durante la fase de recuperación también se encuentra un dolor considerable ya que al hombro realiza una abducción con rotación interna, que es el principal movimiento de pinzamiento subacromial. Y la última posición dolorosa es en la fase de entrada de la mano ya que el hombro viene hiperextensión y realiza fuerza para llevar la mano por delante de la cabeza (Thielbar, 2020).

**1.2.5 Principios del entrenamiento.** Son un grupo de pautas y reglas genéricas que dirigen el proceso de desarrollo de la condición física y están basados en características biológicas, psicológicas y pedagógicas. Éstos se relacionan unos con otros y garantizan la aplicación correcta de todo el proceso de entrenamiento. A continuación, se presentarán los principios del entrenamiento según Bernal-Reyes (2014):

- *Participación activa y consciente del entrenamiento:* Considera una preparación, conducción del entrenamiento y una actividad en el cual el entrenador y los atletas que se logren la consciencia sobre para qué y para qué se entrena.
- *Principio de desarrollo multilateral:* Abarca la interdependencia entre todos los sistemas, órganos, procesos fisiológicos y psicológicos del cuerpo humano.
- *Especialización:* Ejercicios específicos para un deporte o especialidad en concreto que permiten cambios morfológicos y funcionales en el cuerpo en relación con la especificidad del deporte.

- *Individualización:* Cada atleta se comporta físicamente de forma única a un mismo entrenamiento y se trabaja en base a ese comportamiento físico.
- *Variedad:* A pesar del gran volumen de entrenamiento debe haber una amplia gama de ejercicios, modalidades y formas para poder desarrollar las cualidades físicas necesarias del deporte dentro de ese gran volumen de entrenamiento.
- *Modelación del proceso de entrenamiento:* Enlace que mejora el proceso de entrenamiento de los atletas con las necesidades y características de la competición. En otras palabras, es una simulación de una situación hecha de componentes específicos.
- *Aumento progresivo de la carga:* La elevación paulatina del volumen, intensidad complejidad y cargas del entrenamiento según el nivel de rendimiento del atleta.
- *Unidad entre la preparación general y especial:* Establece las relaciones que deben existir en el trabajo en sus diferentes etapas.
- *Continuidad del proceso del entrenamiento:* Es la obtención del rendimiento esperado mediante la persistencia del proceso de entrenamiento a largo plazo sin interrupciones [patológicas o abandono del deporte].
- *Variaciones ondulatorias de las cargas:* Se basa en la interacción del trabajo-descanso al asignar diferentes tipos de cargas en el entrenamiento y el descanso correspondiente a ellas. Se varía debido a la adaptación del cuerpo a la intensidad de volumen e intensidad.

### 1.2.6 Fases del entrenamiento. Una sesión de entrenamiento consta de 3 fases

(Cardona et al, 2019):

- *Calentamiento:* Tiene como objetivo aumentar la temperatura corporal para permitir que todos los componentes mecánicos y fisiológicos se activen para la serie principal de la sesión. Se recomienda una baja intensidad y volumen moderado.
- *Parte principal:* Es la parte donde se realizarán los ejercicios principales con objetivos específicos y donde habrá más intensidad y volumen en la sesión. Se va desde los ejercicios más generales a los más específicos. También entran los ejercicios metabólicos.
- *Vuelta a la calma:* Ejercicios de baja intensidad que buscan eliminar el efecto de activación y recuperar las propiedades normales fisiológicas y morfológicas.

Dentro de la sesión de entrenamiento especial de natación se realizan las siguientes acciones secuenciales descritas por Huamán (2021):

- Realizar movimientos en seco para mejorar potencia, soporte y flexibilidad de la musculatura o habilidades.
- Calentamiento a baja intensidad
- Instrucciones sobre los ejercicios a realizar
- Serie de ejercicios enfocados en desarrollar habilidades aeróbicas, anaeróbicas y fuerza
- Otra serie donde se hace corrección o mejora de la técnica de nado
- Recuperación y el regreso a la calma

**1.2.7 Musculatura del manguito rotador.** Este conjunto de músculos son estabilizadores dinámicos de la articulación glenohumeral al mantener la cabeza humeral en la cavidad glenoidea, evitan la luxación, coordinan el equilibrio muscular y también proporcionan los movimientos que realiza el hombro. Si el manguito rotador presenta fatiga, debilidad o alguna otra lesión no realizará correctamente sus funciones y como resultado se tendrá el pinzamiento subacromial (Díaz, 2014).

Fortalecer el manguito rotador permitirá recuperar o mantener la estabilidad necesaria del hombro y correcto movimiento de la escápula (Díaz, 2014). Se evidencia que el aumento de fuerza en el manguito rotador genera equilibrio muscular, mejoró la coordinación intramuscular e intermuscular y redujo el riesgo de lesión. El aumento de fuerza también significó un mejor rendimiento en los entrenamientos (Nahar et al, 2021). Se mejora el posicionamiento de las estructuras del hombro, como la centralización de la cabeza humeral y reduce el dolor significativamente y redujo la rigidez articular (Vallespir, 2019). El ratio de movimiento de unilateral de hombro se aumenta y logra mayor tolerancia a la fatiga muscular de los rotadores, logrando mejor rendimiento dentro del agua y en pruebas de sprint (Hervada, 2019).

**1.2.8 Ejercicio de fortalecimiento.** Se fundamentan en una serie de ejercicios que auxilian a la recuperación de las capacidades motoras de los músculos (Ponce, 2019). Tienen como objetivo mejorar la funcionalidad muscular para hacerla más fuerte, eficiente y aumentar el control de movimiento en la articulación. Son ejercicios donde se utiliza mancuernas, poleas o bandas de resistencia (Venegas, 2017).

También es necesario saber medir la fuerza del nadador para saber el nivel de carga a dosificar. Para saber su fuerza se puede medir muchas maneras, principalmente se hace el

test de nado atado que consiste en una conexión del nadador a un dinamómetro por medio de un cable para saber la fuerza producida al nadar. Otros métodos son análisis de desplazamiento por medio de videograbaciones y guantes de presión (Casanova, 2016).

Según Matzkin (2016) los ejercicios de fortalecimiento deben iniciarse sin o con poca carga, para que gradualmente se aumente la carga conforme se gane fuerza muscular. Mientras la resistencia y fuerza se ganan se puede incluir ejercicios para mejorar la técnica del gesto deportivo o ejercicios correctivos de la técnica para que el nadador pueda reincorporarse lo antes posible a los entrenamientos.

La fuerza se puede apreciar en la natación en la fase de empuje ya que es en esta fase donde se realiza la propulsión para poder desplazarse en el agua, mientras más fuerza se tenga, mayor será el desplazamiento. Se puede ver incluso la fuerza de cada brazo al realizar solo una brazada. Muchas veces esto significa que entre menos brazadas en el recorrido es igual a más fuerza (Casanova, 2016).

**1.2.9 Beneficios del ejercicio terapéutico.** El ejercicio terapéutico es la acción de realizar una contracción en concreto para conseguir el alivio del dolor, mejorar la funcionalidad, y mantener el estado de salud del paciente. El tipo de contracción se divide en isométrico [contracción mantenida sin desplazamiento], concéntrico [acortamiento del músculo] y la excéntrica [contracción cuando se elonga el músculo] (Rodríguez, 2017). El ejercicio de fortalecimiento estimula el cambio y la adaptación tisular a las necesidades de, en este caso, los nadadores de alto rendimiento. Este ejercicio mejora el estado funcional para el deporte y previene nuevas o viejas lesiones (Johnston, 2021).

El desarrollo de la fuerza muscular lleva a que los órganos internos se mantengan en su correcta posición y mejore su funcionamiento, mejora la postura corporal, previene lesiones

tanto musculares como articulares, mejora el rendimiento deportivo ya que mejora la resistencia y mecánica de los gestos deportivos y mantiene en la correcta disposición a los músculos en cada segmento (Venegas, 2017).

La hipertrofia es el producto del ejercicio terapéutico de fuerza en atletas. Este resultado es aumento del tamaño de la fibra y la suma de más sarcómeros adentro de la fibra muscular. Esta hipertrofia logra proveer al músculo el aumento de fuerza, resistencia y/o potencia, de modo que genera un cambio para adaptarse al tipo de carga que se le esté sometiendo (Rodríguez, 2016)

Como se explicó al inicio del capítulo la base de todo movimiento es la contracción muscular. Al hacer ejercicios de fortalecimiento se involucra esta acción que a la vez involucra al tendón. El ejercicio de fortalecimiento logra que en las tendinopatías se logre el aumento de la actividad metabólica y aumento del diámetro de vasos sanguíneos, lo que resulta en un ascenso de la síntesis de colágeno, logrando una hipertrofia de tendón y mejora de las propiedades mecánicas del tendón (Castro-Maldonado, 2021). El fortalecimiento del manguito rotador logra resultados similares a los de una intervención quirúrgica de descompresión y con mismos efectos al de una inyección de cortico esteroides (Pérez, 2021).

**1.2.10 Indicaciones y contraindicaciones.** El ejercicio de fortalecimiento es aplicable en lesiones musculoesqueléticas, neuromusculares, cardiovasculares, pulmonares o tegumentario, así mismo como el acondicionamiento físico, mejorar densidad ósea, mejorar el desempeño muscular, entrenamiento muscular y promover la mecánica corporal (Pinzón, 2015). También se refiere para recuperar la fuerza muscular, recuperar el rango de movimiento completo, mejorar movimientos articulares necesarios para el deporte y promover la propiocepción (Joyce y Lewindon, 2016). Es viable para atletas pediátricos y jóvenes ya que aumenta la potencia neuromuscular, en adultos mayores es para conservar las

funciones neuromusculares, preservar masa muscular y una composición corporal saludable (McGuigan, 2017).

Como contraindicaciones podemos encontrar que aún haya un proceso de cicatrización, dolor muy elevado, no hay adherencia al tratamiento por parte del paciente, alteraciones agudas de la piel y tejido con daño severo (Pinzón, 2015).

Alteraciones cardíacas que puedan provocar infartos, insuficiencia cardíaca, hipertensión no controlada, arritmia maligna y cardiopatía isquémica grave están totalmente contra indicadas. Cuadro inflamatorios agudos. Hemorragias recientes, y enfermedades terminales también son contraindicadas (Mongil y Martín, 2013).

**1.2.11 Aplicación y dosificación.** Antes de entrar en materia se definirá cómo se maneja el concepto de la fuerza máxima [RM]. Al mencionar 1RM hacemos referencia a la cantidad máxima de carga que puede soportar la persona por una repetición, de modo que si se menciona 10RM es la cantidad de repeticiones máximas que puede hacer la persona sin falla (Cardona et al, 2019).

La prescripción del ejercicio de fortalecimiento varía mínimamente entre autores ya que Mongil y Martín (2013) establecen que debe realizarse 2 a 3 veces por semana con una duración de 2 a 3 series de 8 a 10 repeticiones con descanso de 2 a 3 minutos entre series y entre el 60% y 80% de 1RM de carga. Para conseguir un efecto de hipertrofia se describe una dosificación de 3 a 5 series de 6 a 12 repeticiones con descansos de 2 a 3 minutos entre series con una intensidad del 65% al 85% del 1RM (Krasnov, 2019). Para tener un buen impacto en las fibras musculares en la rehabilitación la dosificación sería de 5 a 7 repeticiones al 60% o 70% del 1RM [repetición máxima] por 6 a 16 series con recuperación de 5 minutos entre serie (Hubert, 2017).

Ahora para saber en qué momento debe aplicarse este tipo de ejercicio se enumeran las fases por las que puede pasar la lesión dependiendo su gravedad. La primera fase es la de adaptación anatómica y de activación neural de la musculatura [coordinación intermuscular, sincronización, reclutamiento de unidades motoras], la segunda es la fase de recuperación de la masa muscular o hipertrofia, la tercera es la fase de recuperación máxima y la última es la recuperación de factores neurogénicos fundamentada en el entrenamiento de gestos motores específicos de la actividad practicada [patrones de movimiento, translaciones, cognición] (Krasnov, 2019). También se puede definir que se realiza en una etapa de recuperación o subaguda (Guevara, 2017).

**1.2.12 Mejora del gesto deportivo.** Tras haber mencionado las fases del gesto deportivo y los beneficios del fortalecimiento y en sí y sobre el manguito rotador, se mencionará como en conjunto logran mejorar lo que sería la brazada en estilo crol. En la fase de empuje el hombro asume una posición de inestabilidad y al realizar fuerza se compresiona la musculatura y tendones del manguito rotador (Varela 2021) pero al generar una hipertrofia por el ejercicio de fortalecimiento el músculo será más resistente a la compresión y microtraumatismos del pinzamiento y a su vez generará mayor estabilidad en la posición de empuje temprano (Rodríguez, 2016). Ya que el hombro realiza circunducciones constantes de forma energética (Matzkin, 2016) al pasar entre fase de empuje y de recuperación; el fortalecimiento del manguito rotador proveerá de mayor estabilidad y disminuir el riesgo de compensaciones o luxaciones (Nahar et al, 2021). El trabajo de fortalecimiento al generar hipertrofia aumenta la fuerza (Rodríguez, 2016) y podrá proporcionar un mejor desplazamiento en la fase de empuje. Y por último en la fase de recuperación es donde más se mueve la escápula y al fortalecer el manguito rotador se

mejorará la disposición de las fibras del tejido blando involucrado, logrando un mejor movimiento en la técnica de brazada (Venegas, 2017). Como resultado también obtuvo que elevaron el número de ratios unilaterales, aumentaron resistencia ante la fatiga, disminución del desequilibrio muscular y por ende mejoraron el rendimiento en los entrenamientos (Hervada, 2019).

## **Capítulo II**

### **Planteamiento del problema**

En este capítulo se definirá el pinzamiento subacromial, el origen de esta patología, la epidemiología de esta patología en los nadadores de alto rendimiento y en las edades en que más afecta, la importancia del manguito rotador para los nadadores de alto rendimiento, como se ve afectado el rendimiento de los nadadores ante un pinzamiento subacromial y como se propone el ejercicio de fuerza para su tratamiento para reintegrar a los nadadores a los entrenamientos, aliviar el dolor y mejorar su rendimiento en los entrenamientos.

#### **2.1 Planteamiento del Problema**

El pinzamiento subacromial es la consecuencia del estrés mecánico que afecta la articulación del hombro durante el nado, principalmente el estilo crol, donde el hombro se somete a movimientos repetitivos sin reposo donde el brazo pasa por encima de la cabeza. Esta lesión la constituye un grupo de patologías y está directamente relacionada con el grupo muscular denominado “manguito rotador” encontrado en la parte del hombro y espalda (Nahar et al., 2021).

La prevalencia del “hombro del nadador” en nadadores de alto rendimiento en el año 1973 era del 3%, ahora, en la actualidad según diferentes investigaciones han proporcionado

estadísticas donde el porcentaje de prevalencia de dolor en la articulación del hombro está entre 40-91%. (Nahar et al, 2021). La prevalencia de este dolor de hombro en los nadadores de alto rendimiento tiene más reportes en este tipo de nadadores que en la población en general, siendo un porcentaje del 42% al 73%. En España se tomó a un grupo de 34 nadadores de alto rendimiento entre las edades de 18 a 30 años donde 17 ya padecen dolor de hombro y los otros 17 no presentan dolor y como resultado el 65% de los nadadores con dolor de hombro tuvieron dolor antes y durante entrenamiento y el grupo que no padece de dolor mostró que un 35% de los nadadores presentaron dolor después del entrenamiento (Hidalgo et al., 2012). Y según Valle (2012) el 30% de los nadadores de entre 16 y 20 años en la Federación Deportiva de Guayas sufren del pinzamiento subacromial y/o lesión de uno varios músculos del manguito rotador. Otro estudio realizado con los nadadores del equipo olímpico de los Estados Unidos reveló que de una muestra de 42 nadadores un 66% presentó dolor en el hombro y de ese porcentaje un 90% se diagnosticó una tendinopatía del supraespinoso y también un 83% se diagnosticó pinzamiento subacromial (Rodeo et al., 2016). Una investigación hecha en la selección Antioquía de natación demostró que el dolor en nadadores de 18 años es del 15% (Barbosa, 2013).

El manguito rotador es importante para mantener la cabeza humeral en su correcta posición durante la abducción del hombro y estabiliza al humero contra la cavidad glenoidea para proveer estabilización durante el movimiento del hombro. La debilidad del manguito rotador reduce esta fuerza compresiva, dando lugar a la inestabilidad en el hombro y por consecuencia se genera el pinzamiento subacromial (Rodeo et al., 2016). También es importante mencionar que la técnica correcta de la brazada a pesar de aumentar el rendimiento también disminuye la estabilidad del hombro (Monsalve et al., 2018).

Los elementos previamente mencionados dan como resultado una disminución en el rendimiento deportivo, largas ausencias, disminución del nivel de capacidad funcional del hombro, fatiga de estructuras implicadas, compensaciones musculares, desequilibrio, incoordinación disfunción escapulo torácica, alteración de la movilidad de la cintura escapular mal alineación de miembros superiores y retiros de la carrera deportiva a temprana y con la posibilidad de desarrollar patologías degenerativas (Ardila et al., 2018).

Con una lesión ya establecida y con las consecuencias antes mencionadas se llegan a juntar varios elementos que afectan negativamente el rendimiento del nadador, a continuación, se mostrarán 2 aspectos en los que afectan negativamente al nadador a raíz de una lesión:

- *Físico*: deficiencia del entrenamientos, mala realización del gesto deportivo y fatiga.
- *Psicológicos*: Estrés por no cumplir las demandas del entrenamiento, demanda de las competencias, falta de motivación, alteración en estados de ánimo y la incertidumbre si podrá regresar o superar el nivel deportivo que se tenía antes de la lesión.

Es por esta razón que se propone el entrenamiento de fuerza en el manguito rotador ya que según Hervada (2019) se tomó a 25 nadadores para realizar trabajo de fortalecimiento del manguito rotador, y como resultado se obtuvo que elevaron el número de ratios unilaterales, aumentaron resistencia ante la fatiga, disminución del desequilibrio muscular y por ende mejoraron el rendimiento en los entrenamientos. Otro estudio tomó a 21 nadadores menores a 18 años donde 11 realizaron ejercicios de fortalecimiento del manguito rotador y se observó que los 11 nadadores aumentaron fuerza y estabilidad en el hombro (Arrillaga, 2018). Otra evidencia del fortalecimiento del manguito rotador resalta

que logra resultados similares a los de una intervención quirúrgica de descompresión y con mismos efectos al de una inyección de cortico esteroides (Pérez, 2021).

Por último se resalta que la importancia de abordar este tema es para desarrollar en la ciencia deportiva, logrando que los nadadores mejoren el rendimiento y así logrando la representación de la disciplina, entrega, sacrificio y esfuerzo mediante reconocimientos competitivos y de igual modo al país que pertenecen es por esto que se llega a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los beneficios fisioterapéuticos del ejercicio de fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar el gesto deportivo?

## **2.2 Justificación**

El hombro del nadador es la lesión más propensa con una prevalencia de 40% al 90% en nadadores de alto rendimiento y aquellos con antecedentes de dolor su prevalencia aumenta 10 veces más. (Arrillaga, 2018). En el pasado su prevalencia era del 3% en los nadadores de alto rendimiento, pero ahora se encuentra en 40-91% dado que ahora los entrenamientos son más intensos y prolongados, junto con poca recuperación (Nahar et al., 2021). En Australia también se hizo la investigación al tomar 75 nadadores de alto rendimiento entre las edades de 11 a 27 años durante 12 meses donde se evidenció que un 38% de los nadadores reportaron un dolor significativo que interfería con su entrenamiento, y un 23% reportó una lesión significativa en el hombro. Un 74% de las lesiones significativas y un 68% de los dolores significativos fueron nuevas [de primera aparición] y también se descubrió que el 90% de las lesiones se originaron durante el trabajo principal del entrenamiento en el agua (Walker, et al., 2012). Según Bailón et al (2016) que los nadadores que habían tenido una lesión en el

segmento del hombro estaban más expuestos a padecer el mismo tipo de lesión con un riesgo de 4.7 veces más.

Recordando que el pinzamiento subacromial es principalmente el impacto del acromion sobre el tendón de inserción del músculo supraespinoso que provoca una alteración del manguito rotador y por ende dolor en movimientos de elevación del brazo. Para su tratamiento se establece varios objetivos como lo son la desinflamación, disminuir el dolor y recuperar el rango de movilidad mediante agentes físicos analgésicos como la electroterapia, termoterapia, láser y la onda de choque (Pérez, 2021). Sin embargo, mediante la presente investigación se abordará en el ejercicio de fortalecimiento del manguito rotador para tratar esta patología ya que según Pérez (2021) este tratamiento logra los mismos resultados que las inyecciones de corticoesteroides y muy similares a las de una cirugía descompresiva.

El ejercicio de fuerza ha demostrado tener resultados positivos en la recuperación de fuerza isométrica, concéntrica y excéntrica, movilidad articular del hombro y disminución del dolor llegando a reemplazar a tratamientos farmacológico-analgésicos. Cabe mencionar que acompañado de agentes físicos analgésicos se logra recuperar la funcionalidad del hombro y disminución del dolor el tratamiento logra mayor efectividad en el corto plazo. (Pérez, 2021). El ejercicio de fortalecimiento estimula el cambio y la adaptación tisular a las necesidades de, en este caso, los nadadores de alto rendimiento. Este ejercicio mejora el estado funcional para el deporte y previene nuevas o viejas lesiones. Específicamente al entrenar la fuerza se describe como la contracción muscular contra una resistencia, logrando aumentar fuerza, resistencia, capacidad funcional y logra la reducción del dolor. El volumen se clasifica según la cantidad de peso a usar, repeticiones y series. Un elemento esencial es el tiempo de contracción y relajación en la repetición (Johnston, 2021). Según Hubert (2017)

para tener un buen impacto en las fibras musculares en la rehabilitación la dosificación sería de 5 a 7 repeticiones al 60% o 70% del 1RM [repetición máxima] por 6 a 16 series con recuperación de 5 minutos entre serie. En una investigación al verificar en un grupo de 50 nadadores donde el 30% presentaba lesión del hombro y 66.67% de ellos era el pinzamiento subacromial, luego de realizar ejercicios de fuerza en ese 66.67% el dolor disminuyó considerablemente (Valles, 2012).

Por último se concluye que el mejor tratamiento para la lesión del pinzamiento subacromial es el entrenamiento de fuerza ya que mediante la evidencia antes mencionada se puede observar que este tratamiento logra recuperar la estabilidad articular del hombro, recuperar el balance muscular, recuperar fuerza, lograr hipertrofia, ganar resistencia y adaptar las fibras musculares del manguito rotador para soportar las cargas del entrenamiento, logrando un aumento del rendimiento y recuperación más rápida del pinzamiento acromial. Estos beneficios para los nadadores de alto rendimiento en el estilo crol los lleva a no ausentarse de los entrenamientos por mucho tiempo y que en los entrenamientos se logre un aumento del rendimiento y, por ende, mejores resultados en competencias.

## **2.3 Objetivos**

**2.3.1 Objetivo general.** Analizar mediante el uso de bibliografía los beneficios terapéuticos del ejercicio de fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar la mecánica deportiva.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

- Examinar la biomecánica que origina el pinzamiento subacromial para comprender como afecta el rendimiento en los nadadores en el estilo crol de 16 a 20 años y proponer

el plan de tratamiento fisioterapéutico donde implica el fortalecimiento muscular del manguito rotador mediante la revisión bibliográfica.

- Describir los ejercicios de fortalecimiento correctamente dosificados en el manguito rotador mediante la revisión bibliográfica, para su integración como tratamiento enfocado a la mejora de mecánica ante un diagnóstico de pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años.
- Determinar mediante la revisión bibliográfica los beneficios del fortalecimiento del manguito rotador en su integración al entrenamiento y ciclo deportivo del nadador de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años con pinzamiento subacromial para mejorar gesto mecánico.

## **Capítulo III**

### **Marco Metodológico**

En este capítulo se presentará el tipo de enfoque de investigación, nombrando los diferentes buscadores que fueron utilizados para conseguir la información de la presente revisión bibliográfica sobre los beneficios terapéuticos del fortalecimiento del manguito rotador en el pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años para mejorar el gesto deportivo. Igualmente se enlistarán los criterios a considerar para poder desarrollar la misma y así poder analizar los objetivos planteados en el capítulo II.

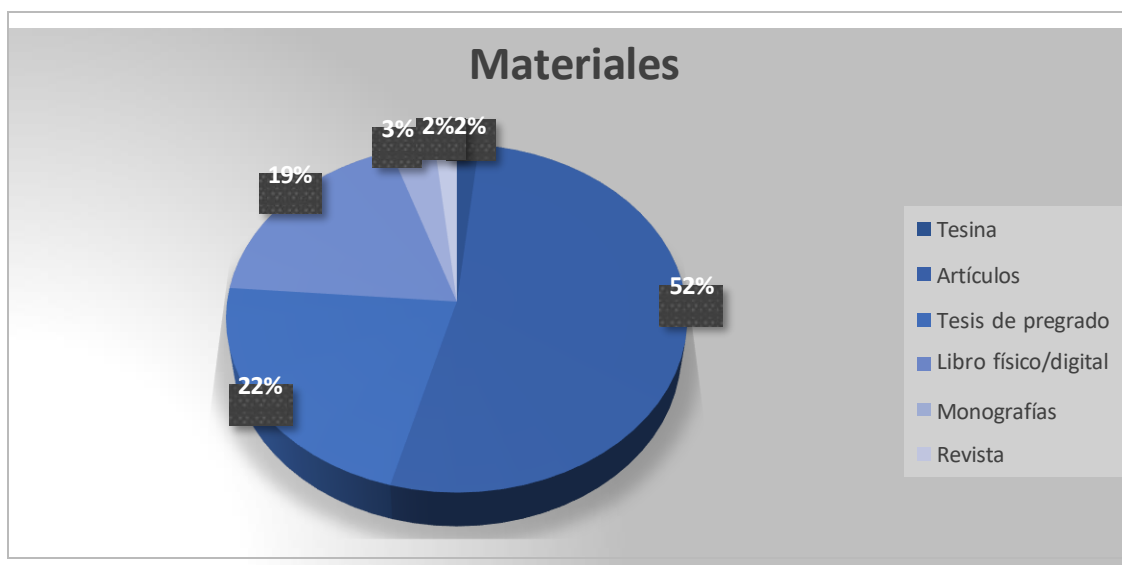
#### **3.1 Materiales**

Para esta investigación se consideran artículos científicos de las siguientes bases de datos: Google académico, PubMed, Science research, manuales y libros tanto físicos como digitales. También se incluye Tesis de pregrado y maestría, de diferentes universidades e institutos de Latinoamérica y Norteamérica, y artículos científicos. Esto brinda información sobre datos de la fisiopatología, del pinzamiento subacromial y su respectivo tratamiento.

**Tabla 5** Base de datos

| Base de datos           | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Palabras clave                                                                                                  |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Google académico</b> | Buscador que permite localizar documentos académicos como artículos, tesis, libros y resúmenes de fuentes diversas como editoriales universitarias, asociaciones profesionales, universidades y otras organizaciones académicas (Google, 2020).                                               | Pinzamiento subacromial, natación, fortalecimiento muscular, tendinopatía, gesto deportivo, hombro del nadador. |
| <b>PubMed</b>           | Buscador que permite localizar documentos académicos como artículos, tesis, libros y resúmenes de fuentes diversas como editoriales universitarias, asociaciones profesionales, universidades y otras organizaciones académicas (Google, 2020).                                               | Subacromial impingement, tendinopathy, strength training, swimmer shoulder, swimming.                           |
| <b>Science Research</b> | Desarrollada por <i>Deep Web Technologies</i> es una compañía de software que se especializa en crear motores de búsqueda que indagan el internet profundo. Habilita a los usuarios contenido de suscripción, publico, de catálogo o recursos internos ( <i>Deep web technologies</i> , 2020) | Subacromial impingement, swimming, swimmer shoulder.                                                            |

Elaboración propia



**Figura 5** Gráfico de bases de datos.  
Elaboración propia

Los recursos bibliográficos a considerar para este trabajo se incluyen libros, manuales y artículos sobre biomecánica y anatomía del hombro y manguito rotador, natación, gesto deportivo de la natación mecanismo de lesión, fisiopatología, fortalecimiento y sobre la patología del pinzamiento subacromial.

La recolección de la información y la evidencia científica se realiza a partir de las siguientes palabras clave: Pinzamiento subacromial en nadadores, pinzamiento subacromial, hombro del nadador, ejercicios de fortalecimiento, manguito rotador, fisiología, biomecánica del hombro, tendinitis, *swimmer shoulder* y *subacromial impingement*.

## **3.2 Métodos**

A continuación, se presentarán y definirán los métodos utilizados para llevar a cabo esta investigación.

**3.2.1 Enfoque de investigación.** El tipo de enfoque utilizado es el cualitativo, que se describe como un proceso inductivo que nos lleva a analizar múltiples realidades subjetivas. Nos lleva a interpretar la información o datos recolectados, mas no se basa en la estadística. Y finalmente los significados se van recolectando de los datos obtenidos. (Hernández-Sampieri et al, 2014).

**3.2.2 Tipo de estudio.** La presente investigación se considera de tipo descriptivo. Este tipo de investigación busca especificar todas aquellas características del fenómeno que podamos analizar. Solo se recolecta información de forma conjunta o independiente sobre los conceptos o variables a las que se refieren, más su objetivo no es señalar como se interrelacionan. (Hernández-Sampieri et al, 2014).

**3.2.3 Método de estudio.** La actual investigación se realiza basado en el método de análisis y síntesis, no se toma en cuenta otro método de estudio. Se basa en dividir el objeto de estudio en dos partes y, ya entendida su esencia, construye un todo. El análisis y síntesis son dos procesos que se complementan uno al otro (Vásquez, 2017).

**3.2.4 Diseño de la investigación.** La actual investigación se realiza basado en el diseño de investigación no experimental y de corte transversal. Esto significa que no se encontrará alguna alteración de las variables por parte del investigador y se mide en una oportunidad las variables y basados en esa información se realiza el análisis y medición de sus características en un determinado momento, no se determinará algún tipo de evolución (Álvarez, 2020).

### 3.2.5 Criterios de Selección

**Tabla 6** Criterios de selección

| Criterios de inclusión                                                                                                                 | Criterios de exclusión                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos indexados y no indexados, provenientes de fuentes con respaldo científico.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Información que no provenga de fuentes con respaldo científico.</li> </ul>                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos en inglés y español sobre la definición del pinzamiento subacromial.</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos no relacionados con el manguito rotador.</li> </ul>                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos sobre los gestos deportivos de la natación.</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos que sugieren el tratamiento quirúrgico para el pinzamiento subacromial.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Libros que describen la anatomía y biomecánica del hombro.</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos mayores a 10 años de antigüedad.</li> </ul>                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos sobre el fortalecimiento del manguito rotador.</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos que tengan con relación con otro tipo de patologías.</li> </ul>                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos sobre rehabilitación deportiva.</li> </ul>                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos o libros sin acceso libre.</li> </ul>                                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos y libros de acceso libre.</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos que no se encuentren en buscadores científicos.</li> </ul>                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios médicos de tendinopatías.</li> </ul>                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos enfocados en pacientes geriátricos.</li> </ul>                                     |

### 3.3 Variables

Una variable es un elemento que se puede alterar y que su variación es susceptible de medirse u observarse (Hernández-Sampieri, 2014).

**3.3.1 Variable independiente.** Se les consideran a aquellas que se puedan relacionar con la variable dependiente. Esta es aquella que el investigador altera para su análisis y comparación (Villasís-Keever y Miranda-Novales, 2016).

**3.3.2 Variable Dependiente.** Según Villasís-Keever y Miranda-Novales (2016) tiene los sinónimos principal, de interés, de desenlace, de resultado o predicha. La variable establecida como dependiente debe ser medible.

**3.3.3 Operacionalización de variables.** A continuación, se presentará las variables establecidas de esta investigación con sus respectivas definiciones.

*Tabla 7 Operacionalización de variables*

| Tipo          | Nombre                     | Definición conceptual                                                                                               | Definición operacional                                                                                                                                                                                                       | Fuente                      |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Independiente | Fortalecimiento muscular   | Se fundamentan en una serie de ejercicios que auxilian a la recuperación de las capacidades motoras de los músculos | Tienen como objetivo mejorar la funcionalidad muscular para hacerla más fuerte, eficiente y aumentar el control de movimiento en la articulación. Son ejercicios donde se utiliza mancuernas, poleas o bandas de resistencia | Ponce, 2019 y Venegas, 2017 |
| Dependiente   | Mejora del gesto deportivo | Conjunto de movimientos que                                                                                         | Capacidad de ejecutar y combinar movimientos                                                                                                                                                                                 | Guzmán, 2019;               |

| <b>Tipo</b> | <b>Nombre</b> | <b>Definición conceptual</b>                                                                             | <b>Definición operacional</b>                                                                                                                    | <b>Fuente</b> |
|-------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|             |               | tienen como objetivo la optimización de la energía y fuerza para lograr un correcto desempeño deportivo. | logrando una coordinación fina de fases motoras y movimientos parciales para lograr un gesto técnico óptimo, potenciando las capacidades físicas | Romero, 2021  |

Elaboración propia

## Capítulo IV

### Resultados

En este capítulo se demostrarán los resultados obtenidos de la actual investigación. Se muestra información basada en el análisis y revisión bibliográfica de una variedad de autores. Así mismo, se planteará una discusión con el objetivo de lograr una conclusión sobre el método seleccionado en el actual trabajo.

#### 4.1 Resultados

Resultados para objetivo específico 1: La biomecánica que origina el pinzamiento subacromial para comprender como afecta el rendimiento en los nadadores en el estilo crol de 16 a 20 años y proponer el plan de tratamiento fisioterapéutico donde implica el fortalecimiento muscular del manguito rotador mediante la revisión bibliográfica.

**Tabla 8** Resultados de objetivo 1

| Artículo            | Metodologías                                                                                                                                                                    | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matzkin et al, 2016 | Estudio descriptivo que analiza la biomecánica de la braza del estilo crol, muestra las posibles patologías que ocasionan el hombro del nadador y diagnóstico como tratamiento. | El pinzamiento subacromial se genera por la repetida abducción junto con la flexión de hombro que se realiza mayormente en los estilos de mariposa y crol. También esta patología es el causante de otras más como lo son las tendinopatías en los demás músculos del manguito rotador, daño en el labrum, inestabilidad articular e hiperlaxitud ligamentosa. La brazada en natación requiere una gran amplitud de movimiento en |

| Artículo             | Metodologías                                                                                                                                                                                                             | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      |                                                                                                                                                                                                                          | el hombro junto a ella la aplicación de una gran fuerza, logrando así las lesiones antes mencionadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Nahar et al, 2021    | Investigación que analiza los factores del entrenamiento y movimientos del hombro en el estilo crol que lo lesionan y a su vez mostrar los resultados del entrenamiento de fuerzan en nadadores con el hombro lesionado. | Los movimientos repetitivos de retracción y rotación medial de la articulación glenohumeral por arriba de la cabeza, producen usualmente una sobrecarga en el hombro, ocasionando una lesión en la cápsula frontal del hombro, llevando a una tendinitis en el manguito rotador. Las excesivas rotaciones del hombro que hacen los nadadores en los entrenamiento y competencias causan frecuentemente una hipertrofia de la musculatura anterior del hombro, llevando a un desbalance muscular que lleva al pinzamiento subacromial |
| Nájera, 2013         | Investigación que muestra la incidencia, causas y propone una rutina de prevención de la tendinitis del supraespinoso y un análisis biomecánico del hombro de los estilos de nado                                        | También menciona que también se debe a la técnica de brazada en el crol, cuando en la fase de recuperación el brazo rota internamente, se flexiona a 90° y abduce a 45° se crea el pinzamiento de los tendones del manguito rotador, bursa subacromial y ligamentos coracoacromiales. Se adiciona un compromiso vascular sobre el tendón del supraespinoso al chocar con el troquiter contra el acromion en la abducción y rotación interna de la brazada.                                                                           |
| Monsalve et al, 2018 | Estudio que da a conocer la prevalencia de las lesiones de hombro en andadores de 16 a 20 años de alto rendimiento principalmente en el estilo crol                                                                      | Las lesiones dentro del ámbito deportivo llevan a los atletas a recitarse ya sea por la gravedad de la lesión o sus constantes apariciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ardila et al, 2018   | Investigación que expone la prevalencia del hombro del nadador, los factores que causan esta patología y las estructuras involucradas y/o perjudicadas                                                                   | La lesión del manguito rotador se origina por movimientos excesivos de flexión, abducción y rotaciones durante las fases de empuje y recuperación de la brazada, por el impacto de la cabeza humeral contra la cara anteroinferior del acromion, ligamento                                                                                                                                                                                                                                                                           |

| Artículo           | Metodologías                                                                                                                                                                    | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |                                                                                                                                                                                 | coracoacromial y la articulación acromioclavicular; el área de choque se centra en la inserción del músculo supraespinoso con la cabeza larga del bíceps y la bursa subacromial; relacionado también a la inestabilidad glenohumeral generada principalmente por la hiperlaxitud ligamentosa                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Rodeo et al, 2016  | Estudio de evaluación del hombro del nadador por medio del ultrasonido y las repercusiones que trae la lesión del hombro del nadador en los atletas                             | Se tiene registro que el 14% de 42 nadadores olímpicos de Estados Unidos se vieron en la incapacidad de participar en competencias de élite por causa de lesión del manguito rotador. El 5% de ellos se vieron en la necesidad de realizarse un tratamiento quirúrgico de descompresión en el hombro. Todos ellos como factor en común reportaron dolor durante la noche, esto ocasiona una mala recuperación y alteración del sueño de forma negativa, y también reportar dolor al realizar sus actividades de la vida diaria y actividades recreativas |
| Walker et al, 2012 | Estudio en nadadores de alto rendimiento durante 12 meses para saber la incidencia de las lesiones del hombro en natación y los factores de riesgo que llevan a dichas lesiones | En Australia también se hizo la investigación al tomar 75 nadadores de alto rendimiento entre las edades de 11 a 27 años durante 12 meses donde se evidenció que un 38% de los nadadores reportaron un dolor significativo que interfería con su entrenamiento, y un 23% reportó una lesión significativa en el hombro.                                                                                                                                                                                                                                  |
| Díaz, 2014         | Investigación que busca la prevención de la tendinitis del manguito rotador, su diagnóstico y                                                                                   | Fortalecer el manguito rotador permitirá recuperar o mantener la estabilidad necesaria del hombro y correcto movimiento de la escápula                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| Artículo          | Metodologías                                                                                                                                                                                                                        | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | abordaje fisioterapéutico para la reintegración del nadador                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Pérez, 2021       | Investigación que propone los ejercicios de fortalecimiento para tratar a los músculos del manguito rotador en un pinzamiento subacromial y también la clasificación de dicha patología                                             | La rigidez, desequilibrio muscular y alteración de la cinemática de las articulaciones acromioclavicular y glenohumeral resultan en una discinesia escapular dado por los movimientos anormales causados por los elementos anteriormente mencionados. La morfología del acromion también influye en el espacio subacromial existente, ya que si se llega a tener un acromion curvo o ganchoso reduciría el espacio subacromial y así causando lesiones en el manguito rotador                                                                                                                                              |
| Nahar et al, 2021 | Estudio que analiza la biomecánica de lesión y los factores de riesgo del entrenamiento para la patología del pinzamiento subacromial y los beneficios de fortalecer el manguito rotador                                            | Se evidencia que el aumento de fuerza en el manguito rotador genera equilibrio muscular, mejoró la coordinación intramuscular e intermuscular y redujo el riesgo de lesión.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Arrillaga, 2018   | Investigación que describe el complejo articular del hombro, estructuras involucradas en el nado y las fases de la braza del estilo crol, consecuencias del pinzamiento subacromial en la musculatura y articulaciones adyacentes y | Durante la fase de empuje la cabeza humeral rota medialmente y hace protracción. Esto al asociarse con la fatiga física general, la cinemática del hombro se cambiará, causando una elevación en la actividad del romboides y una disminución o una indeficiente activación del serrato anterior, infraespinoso y redondo menor. El producto de esto es una ausencia de retracción escapular que compromete a las articulaciones glenohumeral y escapulotorácica, elevando las probabilidades que se genere una compresión del espacio subacromial. Por resultado, el nadador retirará la mano del agua antes, evitando la |

| Artículo | Metodologías | Resultados                                                                                                                                           |
|----------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |              | rotación interna excesiva que se da al término de la fase de empuje, y la meterá al agua más lateralmente en la siguiente fase de entrada de la mano |

*Elaboración propia*

Resultados del objetivo específico 2: Describir los ejercicios de fortalecimiento correctamente dosificados en el manguito rotador mediante la revisión bibliográfica, para su integración como tratamiento enfocado a la mejora de mecánica ante un diagnóstico de pinzamiento subacromial en nadadores de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años.

**Tabla 9** Resultados de objetivo 2

| Autor                 | Descripción del estudio                                                                                                                                                                             | Resultados                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hervada, 2019         | Estudio que muestra el efecto del hombro del nadador sobre el rendimiento del atleta y como el fortalecimiento del hombro ayuda a su recuperación y beneficia en su rendimiento                     | Como resultado se obtuvo que elevaron el número de ratios unilaterales, aumentaron resistencia ante la fatiga, disminución del desequilibrio muscular y por ende mejoraron el rendimiento en los entrenamientos.                                 |
| Johnston, 2021        | Estudio que define y describe las características de los ejercicios de fortalecimiento, sus divisiones y la dosificación correcta para cada objetivo que se desea alcanzar                          | El ejercicio de fortalecimiento estimula el cambio y la adaptación tisular a las necesidades de, en este caso, los nadadores de alto rendimiento. Este ejercicio mejora el estado funcional para el deporte y previene nuevas o viejas lesiones. |
| Hubert, 2017          | Estudio que define el fortalecimiento muscular en una lesión de tejido blando, define la repetición máxima y propone la correcta dosificación para lograr beneficios a nivel muscular en la lesión. | Para tener un buen impacto en las fibras musculares en la rehabilitación la dosificación sería de 5 a 7 repeticiones al 60% o 70% del 1RM [repetición máxima] por 6 a 16 series con recuperación de 5 minutos entre serie.                       |
| Mongil y Martín, 2013 | Estudio que muestra los conceptos de actividad física, condición y ejercicio físicos. Se descarta su apartado para la dosificación                                                                  | Debe realizarse 2 a 3 veces por semana con una duración de 2 a 3 series de 8 a 10 repeticiones con descanso de 2 a 3 minutos                                                                                                                     |

| <b>Autor</b>       | <b>Descripción del estudio</b>                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Resultados</b>                                                                                                                                                                                 |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | del ejercicio de fuerza para obtención de mejores beneficios                                                                                                                                                                                                      | entre series y entre el 60% y 80% de 1Rm de carga                                                                                                                                                 |
| Krasnov, 2019      | Estudio de readaptación del atleta a su ámbito deportivo con las mismas capacidades antes de la lesión y también con su nivel de rendimiento mediante diversos entrenamientos. Proporciona la dosificación del entrenamiento para lograr una hipertrofia muscular | Para conseguir un efecto de hipertrofia se describe una dosificación de 3 a 5 series de 6 a 12 repeticiones con descansos de 2 a 3 minutos entre series con una intensidad del 65% al 85% del 1RM |
| Elaboración propia |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                   |

Resultado del objetivo específico 3: Determinar mediante la revisión bibliográfica los beneficios del fortalecimiento del manguito rotador en su integración al entrenamiento y ciclo deportivo del nadador de alto rendimiento en el estilo crol de 16 a 20 años con pinzamiento subacromial para mejorar gesto mecánico.

**Tabla 10** Resultados de objetivo 3

| <b>Autor</b>    | <b>Descripción del estudio</b>                                                                                                                                           | <b>Resultados</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rodríguez, 2017 | Investigación enfocada en demostrar a nivel fisiológico resultados beneficios de realizar ejercicio terapéutico en lesiones tendinosas en el manguito rotador            | El ejercicio terapéutico es la acción de realizar una contracción en concreto para conseguir el alivio del dolor, mejorar la funcionalidad, y mantener el estado de salud del paciente. El tipo de contracción se divide en isométrico [contracción mantenida sin desplazamiento], concéntrico [acortamiento del músculo] y la excéntrica [contracción cuando se elonga el músculo] |
| Pérez, 2021     | Investigación que relaciona los factores de riesgo del estilo crol y los entrenamientos sobre el hombro y diversos tratamientos para las lesiones del hombro del nadador | El fortalecimiento del manguito rotador logra resultados similares a los de una intervención quirúrgica de descompresión y con mismos efectos al de una inyección de cortico esteroides.                                                                                                                                                                                            |
| Venegas, 2017   | Estudio que propone un programa de estiramiento y fortalecimiento muscular en                                                                                            | El desarrollo de la fuerza muscular lleva a que los órganos internos se mantengan en su correcta posición y mejore su funcionamiento, mejora la postura corporal,                                                                                                                                                                                                                   |

| <b>Autor</b>           | <b>Descripción del estudio</b>                                                                                                                                      | <b>Resultados</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | nadadores de 12 a 15 para prevenir tendinopatías en el manguito rotador                                                                                             | previene lesiones tanto musculares como articulares, mejora el rendimiento deportivo ya que mejora la resistencia y mecánica de los gestos deportivos y mantiene en la correcta disposición a los músculos en cada segmento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Nahar, 2021            | Estudio que analiza describe las causas que promueven el hombro del nadador y como el programa de fortalecimiento del ayuda mejorar el rendimiento en los nadadores | Si nos enfocamos en el entrenamiento de fuerza en el manguito rotados podemos encontrar que en los nadadores de alto rendimiento se puede apreciar aumento de la fuerza y equilibrio en el hombro, se mejora la capacidad de coordinación intramuscular e interarticular, llevando a una mejora en el equilibrio muscular y descende el riesgo de volver a lesionarse. También por medio de este entrenamiento se lograron evidenciar asimetrías en la cintra escapular de los nadadores que luego se pudieron corregir para mejorar el rendimiento |
| Castro-Maldonado, 2021 | Estudio que demuestra los beneficios en la recuperación de tendinopatías en atletas de alto rendimiento mediante un entrenamiento de ejercicios excéntricos         | El ejercicio de fortalecimiento logra que en las tendinopatías se logre el aumento de la actividad metabólica y aumento del diámetro de vasos sanguíneos, lo que resulta en un ascenso de la síntesis de colágeno, logrando una hipertrofia de tendón y mejora de las propiedades mecánicas del tendón                                                                                                                                                                                                                                              |

Elaboración propia

## 4.2 Discusión

Según Thielbar (2020) analiza las patologías que involucran el hombro del nadador, incluyendo el pinzamiento subacromial. Tras mencionar las consecuencias y alteraciones que provoca esta patología llega a la conclusión que para su tratamiento y también para prevención la mejor técnica de rehabilitación es el estiramiento. Los nadadores tienen la tendencia a tener los hombros adelantados, llevando a un acortamiento de la musculatura anterior del hombro de los músculos pectorales por ende el autor menciona que un grupo de nadadores estuvo en un programa de 6 semanas de estiramientos 3 veces a la semana. Este

grupo realizó estiramiento tanto de musculatura anterior como posterior. Al final de las 6 semanas se obtuvo como resultado una mejor postura en los hombros de los nadadores y también una ganancia en el rango de movimiento del hombro. Este programa también fue realizado con ejercicios de fortalecimiento, sin embargo, se hizo énfasis y con prioridad en el programa de estiramientos.

Otro tratamiento que fue realizado por Beares (2015) en nadadores con pinzamiento subacromial fue el acompañar el ejercicio de fortalecimiento con terapia manual. Se estudiaron a 2 grupos de nadadores, uno solo realizando fortalecimiento y otro junto con la terapia manual. Tras 4 semanas, ambos grupos obtuvieron reducción del dolor y mejora de la funcionalidad, pero el segundo grupo con terapia manual obtuvo mejores resultados bastante notables tanto en la reducción del dolor como en la mejora de la funcionalidad. Las técnicas manuales constaban en la técnica de Mulligan y el efecto del centraje humeral dinámico en la abertura del espacio subacromial y el alivio del dolor en la elevación activa del hombro.

También Guamán y Reinoso (2020) dentro de lo que compete el entrenamiento de fuerza podemos encontrar los ejercicios pliométricos que consiste en ejercicios de fuerza explosivos, abarcando tanto fuerza concéntrica y excéntrica. Es considerara un entrenamiento de alta calidad para mejorar los gestos deportivos, por ende, será aplicado en etapas finales del tratamiento para que el nadador pueda reintegrarse a los entrenamientos realizando un mejor gesto deportivo que permitirá tener un mejor rendimiento.

También se afirma que el ejercicio de fuerza ha sido eficaz para la reducción del dolor y mejora de la funcionalidad cuando existe dolor de hombro tanto a corto como largo plazo. Cuando se enfoca el fortalecimiento en el manguito rotador y demás musculatura

relacionada a la escápula se ha logrado mejores resultados que cuando se trabaja fortalecimiento a nivel general (Bailón, 2014).

Por otro lado, Gordo-D'Amato et al (2015) propone un agente físico para el tratamiento, es por eso que estudió el uso de ondas de choque en lesiones del manguito rotador, describiendo que en su estudio los pacientes antes del tratamiento reportaban dolor de 7.9 en escala de EVA y luego de una semana de tratamiento su redujo el dolor a 0.5. También reporta que los arcos de movimiento se incrementaron del 15% hasta el 41.18%, el único movimiento que no mostró incremento fue la rotación interna.

### **4.3 Conclusión**

A partir de esta investigación bibliográfica se describe que el pinzamiento subacromial es la tendinopatía del grupo muscular llamado manguito rotador, principalmente se da el músculo supraespinoso. En el caso de los nadadores de alto rendimiento esta tendinopatía se da a consecuencia del repetido movimiento de rotación interna en la brazada del estilo crol ya que el hueso acromion impacta o presiona al tendón del supraespinoso, esta repetida acción genera dolor en el hombro que lleva a limitación en el movimiento y generación de fuerza del hombro. Dada la inflamación constante del tendón y sus micro rupturas en las fibras se llega a producir macro rupturas o incluso procesos degenerativos. También causa problemas adyacentes a la zona principal de lesión como la discinesia escapular, desbalances musculares, debilidad, contracturas, incoordinación articular y compensaciones musculares llevan a una deficiente técnica de la brazada, esta técnica deficiente incrementa el daño ya presente y aumenta el riesgo de padecer otra lesión. Estos problemas pueden llevar al nadador a retirarse de los entrenamientos y con ello bajar su rendimiento deportivo

tanto a nivel de entrenamientos como a nivel competitivo o incluso a un retiro de la disciplina deportiva.

Ante la problemática que causa esta patología se propone el fortalecimiento del manguito rotador para su tratamiento y también para mejorar el gesto deportivo. Como resultado de la recopilación de información sobre esta técnica de tratamiento fisioterapéutico tenemos que al fortalecer el manguito rotador se logran los mejores resultados a comparación de los agentes físicos o cirugías. Al tener la correcta dosificación del entrenamiento de fuerza en base a su objetivo lograremos resultados eficaces. El fortalecimiento se trabaja directamente en la zona afectada, logrando que las consecuencias del pinzamiento subacromial se vayan desapareciendo o corrigiendo ya que se trabaja en la raíz del problema. También este tratamiento ayuda a mejorar la técnica de nado ya que al fortalecer el manguito rotador logramos obtener más rango de movimiento y fuerza en el hombro, se logra una técnica de nado más eficaz que ayudará a obtener un mejor rendimiento en entrenamiento y en competición.

#### **4.4 Perspectivas**

Esta revisión bibliográfica espera ser, en una primera instancia, ser de ayuda a todos aquellos estudiantes de fisioterapia que buscan desempeñarse en el ámbito deportivo de la natación a conocer, entender y mejorar la rehabilitación física en este deporte. Que esta investigación sea para dar a conocer el deporte y genere conciencia de la importancia del deporte en los estudiantes de fisioterapia.

En una segunda instancia se busca que esta investigación llegue a los equipos de alto rendimiento de natación y sus equipos de fisioterapia para que puedan aplicar este

tratamiento a sus nadadores y así lograr que tengan una rápida y eficiente recuperación de su lesión y logren mantener y/o mejorar su rendimiento tanto en entrenamientos como en competencias.

Como última instancia se espera que este estudio sea el inicio de más investigaciones, tanto de análisis y síntesis, como de campo para poder desarrollar y mejorar el deporte de la natación y que la fisioterapia sea un elemento fundamental en el desarrollo de los nadadores de alto rendimiento y llevar a más personas a practicar y destacar en este ámbito deportivo.

## Referencias

- Ardila, S., et al., (2018). Prevalencia del síndrome de hombro del nadador y factores asociados en deportistas de la selección Antioquia de natación juvenil II y mayores (Tesis de pregrado), Universidad CES, Medellín, Colombia. Microsoft Word - PREVALENCIA DEL SÍNDROME DE HOMBRO DEL NADADOR Y FACTORES ASOCIADOS EN DEPORTISTAS DE LA SELECCIÓN ANTIOQUIA DE NATACIÓN~1.docx (ces.edu.co)
- Arrillaga, B., (2018). Revisión bibliográfica sistemática y propuesta de valoración funcional para la prevención del hombro del nadador (Tesis de pregrado). Universidad pública de Navarra, Navarra, España. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA Y PROPUESTA DE VALORACIÓN FUNCIONAL PARA LA PREVENCIÓN DEL HOMBRO DEL NADADOR (unavarra.es)
- Barbosa, F., (2013). Las lesiones físicas y su incidencia en la práctica de la natación en los estudiantes de la escuela Simón Bolívar de la ciudad de Latacunga (Tesis de pregrado), Universidad técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. FCHE\_LCF\_259.pdf (uta.edu.ec)
- Bek, M., Bandholm, T., Skovdal, M., Christensen, K., Kreutzfeldt, M., Graven-Nielsen, T., Hölmich, P., (...) y Thorborg, K., (2018). The Strengthening Exercises in Shoulder Impingement trial (The SExSI-trial) investigating the effectiveness of a simple add-on shoulder strengthening exercise programme in patients with long-lasting subacromial impingement syndrome: Study protocol for a

pragmatic, assessor blinded, parallel-group, randomised, controlled trial. *Trials* 19, 154. <https://doi.org/10.1186/s13063-018-2509-7>

Bernal-Reyes, F., Peralta-Mendívil, A., Gavotto-Nogales, H., y Placencia-Camacho, L., (2014). Principios de entrenamiento deportivo para la mejora de capacidades físicas. *Revista de ciencias biológicas y de la salud*.  
<https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971121007.pdf>

Cardona, C., Cejuela, R., y Esteve, J., (2019). Manual para entrenar deportes de resistencia. España: All in Your Mind.

Casanova, R., y Gamardo, P., (2016). Relación entre la maduración entre la maduración biológica, la fuerza y la potencia muscular, durante la ejecución de la brazada en el estilo crol, en nadadores de las escuelas de natación menor del INCRET y Banco Mercantil (Maestría). Universidad pedagógica experimental libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela.  
[https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Gamardo/publication/317177406\\_RELACION\\_ENTRE\\_LA\\_MADURACION\\_BIOLOGICA\\_LA\\_FUERZA\\_Y\\_LA\\_POTENCIA\\_MUSCULAR\\_DURANTE\\_LA\\_EJECUCION\\_DE\\_LA\\_BRAZADA\\_EN\\_ESTILO\\_CROL\\_EN\\_NADADORES\\_DE\\_LAS\\_ESCUELAS\\_DE\\_NATACION\\_MENOR\\_DEL\\_INCRET\\_Y\\_BANCO\\_MERCANTIL/links/592a08e2458515e3d469cc78/RELACION-ENTRE-LA-MADURACION-BIOLOGICA-LA-FUERZA-Y-LA-POTENCIA-MUSCULAR-DURANTE-LA-EJECUCION-DE-LA-BRAZADA-EN-ESTILO-CROL-EN-NADADORES-DE-LAS-ESCUELAS-DE-NATACION-MENOR-DEL-INCRET-Y-BANCO-MERCANTIL.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Gamardo/publication/317177406_RELACION_ENTRE_LA_MADURACION_BIOLOGICA_LA_FUERZA_Y_LA_POTENCIA_MUSCULAR_DURANTE_LA_EJECUCION_DE_LA_BRAZADA_EN_ESTILO_CROL_EN_NADADORES_DE_LAS_ESCUELAS_DE_NATACION_MENOR_DEL_INCRET_Y_BANCO_MERCANTIL/links/592a08e2458515e3d469cc78/RELACION-ENTRE-LA-MADURACION-BIOLOGICA-LA-FUERZA-Y-LA-POTENCIA-MUSCULAR-DURANTE-LA-EJECUCION-DE-LA-BRAZADA-EN-ESTILO-CROL-EN-NADADORES-DE-LAS-ESCUELAS-DE-NATACION-MENOR-DEL-INCRET-Y-BANCO-MERCANTIL.pdf)

Castro-Maldonado, P., (2021). Programa de ejercicios excéntricos en tendinopatías para atletas de alto rendimiento. *Actividad física y deporte*, volumen (7).  
Recuperado de:

<https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4007/document%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cejudo, A., De-baranda, P., Ayala, F., y Santonja, F., (2014). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores Senior de balonmano. Cuadernos de psicología del deporte, volumen (14), 111-120. Recuperado de: RD04-2\_11.indd (isciii.es)

Chianca, V., Albano, D., Messina, C., Midiri, F., Mauri, G., Aliprandi, A., Catapano, M., (...) y Sconfienza, L., (2018). Rotator cuff calcific tendinopathy: from diagnosis to treatment. Acta biomed, volume (89), 186-196. Recuperado de: 0.23750/abm.v89i1-S.7022

Correa, J., Cardona, M., y Gómez, A., (2019). Balance y simetría de la fuerza muscular isométrica del hombro en nadadores de la Liga de Risaralda. Red regional de semilleros de investigación. Jenny Paola Correa Ospina - F.pdf (invessoft.com)

De-La-Puente, E., (2019). Diagnóstico y tratamiento de las lesiones tendinosas. NPunto volumen II. Recuperado de: DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DE LAS LESIONES TENDINOSAS | NPunto

De-Martino, I., y Rodeo, S., (2018). The swimmer's shoulder: multi-directional instability. Musculoskeletal Med, volume (2), 167-171. Recuperado de: 10.1007/s12178- 018-9485-0

Díaz, A., (2014). Diagnóstico, abordaje terapéutico y prevención de la patología tendinosa del manguito rotador en el nadador de crol (Tesis de pregrado). Escoles Universitàries Gimbernat,, Barcelona, España.  
<https://eugdspace.eug.es/xmlui/bitstream/handle/20.500.13002/32/Diagn%C3%B3stico,%20abordaje%20terap%C3%A9utico%20y%20prevenci%C3%B3n%20de%20la%20patolog%C3%ADa%20tendinosa%20del%20manguito%20rotador%20en%20el%20nadador%20de%20crol.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Dufour, M., y Pillu, M., (2018). Biomecánica funcional. Miembros, cabeza, tronco. Barcelona, España: Elsevier Masson. Biomecánica Funcional. Miembros, Cabeza, Tronco - Google Libros
- Filip, S., Tate, A., Kuppens, K., Feijen y Michener, L., (2017). Musculoskeletal dysfunctions associated with swimmer shoulder. British journal of sports medicine, 1-17. 140203.pdf (uantwerpen.be)
- Fox, S., Fisiología humana. McGraw-Hill interamericana editores, S.S. de C.V.
- García-Porrero, J., & Hurlé, Juan., (2020). Anatomía Humana. Madrid, España: Editorial médica panamericana.
- Guevara, L., (2017). Tratamiento fisioterapéutico en síndrome de pinzamiento subacromial (Tesis de pregrado). Universidad inca Garcilaso de la Vega, Lima, Perú.  
<http://168.121.45.184/bitstream/handle/20.500.11818/1814/TRAB.SUF.PROF.%20GUEVARA%20CARRANZA%2C%20LIDIA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Guzmán, J., (2019). Análisis biomecánico de la natación en el estilo crol (Tesis de pregrado). Universidad nacional de educación, Lima, Perú.  
<https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/6335/MONOGRAF%C3%8DA%20-%20GUZMAN%20UBILLUZ%20JULIO%20CESAR%20-%20FPYCF.pdf?sequence=5>
- Hamil, J., Knutzen, K., Derrick, T., (2017). Biomecánica bases del movimiento humano. Barcelona, España: Wolters Kluwer.

- Hall, E, & Guyton, C., (2017). Guyton y Hal. Tratado de fisiología médica. Mississippi, Estados Unidos: Elsevier.
- Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. D.F. México: McGraw-Hill <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Heron S., Woby S., y Thompson D., (2017). Comparison of three types of exercise in the treatment of rotator cuff tendinopathy/shoulder impingement syndrome: A randomized controlled trial. Physiotherapy, volume (2), 167-173. Comparison of three types of exercise in the treatment of rotator cuff tendinopathy/shoulder impingement syndrome: A randomized controlled trial - PubMed (nih.gov)
- Hervada, M., (2019). Programas de entrenamiento compensatorios en nadadores y su relación con el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones en el manguito rotador del hombro (Maestría). Universidad Camilo José Cela, Madrid, España. Programas de entrenamiento compensatorios en nadadores y su relación con el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones en el manguito rotador del hombro.pdf (ucjc.edu)
- Hidalgo-Lozano, A., Calderón-Soto, C., Domingo-Camara, A., Fernández-de-la-Peñas, C., Pascal, M., y Arroyo, M., (2012). Elite swimmers with unilateral shoulder pain demonstrate altered pattern of cervical muscle activation during a functional upper-limb task. Orthop sports phys ther, volume (6), 552-8. Recuperado de: 10.2519/jospt.2012.3875
- Huamán, J., (2021). Entrenamiento de natación para jóvenes (Tesis de pregrado). Universidad nacional de educación, Lima, Perú. MONOGRAFÍA - HUAMÁN PALACIOS JOSÉ LUIS - FPYCF.pdf (une.edu.pe)
- Hubert, L., Ontanon, G., y Slawinski, J., (2017). Principios del fortalecimiento muscular: Aplicaciones en el deportista en rehabilitación. EMC-Kinesiterapia-Medicina

física, volumen (38), 1-16. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1293-2965\(17\)85492-X](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(17)85492-X)

Jiménez-Simón, C. (2021). El entrenamiento de las capacidades físicas condicionales de los salvavidas: un enfoque teórico-metodológico. *Ciencia y Deporte*, volumen (6), 122-137. Recuperado de:  
<https://scholar.archive.org/work/sbf4adpwnjg7hjn345hs5j3pi/access/wayback/>  
<https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/cienciaydeporte/article/download/3789/3420/>

Johnston, B., (2021). Panorama general del ejercicio. Nueva Jersey, Estados Unidos. Manual MSD. Recuperado de: Panorama general del ejercicio - Temas especiales - Manual MSD versión para profesionales (msdmanuals.com)

Johnston, T., y Abrams, G., (2016). Shoulder injuries and conditions in swimmers. *Endurance sports medicine*, 127-138. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32982-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32982-6_10)

Joyce, D., y Lwindon, D., (2016). Sports injury prevention and rehabilitation. Nueva York, Estados Unidos Routledge.

Krasnov, F., (2019). Fase de readaptación a la actividad física en los procesos de rehabilitación deportiva. *Asociación de kinesiología del deporte*, volumen 11. Recuperado de: [http://akd.org.ar/img/revistas/articulos/art3\\_51.pdf](http://akd.org.ar/img/revistas/articulos/art3_51.pdf)

Leiva, S., (2019). ¿Qué es la fuerza para la educación física? En XIII congreso argentino y VIII latinoamericano de educación física y ciencias. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/86227>

Lewis, J., McCreesh, K., Roy, S., y Ginn, K., (2015). Rotator cuff tendinopathy: navigating the diagnosis-management conundrum. J Orthop sports Phys Ther, volume 11, 923-37. Recuperado de: [10.2519/jospt.2015.5941](https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5941)

Macías-Hernández, S., y Pérez-Ramírez, L., (2014). Fortalecimiento excéntrico en tendinopatías de los rotadores asociadas a pinzamiento subacromial. Evidencia actual. Cir cir, volume 1, 74-80. Recuperado de: [10.1016/j.circir.2015.04.029](https://doi.org/10.1016/j.circir.2015.04.029)

Matzkin, E., Suslavich, K., y Wes, D., (2016). Swimmer's shoulder: Painful shoulder in the competitive swimmer. J am acad orthop surg, volumen 8, 527-36. Recuperado de: [10.5435/JAAOS-D-15-00313](https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-15-00313)

McGuigan, M., (2017). El desarrollo de la potencia. Madrid, España. National strength and conditioning association.

Méndez, B., (2017). Análisis cinemático y dinámico de los movimientos del hombro humano (Maestría). Instituto politécnico nacional, Oaxaca, México. Repositorio Institucional de Literatura del IPN-CIIDIR Unidad Oaxaca: Análisis cinemático y dinámico de los movimientos del hombro humano

Mongil, R., y Martín, V., (2013). Manual de buena práctica en cuidados a las personas mayores. P.277-288. Recuperado de: [https://www.academia.edu/download/54369011/MANUAL\\_CUIDADOS\\_PER\\_SONAS\\_MAYORES-1.pdf#page=279](https://www.academia.edu/download/54369011/MANUAL_CUIDADOS_PER_SONAS_MAYORES-1.pdf#page=279)

- Monsalve, F., Murcia, P., Blanco, E., Ardila, S., Pulgarín, A., y Zuluaga, J., (2018).  
Prevalencia del síndrome de hombro del nadador y factores asociados en deportistas profesionales y juveniles de la selección Antioquia de natación. Revista colombiana de medicina física y rehabilitación, volumen 28, 25-34.  
Recuperado de: (PDF) Prevalencia del síndrome de hombro del nadador y factores asociados en deportistas profesionales y juveniles de la selección Antioquia de natación (researchgate.net)
- Nahar, N., Martínez-Sánchez, J., Cara-Muñoz, J., y Narbona-Jiménez, A., (2021). El manguito rotador. Principal zona de lesión en el estilo crol. Revista digital de investigación en ciencias de la actividad física y del deporte, volumen 1, 98-82.  
Recuperado de: El manguito rotador. Principal zona de lesión en el estilo crol.RS (logiaefd.com)
- Nájera, C., (2013). Validación de una propuesta de prevención para la tendinitis del supraespinoso para nadadores (tesis de pregrado). Pontificia universidad católica del ecuador, Quito, Ecuador. 8.34.001714.pdf (puce.edu.ec)
- Netter, F., (2019). Atlas de anatomía humana. España: Elsevier.
- Rodríguez, J., (2016). El entrenamiento de calidad en natación (tesis de posgrado). Universidad nacional de la plata, Buenos Aires, Argentina.  
<https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1254/te.1254.pdf>
- Rodríguez, A., (2017). Eficacia del ejercicio terapéutico en tendinopatías del manguito rotador (tesis de pregrado). Universidad de La Laguna, Tenerife, España.  
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5539/Eficacia+del+ejercicio+terapeutico+en+tendinopatias+del+manguito+rotador.+Revision+bibliografica.pdf?sequence=1>

Romero, M., (2021). Importancia teórica de la capacidad coordinativa de diferenciación de los gestos técnicos en fútbol sub-12. Podium, volumen 16. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S199624522021000100147&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S199624522021000100147&script=sci_arttext&tlng=pt)

Panayiotou, C., (2019). Subacromial Impingement. The shoulder made easy, 283-295. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-98908-2\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-98908-2_19)

Pérez, B., (2021). Investigación bibliográfica sobre la aplicación de ejercicios de fortalecimiento para los músculos del manguito rotador en el síndrome subacromial (tesis de pregrado). Universidad central del Ecuador, Quito, Ecuador. FCDAPD-DCTF-PEREZ BYRON.pdf (uce.edu.ec)

Pinzón, I., (2015). Ejercicio terapéutico: Pautas para la acción en fisioterapia. Revista colombiana de rehabilitación, volumen 14, 4-13. Recuperado de: <https://revistas.ecr.edu.co/index.php/RCR/article/view/13>

Ponce, A., (2019). Electroestimulación para la ejecución de ejercicios de fortalecimiento muscular (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39585/1/Ponce%20Sor%C3%ADa%20%C3%81ngel%20Alberto%20014-2019.PDF>

Rodeo, S., Nguyen, J., Cavanaugh, J., Patel, Yashika., y Adler, R., (2016). Clinical and Ultrasonographic Evaluations of the Shoulders of Elite Swimmers. Am J sports med, volume 12, 3214-3221. 10.1177/0363546516657823

Thielbar, J., (2020). Effect of sport-specific demands on swimmer's shoulder. Universidad del sur de Dakota, Dakota, Estados Unidos. <https://red.library.usd.edu/honors-thesis/77/>

Tortora, G., & Derrickson, B., (2018). Principios de anatomía y fisiología. Ciudad de México: Editorial médica panamericana.

Varela, N., (2021). Pro Swim (tesis de pregrado). Fundación universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia. Pro Swim - hdl:20.500.12010/19805 (utadeo.edu.co)

Vallespir, C., (2019). Efectividad del ejercicio terapéutico en comparación al tratamiento manual en el síndrome de pinzamiento subacromial (tesis de pregrado). Universitat de les Illes Balears, Palma, España. Vallespir\_Coll\_JoanMiquel.pdf (uib.es)

Vásquez Hidalgo, I. (2017). Tipos de estudio y métodos de investigación. Lugar de publicación: Gestipolis. <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2016/05/Tipos-de-estudio-y-m%C3%A9todos-de-investigaci%C3%B3n.pdf>

Venegas, L., (2017). Programa de fortalecimiento y estiramiento muscular para la prevención de tendinitis del manguito rotador, en los alumnos de 12 a 15 años, pertenecientes al equipo de natación del centro educativo particular Santa Rosa. Provincia Sullana – región Piura, año 2016 (tesis de pregrado). Universidad alas peruanas, Piura, Perú. [https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12990/3173/Tesis\\_Fortalecimiento\\_Muscular.pdf?sequence=1](https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12990/3173/Tesis_Fortalecimiento_Muscular.pdf?sequence=1)

Villafuerte, D., (2014). Intervención fisioterapéutica para lesiones de hombro en deportistas de la disciplina de natación de edades comprendidas entre 13-18 años que acuden al centro de rehabilitación de la federación deportiva de Chimborazo en el periodo de noviembre 2013- abril 2014 (tesis de pregrado). Universidad nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. UNACH-EC-TER.FIS-2014-0015.pdf

Weineck, J., (2017). El entrenamiento físico del futbolista. Paidotribo. Fútbol total:

Entrenamiento físico del futbolista (2 Vol.) - Jürgen Weineck - Google Libros

Walker, H., Gabbe, B., Wajswelner, H., Blanch, P., y Bennell, K., (2012). Shoulder pain in swimmers: a 12-month prospective cohort study of incidence and risk factors. Phys ther sport, volume 13, 243-9. Recuperado de: Shoulder pain in swimmers: a 12-month prospective cohort study of incidence and risk factors - PubMed (nih.gov)