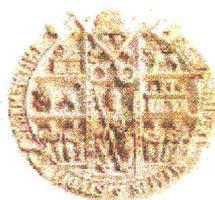


R.N-1124

T. de liado  
PER  
bas



**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**  
**E.U. DE ENFERMERIA Y FISIOTERAPIA**  
**DEPARTAMENTO DE ANATOMIA E HISTOLOGIA HUMANAS**

---

**“Bases anatómicas de la  
natación”**

**Sonsoles Pérez Merino**

**Salamanca, 1997**





**FERNANDO SANCHEZ HERNANDEZ**, Doctor en Medicina y Cirugía y Profesor Titular de Universidad de Anatomía Humana, adscrito al Departamento de Anatomía e Histología Humanas de la Universidad de Salamanca y a la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca,

**CERTIFICO:**

Que el estudio realizado como Trabajo de Grado titulado:

**“Bases anatómicas de la natación”**

ha sido realizado, bajo mi dirección, por la Diplomada en Fisioterapia **Dña. Sonsoles Pérez Merino**, en la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca y en el Departamento de Anatomía e Histología Humanas.

Que a mi entender, el mencionado trabajo, reúne los requisitos indispensables para que la autora pueda optar al Grado de Diplomada en Fisioterapia por la Universidad de Salamanca.

Y para que así conste, firmo el presente certificado en Salamanca a diez de noviembre de mil novecientos noventa y siete.

Fdo: Prof. Dr. F. Sanchez



# Indice

I.	<i>Prólogo</i>	7.
II.	<i>Agradecimientos.</i>	9.
III.	<i>Glosario de términos.</i>	12.
IV.	<i>Datos generales.</i>	19.
V.	<i>Biomecánica: Movimientos específicos. Hidrodinámica de la brazada.</i>	41
VI.	<i>Anatomía funcional de los deportes acuáticos.</i>	66.
VII.	<i>Fisioterapia y deportes acuáticos.</i>	79.
VIII.	<i>Lesiones. Tratamiento fisioterápico.</i>	92.
IX.	<i>Conclusiones.</i>	105.
X.	<i>Bibliografía.</i>	108.

*A mi familia*

*“Un nadador no debe sólo emplear su cuerpo, sino su intelecto. Esto es lo que hace de la natación una actividad tan exigente y agradable”*

**Counsilman.**

# ***I.- Prólogo.***

Mi niñez y adolescencia se ha visto completada por gran variedad de actividades tanto culturales como deportivas, si bien ninguna de ellas parecía sobresalir sobre las demás, en cuanto a mi predilección se refiere, excepción hecha del contacto con el agua que siempre ha sido para mí una fuente de satisfacción.

En el momento actual, desde el punto de vista de la profesión elegida, la Fisioterapia, el estudio de la natación y demás actividades acuáticas permite obtener una visión más exacta sobre los movimientos que en ellas se realizan, y poder favorecernos así para mejorar las técnicas actuales que se utilizan como terapia fisioterápica en las distintas afecciones en las que normalmente se usan.

Por estos motivos y otros más, el Trabajo de Grado, lo he dedicado a los deportes acuáticos, desde un punto de vista del estudio de la anatomía funcional, para poder aportar algo más al conocimiento de estos deportes así como a ese interesante campo llamado Fisioterapia.

## ***II.- Agradecimientos.***

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al **Prof. Dr. D. Fernando Sánchez Hernández**, director de este Trabajo de Grado. Sin su ayuda me hubiera sido imposible realizar el mismo. Gracias también a él, he adquirido importantes conocimientos anatómicos y biomecánicos debidos a su trabajo de enseñanza.

Al **Dr. D. Miguel Santos del Rey** por su colaboración bibliográfica y su ayuda desinteresada.

Al **Prof. Dr. D. Ricardo Vázquez Rodríguez**, por facilitarme en todo momento el uso de la infraestructura de la Unidad C del Departamento de Anatomía e Histología Humanas.

Al personal responsable de los servicios de Bibliotecas de la E.U. de Enfermería y Fisioterapia, del Hospital Clínico Universitario, de la Biblioteca Municipal de Salamanca y de la Facultad de Medicina. Su colaboración en la recopilación bibliográfica merece ser agradecida.

A las Stas. Concepción y María Isabel Calvo Lorenzo por toda la información que me han aportado para realizar este trabajo.

A Miguel Góngora Crespo por lo que sin duda me ha dado desde que le conozco.

A mi madre y hermanos por el cariño y la educación que me han aportado durante toda mi vida.

A mis amigos, familiares y compañeros.

A todos muchas gracias.

## ***III.- Glosario de términos.***

Con motivo de facilitar la lectura del presente Trabajo de Grado se exponen a continuación una serie de términos, relativos al área de los deportes acuáticos, que aparecerán a lo largo del texto.

**Angulo de ataque:** Angulo formado por la inclinación de la mano y antebrazo (o pie y pierna) y la dirección de su movimiento de avance.

**Agarre:** Fase de la brazada subacuática en la que se busca profundidad para realizar el tirón. Fase en la que comienza la propulsión.

**Barrido, movimiento de:** Aquel que ejercen las extremidades superiores para conseguir la propulsión y vencer la resistencia del agua. Existen cuatro tipos:

- Hacia afuera: Es el barrido inicial por debajo del agua en mariposa y braza.

- Hacia abajo: Es el barrido subacuático inicial utilizado en crol y espalda.

- Hacia adentro: Es el segundo barrido utilizado en todos los estilos.

- Hacia arriba: Es el barrido final en crol y mariposa.

**Batido, movimiento de:** En cualquier estilo, movimiento completo de las extremidades inferiores en un ciclo. Similar al movimiento de barrido con la diferencia que éste se realiza con los miembros superiores.

**Carpado:** Una de las cuatro posiciones que puede adquirir el cuerpo del saltador durante el vuelo. Éste se dobla por las caderas, con las extremidades inferiores en extensión y los pies juntos con los dedos en punta.

**Despegue:** Parte del salto que sigue a la partida del trampolín.

**Eje longitudinal:** Línea recta que pasa a través del centro de gravedad del cuerpo, longitudinalmente, sobre la que gira el cuerpo en los tirabuzones.

**Eje transversal:** Línea recta imaginaria que pasa a través del centro de gravedad del cuerpo, perpendicular al eje longitudinal, sobre la que gira el cuerpo en saltos mortales.

**Encogido:** Una de las cuatro posiciones que puede adquirir el cuerpo del saltador durante el vuelo. Éste se dobla por las rodillas y las caderas, formando un volumen compacto, con las rodillas y los pies juntos con los dedos en punta.

**Entrada:** Parte que finaliza la ejecución del salto con el saltador introduciéndose en la piscina.

**Estirado:** Una de las cuatro posiciones que puede adquirir el saltador durante el vuelo. Éste no debe estar flexionado por las rodillas

o caderas. A esta posición también se la denomina en plancha.

**Fase de empuje:** Fase posterior a la de tracción; se denomina así al paso de la fase de tracción a la de recuperación, momento en el que la mano va hacia atrás para ejercer la mayor fuerza y vencer la resistencia del agua dando así al cuerpo la máxima velocidad.

**Fase de recuperación:** Fase final en el que el miembro lleva el sentido de movimiento y recorrido contrario al de la fase de empuje y a la de tracción. También se denomina a esta fase **recobro**.

**Fase de tracción:** Fase inicial del movimiento de barrido (o de batido), en la que el miembro se dirige a introducirse en el agua para la obtención de la propulsión y posterior avance del cuerpo.

**FINA:** Federación Internacional de Natación.

**Flujo laminar:** Movimiento tranquilo y no alterado de las moléculas de agua.

**Flujo turbulento:** Movimiento desordenado de las moléculas cuando están obligadas a fluir y circular alrededor de un objeto que ofrece obstrucción a la dirección del movimiento.

**Fuerza ascensional:** Fuerza que se ejerce siempre en dirección perpendicular a la de la fuerza de resistencia. Su sentido y dirección pueden ser cualquiera (no hacia arriba como el término parece indicar).

**Fuerza de resistencia:** Fuerza que actúa siempre en sentido opuesto a aquél en que se mueve un objeto cualquiera y en su misma dirección.

- Inclinación:** Dirección en que las manos y pies se inclinan con respecto a la posición anatómica.
  
- Libre:** Una de las cuatro posiciones que puede adquirir el cuerpo del saltador durante el salto. Éste puede encontrarse en cualquier posición, pero las extremidades inferiores deben estar juntas y los dedos de los pies estirados.
  
- Momento angular:** Es la medida de la cantidad de giro poseida por un cuerpo que gira alrededor de un determinado eje. El momento angular está creado por una fuerza externa.
  
- Momento de inercia:** Es la medida de la resistencia que opone un cuerpo a ser puesto en movimiento o a detenerse una vez que está girando. Está en relación con la masa del cuerpo y con la distancia al centro de giro. Alterando la resistencia a rodar aumentará o disminuirá la velocidad angular del cuerpo.
  
- Mortal, salto:** Salto con giro completo del cuerpo.
  
- Movimiento de flexión:** Nombre con el se denomina también a la fase de tracción para los miembros inferiores.
  
- Palanca, saltos de:** Una de las dos especialidades olímpicas de saltos, consistentes en saltos desde una palanca o plataforma situada a diez metros de la piscina.
  
- Partida:** Parte que inicia la ejecución del salto.
  
- Patada de delfín:** Patada en la que las piernas se mueven simultáneamente, como en la mariposa.

- Plataforma de salida:** Poyete al cual se suben los nadadores para lanzarse, en la salida, a la piscina.
  
- Propulsión:** Es el resultado de la acción de la fuerza ascensional y de la resistencia, con predominio de la ascensional.
  
- Salida:** Momento en el que los nadadores, desde la plataforma o el agua, en el caso de espalda, comienzan la carrera al recibir la orden del juez de salidas.
  
- Salida de agarre:** Salida desde el poyete o plataforma de salida, en la que el nadador toma contacto con el agua sin buscar profundidad, con la intención de comenzar a nadar lo más rápido posible.
  
- Salida de espalda:** Salida desde la piletta para la especialidad de espalda en la que el nadador saca casi todo el cuerpo del agua, se arquea hacia atrás y entra en el agua primero con las extremidades superiores, luego con el tronco y al final las extremidades inferiores.
  
- Salida en agujero:** Salida en la que el nadador busca profundidad, entrando todo el cuerpo en el agua detrás del "agujero" que forman sus manos.
  
- Salida nula:** Aquella que infringe la reglamentación fijada o la provocada por un nadador al adelantarse a la voz de salida.
  
- Tirabuzones:** Grupo de saltos oficiales que se caracterizan porque el cuerpo del saltador cambia de dirección en el aire tras una flexión de cadera o salto mortal.
  
- Tirón:** Fase de la brazada en la que se toma velocidad.

- Trampolín, saltos de:** Una de las especialidades existentes en los saltos olímpicos, consistente en saltos de un trampolín situado a tres metros de la piscina.
  
- Vaso:** Término que designa el espacio cubierto por el agua en una piscina.
  
- Viraje:** En cualquier estilo, giro que se realiza al llegar a la pared para continuar la carrera.
  
- Vuelo:** Parte del salto que corresponde al trayecto en el aire del saltador.

## ***IV.- Datos Generales.***

Previamente a la descripción de las bases anatómicas de la natación, propiamente dichas, dedicaremos unas palabras a las características básicas necesarias, en relación con los deportes acuáticos, que consideramos imprescindibles para poder comprender el texto. En ellas, analizaremos los tipos de deportes acuáticos, sus características, su historia, el somatotipo del nadador etc.

## **1.- Características generales de los deportes acuáticos.**

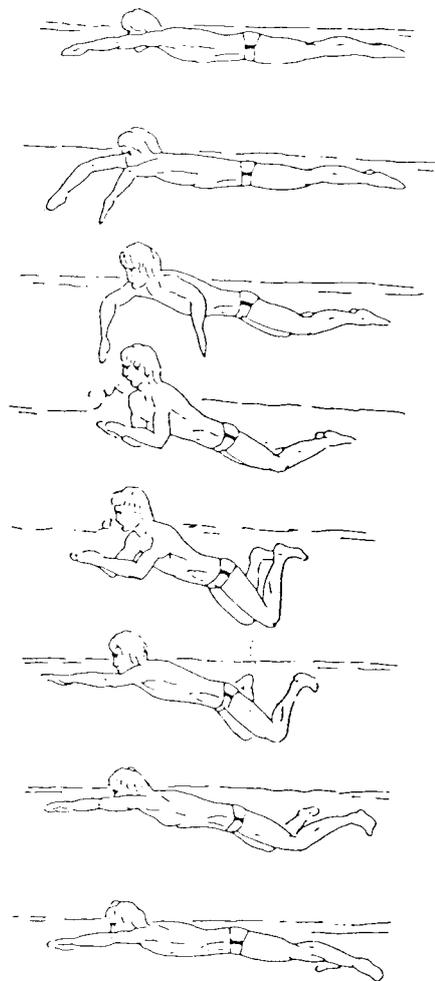
### **1.1.- Natación.**

Existen gran variedad de estilos, sin embargo por la FINA se reconocen sólo cuatro, que se enuncian a continuación junto con las características principales de cada uno de ellos:

**BRAZA:** Este estilo de natación consiste en movimientos simétricos de las extremidades. Las superiores deben ser impelidas juntas desde el pecho hacia delante, encima o debajo de la superficie del agua, y llevadas hacia atrás simultánea y simétricamente.

El cuerpo debe ser mantenido perfectamente sobre el pecho y ambos hombros en plano horizontal. Los pies deben extenderse simultáneamente y simétricamente, con las rodillas dobladas y abiertas. El movimiento deberá continuar con una rápida pasada, redondeada y hacia afuera de los pies, juntando las extremidades inferiores. Están prohibidos los movimientos arriba y abajo de los miembros inferiores, en el plano vertical (Figura 1).

---



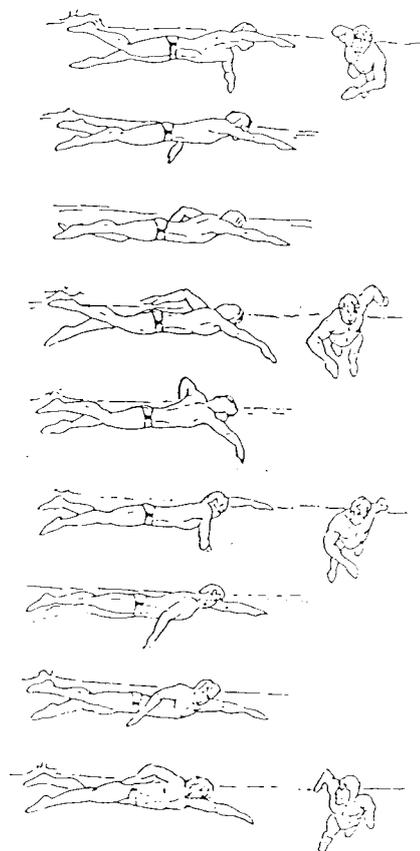
**Figura 1:** Posiciones del tronco, cabeza y extremidades en el estilo braza.

---

---

**CROL O ESTILO LIBRE:** Consiste en movimientos asimétricos de las extremidades superiores que se realizan de manera coordinada y sucediéndose en el tiempo. Así mientras una está debajo de la superficie del agua (fase de recuperación), la otra ejerce, por encima de la superficie, la propulsión. El cuerpo se mantiene en una posición hidrodinámica horizontal, lo más recto posible y las extremidades inferiores ejecutan un movimiento de tijera o aleteante de pies y piernas alternativamente, sin salir del agua (Figura 2).

---



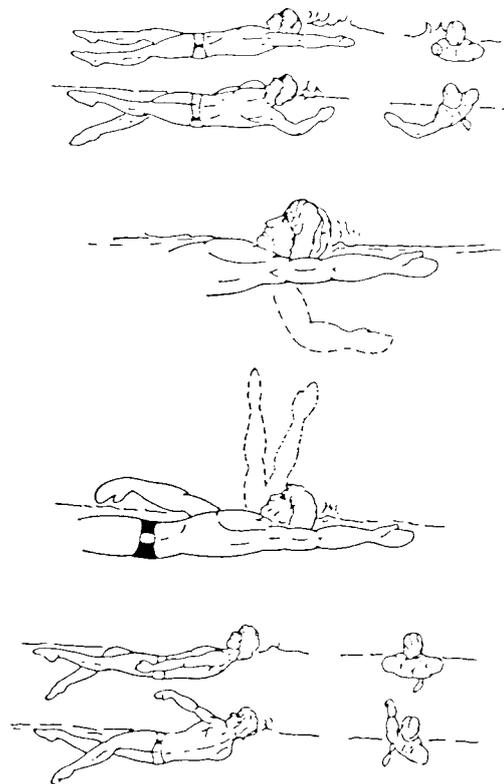
**Figura 2:** Secuencia completa del movimiento de crol.

---

---

**ESPALDA:** Es muy parecido al crol, sólo se diferencia en que en este caso el cuerpo se encuentra en una posición anatómica de supinación, sin efectuar giros de 90° y sin permitir el hundimiento de sus hombros; la mecánica respiratoria es más fácil, ya que se hace igual a la fisiológica (Figura 3).

---



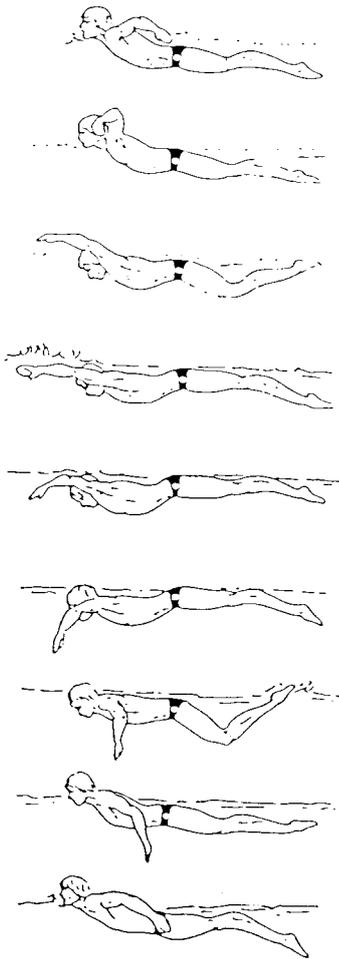
**Figura 3:** Posiciones del tronco, cabeza y extremidades en el estilo espalda.

---

---

**MARIPOSA:** El estilo mariposa se asemeja al estilo crol en que los miembros superiores y los inferiores se mueven de forma similar, con la evidente salvedad de que ambas extremidades superiores se mueven simultáneamente hacia delante por encima de la cabeza y hacia atrás por debajo del agua, como también lo hacen las inferiores que se mueven arriba y abajo (Figura 4).

---



**Figura 4:** Posiciones del tronco, cabeza y extremidades en el estilo mariposa.

---

El cuerpo sufre más movimiento arriba y abajo que en los otros estilos, lo que no es una ondulación forzada, sino la consecuencia de los movimientos ejercidos por los miembros superiores e inferiores.

En la práctica sólo debería existir el estilo libre o crol si nos basamos, como en otros deportes, en buscar el mejor sistema para ir más rápido. Sin embargo, los otros estilos se han llevado a un gran perfeccionamiento.

Otras técnicas que ya desaparecieron son por ejemplo el "over arm" o la braza india.

## **1.2.- Saltos.**

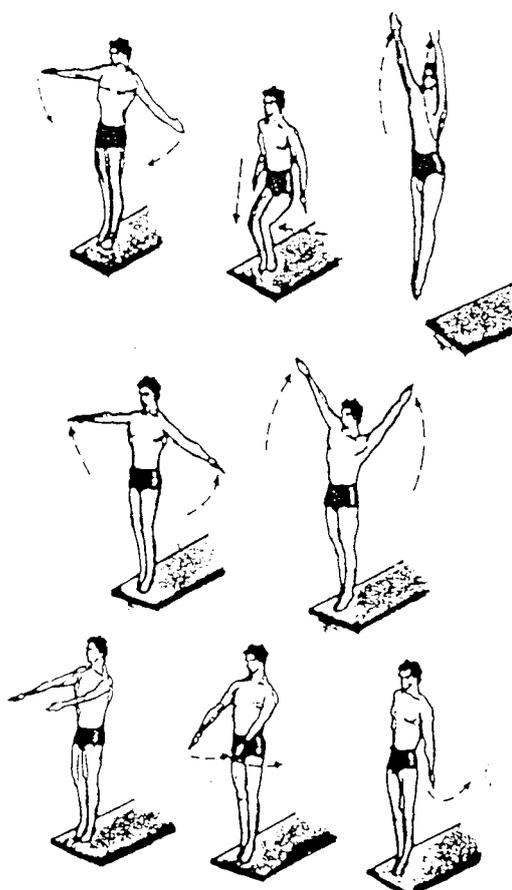
La modalidad de los saltos constituye una de las pruebas más vistosas y espectaculares del deporte de la natación.

Los aparatos que se usan en las competiciones de saltos son la plataforma y el trampolín. Se trata de tablas muy resistentes, construidas con láminas de madera o cualquier otro material análogo, que sujetas por uno de sus extremos y situadas a distintas alturas permiten lanzarse al agua. Su superficie debe estar cubierta por un material que evite los resbalones. La principal diferencia entre los dos aparatos estriba en que el trampolín tiene una flexibilidad mucho mayor, mientras que la palanca es rígida y casi no se mueve al realizar el salto. Las palancas o plataformas en las competiciones reglamentarias, están situadas a 10, 7,5, 5 y 3 metros. Los trampolines se colocan sólo a dos alturas: A tres metros y a un metro.

La posición de salida consiste en permanecer erguido en el borde del trampolín, con las extremidades inferiores rectas y los pies juntos. Si el salto ha de ser hacia delante, los dedos de los pies deben

tocar el borde frontal del aparato. Si el salto es hacia atrás, de espaldas, los talones han de proyectarse más allá, hacia la piscina. El saltador ha de mantener el cuerpo recto y tenso, mirando hacia delante. Tras permanecer un breve tiempo en esa posición, se inicia el despegue. El atleta levanta los miembros inferiores lentamente y, al bajarlos de nuevo y flexionarlos un poco, recibe el impulso suficiente para salir, desviando al mismo tiempo el centro de gravedad de su cuerpo (Figura 5).

---



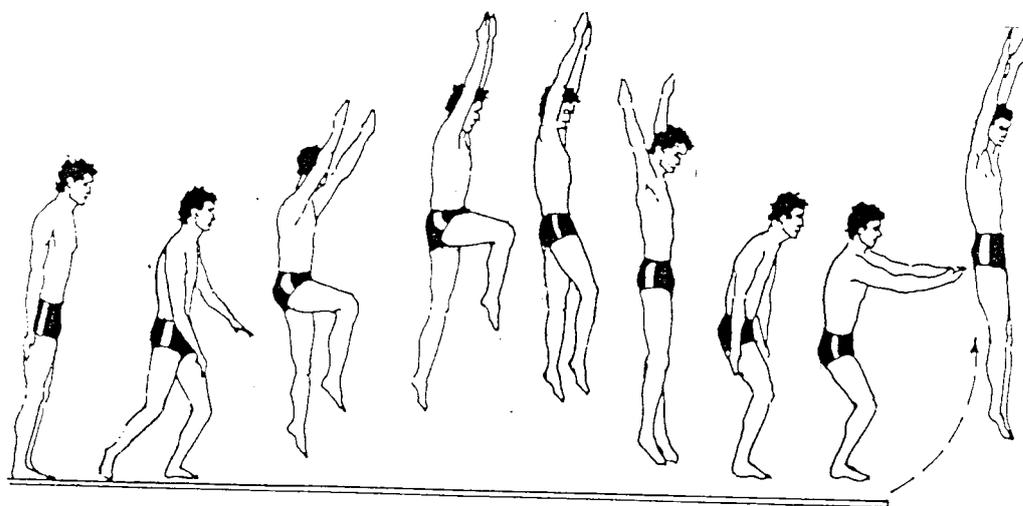
**Figura 5:** Tres tipos de movimiento de salida adelante parado.

---

---

La aproximación debe realizarse en línea recta dando por lo menos cuatro pasos, incluyendo el bote de despegue. en este tipo de salida hay, por tanto, cuatro tiempos: Posición inicial, aproximación, bote de despegue y despegue (Figura 6).

---



**Figura 6:** Salida con impulso.

---

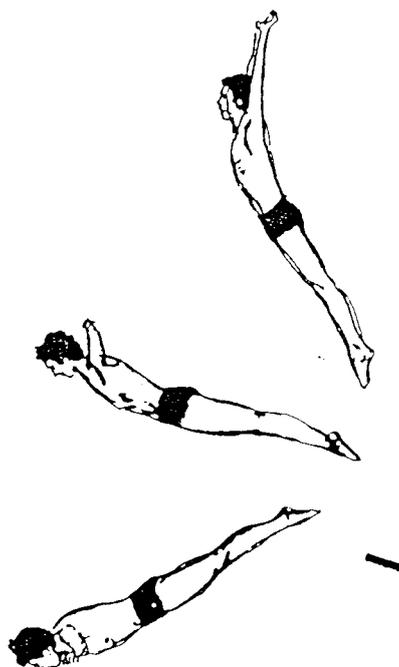
La entrada en el agua es un componente muy importante de la clasificación del salto. Según las reglas de competición debe realizarse en sentido vertical, con el cuerpo totalmente extendido. Para ello es necesario tensar los músculos durante todo el salto hasta alcanzar el fondo de la piscina. El salto debe refrenar el impulso excesivo para que la inercia de su masa no le haga desequilibrarse hacia adelante. Sólo

---

así puede entrar en el agua como una jabalina o como un dardo, trazando su camino en el agua y causando el mínimo impacto. Las entradas pueden ser de pie o de cabeza.

Los saltos de competición se clasifican en seis grupos direccionales, con uno adicional para la plataforma:

**Grupo I: Saltos frontales.** Constituyen quizás la clase más sencilla. Consisten en lanzarse de cabeza hacia delante con los miembros superiores totalmente extendidos. La entrada en el agua debe hacerse con el cuerpo completamente estirado, de manera que tanto los pies como las rodillas vayan estrechamente pegados (Figura 7).



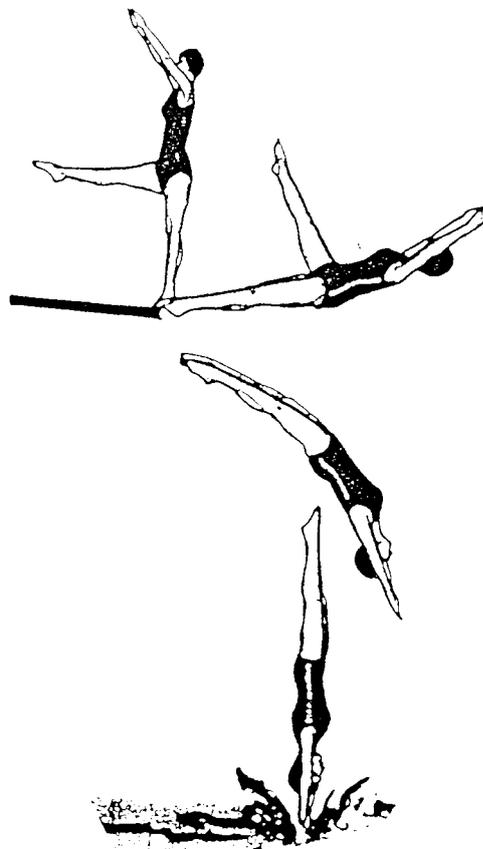
**Figura 7:** Salto frontal.

---

---

**Grupo II: Saltos de espalda.** Entrañan ciertamente mayor dificultad. La zambullida normal de espalda se inicia con la posición de salida ya descrita en la palanca o el trampolín. El saltador hace luego fuerza hacia abajo con las extremidades superiores, doblando al mismo tiempo las caderas y las rodillas. Al separarse del aparato, ha de inclinarse ligeramente hacia atrás, con la cabeza levantada y los miembros superiores por encima de ella. Al iniciar el descenso, el saltador echa hacia atrás la cabeza y fija los ojos en el agua, en el punto por donde va a entrar verticalmente, con las manos tocándose por encima de la cabeza (Figura 8).

---



**Figura 8:** Salto de espalda.

---

---

**Grupo III: Saltos invertidos de espalda.** Empiezan de frente, con posterior rotación hacia la espalda. Estos saltos tienen la misma secuencia de movimientos, durante la fase del vuelo y la entrada, que los de espalda. La principal diferencia entre estos dos grupos de saltos radica en una posición distinta del centro de gravedad del cuerpo y una fuerza diferente de despegue.

En los saltos inversos de espalda están involucradas tres fuerzas distintas: Una fuerza horizontal por medio de la cual el saltador gana distancia desde el aparato, una fuerza vertical que impulsa el cuerpo hacia arriba y una fuerza de rotación alrededor del eje transversal del cuerpo. Se llaman en general "saltos mortales" todos aquellos en que el cuerpo del saltador realiza por lo menos una rotación completa alrededor de su eje transversal, independientemente de si la inmersión se realiza de pie o de cabeza.

**Grupo IV: Saltos interiores.** Empiezan de espaldas, con posterior rotación hacia adelante. Son conocidos también como saltos hacia dentro o clavados de espalda o de frente. La fuerza necesaria para realizar el despegue en los saltos interiores es la misma que se emplea para los saltos invertidos. El punto más importante y decisivo radica en los movimientos del saltador al despegar (Figura 9).

**Grupo V: Saltos con tirabuzón.** Empiezan desde una de las dos posiciones y en los que se da media vuelta hasta cuatro vueltas completas. La rotación alrededor del eje longitudinal empieza cuando el cuerpo está en el aire. Esta rotación corporal se consigue mediante los movimientos apropiados de la cabeza, de los brazos y de los hombros. Se juntan los miembros superiores hacia el frente para realizar la entrada en el agua, que es la misma que la del salto hacia atrás (Figura 10).

**Grupo VI: Saltos en equilibrio** (sólo desde plataforma). En los

que la salida se hace en equilibrio sobre las manos y el cuerpo estirado. El equilibrio sobre las manos se establece en el extremo del tablero, con los miembros superiores separados por la anchura de los hombros. El saltador echa ligeramente hacia delante el cuerpo y las extremidades inferiores, haciendo fuerza con las manos con la intención de lanzarse al agua. Antes de que tenga lugar la entrada en sentido vertical, la cabeza se coloca entre las extremidades superiores bien extendidas.

Esta es la clasificación más genérica, fuera de ella deben agruparse todos los demás saltos, bajo las denominaciones de **saltos informales y cómicos**, los cuales no entran en competición y sirven más bien para el lucimiento personal de los atletas o para la diversión del público.

---

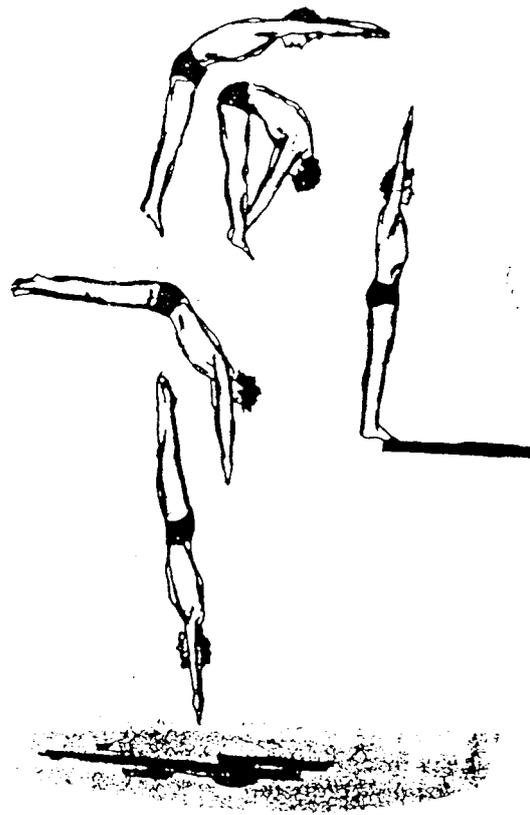


Figura 9: Saltos interiores.

---

---

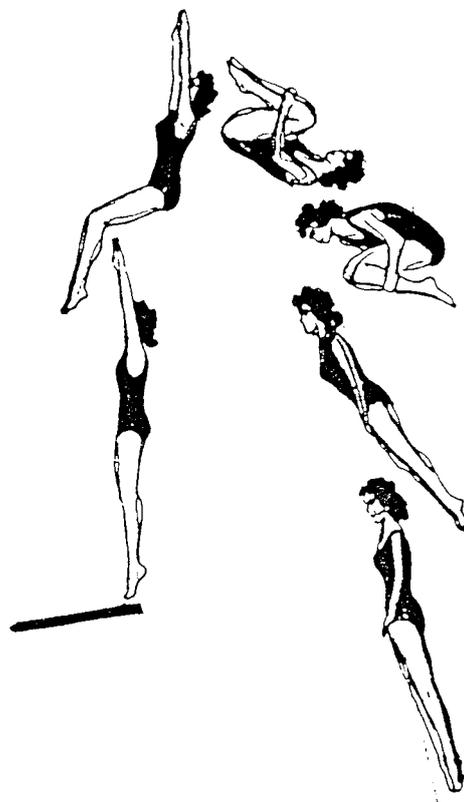


Figura 10: Saltos con tirabuzón.

---

### 1.3.- Waterpolo.

El waterpolo es un deporte que requiere de un gran esfuerzo físico ya que los deportistas tienen que luchar contra la gran resistencia que ofrece el agua a los movimientos dentro de ella así como a su densidad, como fluido, 100 veces mayor con respecto a la del aire. Así, un buen waterpolista requiere de un gran desarrollo de las cuatro

---

cualidades físicas básicas, siendo estas las siguientes:

- Resistencia: El waterpolo es un deporte definido como aeróbico- anaeróbico. Por ello, de la correcta coordinación de las cargas y las intensidades empleadas, se conseguirá la oportuna adaptación cardio-respiratoria al esfuerzo.

- Velocidad: El jugador deberá trabajar esta cualidad física desarrollando la velocidad de reacción y la de desplazamiento.

- Fuerza: Muy necesaria para el lanzamiento del balón en el desarrollo del juego.

- Flexibilidad: Factor físico básico y fundamental. Debe emplazarse muy concretamente en el entrenamiento diario del jugador.

Las características del waterpolo, como juego deportivo consisten básicamente en un juego de pelota practicado en piscina entre dos equipos de siete nadadores cada uno. El waterpolo es en realidad una modalidad de balonmano disputada en el agua. En Europa se jugaba con balón parcialmente inflado que permitía a los jugadores sujetarlo con una mano y llevarlo bajo el agua al avanzar, posteriormente se ha sustituido por uno más duro, grande e hinchado, muy parecido a uno de fútbol que es disputado por la superficie de juego con la finalidad de conseguir un gol.

Está permitido sostenerlo con una mano, no el puño para empujarlo ni con ambas, y pasarlo de un jugador a otro como en el baloncesto. Se anota un tanto al equipo que introduce el balón entre las redes de la portería contraria. Obviamente gana el equipo que haya marcado más cuando finalice el tiempo reglamentario de partido, que consta de cuatro períodos de siete minutos de juego efectivo cada uno. Los equipos cambian de campo al final de cada período. Hay un intervalo de descanso entre período y período de dos minutos.

Las dimensiones máximas del área de juego del waterpolo son 30 metros de largo (entre las líneas de gol) por 20 de ancho. La profundidad del agua no puede ser en ningún punto inferior a 1,80 metros.

El estilo más empleado por los jugadores durante el partido es el crol, como su propio nombre indica, es el estilo libre de competición adaptado al waterpolo.

El jugador debe mantener la cabeza fuera del agua el mayor tiempo posible, para poder seguir el desarrollo del juego. Este punto es de una importancia esencial.

Los movimientos de los miembros superiores en el estilo crol han sido modificados para permitir al jugador mantener la cabeza fuera del agua. La vuelta de ellos hacia adelante se efectúa con los codos plegados. Al mismo tiempo, los movimientos de los mismos se harán más cortos y más rápidos. En otras palabras, la introducción de la mano en el agua se hará más cerca de la cabeza que en la natación de competición.

Otra diferencia esencial entre los dos estilos de crol es que el jugador de waterpolo no vuelve la cabeza para respirar, mira adelante todo el tiempo. Como los hombros y la cabeza están fuera del agua en el tiempo del movimiento de las extremidades superiores, el jugador está dispuesto a dejar sus extremidades inferiores muy por debajo de la superficie del agua. Para evitar esta posición debe emplear vigorosos movimientos de batido. De esta manera, el cuerpo adopta una forma de ligero arco y con sus movimientos molesta al defensor que le marca.

## 2.- Historia de las actividades acuáticas.

Los orígenes de **la natación** se remontan al inicio de los tiempos. Correr y nadar es sustancial al ser humano. El entorno físico ha moldeado en el hombre unas necesidades que condicionan su existencia en el planeta Tierra. Frente a la Naturaleza, se vió impelido a desarrollar facultades que le permitieran sobrevivir a peligros y a la afrenta de un mundo difícil.

Aunque correr ocupa la primera posición en el hipotético balance de necesidades perentorias para escapar, para perseguir, nadar también resulta imprescindible para pasar ríos o sostenerse en el mar, a fin de salir a flote en tierra firme. El instinto de supervivencia está también, por tanto, en los orígenes de la natación. La lucha contra el líquido elemento obligó al hombre a aprender a nadar.

Al paso de los milenios nadar se convirtió en una obligación puramente militar, ya que los grandes ejércitos se veían muchas veces enfrentados a ríos y lagos que era menester sortear hasta dar con los enemigos, por lo que pasaba a ser un punto más en la formación de un buen soldado. Y a parte de las leyendas de pueblos olvidados, las primeras citas sobre el valor de la natación llegan de la Grecia clásica, en la que era un complemento de la formación de los jóvenes; no saber nadar era visto como una carencia vergonzosa, y a pesar de ello, curiosamente, nunca formó parte del programa de los Juegos Olímpicos de la Antigüedad.

Así bien sus sucesores, los Romanos, tampoco practicaron la natación en el plano deportivo. Por contra, la natación tuvo mayor relevancia en lo que hoy conocemos como Japón, en tiempos pasados Cipango.

Muchos siglos después en 1603, llegó a publicarse un edicto

en el que la natación pasó a ser disciplina obligada en las escuelas. Sin embargo, no fue hasta el siglo XIX en el que natación comenzó a practicarse como especialidad deportiva.

Si bien es una necesidad perentoria, zambullirse en el agua ha significado por el hombre algo menos trascendental, pero no por ello menos interesante. Desde la búsqueda de esponjas, coral y tesoros marinos hasta el puro placer de sumergirse. A finales de la pasada centuria, en los países occidentales se puso de moda saltar desde los puentes de los ríos. Como deporte, sin embargo, **los saltos** empezaron a gozar de simpatías por su componente de riesgo mezclado con notorias vinculaciones con la gimnasia.

Como deporte de competición, se cree que la primera prueba oficial tuvo lugar en Gran Bretaña en 1895, siendo en 1904 la primera vez que los saltos fueron incluidos en el programa Olímpico. Los saltos femeninos inician su historia en la olimpiadas en los Juegos de 1912.

Por otra parte el **waterpolo** es un deporte también reciente. Los primeros pasos de un deporte parecido al waterpolo actual se produjeron en 1870 en Gran Bretaña. Evolucionó rápidamente hasta ser prácticamente idéntico al actual y en 1885 fue conocido de modo oficial en Gran Bretaña. Posteriormente se difundió en todo el mundo. El waterpolo tuvo su primera presencia olímpica en París en el año 1900, y desde entonces ha continuado el calendario olímpico de forma ininterrumpida. En España todavía no ha llegado a un reconocimiento nacional total, no cuenta con muchos seguidores y aficionados (existen algunos clubs, la mayoría de ellos en la región de Cataluña). De todas formas se puede buscar algún matiz histórico si lo analizamos, ya que su finalidad, el lanzamiento, siempre ha sido muy utilizado y necesario en nuestros antepasados en especial el lanzamiento de armas blancas con motivos de caza y pesca.

### 3.- Somatotipo del nadador.

De forma globalizada repasando algunas de las clasificaciones de la morfología del cuerpo humano realizadas por diferentes autores a lo largo de la historia, sería fácil ubicar a nuestros deportistas. Su conformación anatómica en la mayoría de los nadadores es similar, mucha masa muscular, sobre todo un tórax de gran tamaño, extremidad superior desarrollada, estrecha cintura, potentes extremidades inferiores y de estatura media alta.

Así pues el nadador, según la clasificación de Kretschmer, sería de **tipo atlético**, pues éste biotipo agrupa a aquellas personas con predominio de los sistemas muscular y óseo, gran caja torácica y cintura estrecha.

En otra clasificación, más posterior en el tiempo, realizada por Sheldom, se utilizan los nombres de las tres capas blastodérmicas que componen el embrión humano: Ectomorfo, Mesomorfo y Endomorfo, dándole a cada uno de ellos una puntuación, según su predominio, con un máximo de siete. Así, a nuestro nadador le correspondería un siete al **somatotipo Mesomorfo**: Poca grasa subcutánea y postura firme, con resultado ideal para los deportes acuáticos.

Seguidamente en líneas generales cada biotipo del jugador de las tres especialidades del Trabajo.

#### 3.1.- Biotipo de un nadador:

Cada estilo presente su propia morfología, aunque todos ellos poseen una base física común.

En cuanto a la herencia genética, aunque no es determinante, la mayoría de los nadadores nacen y luego mejoran sus condiciones a través del entrenamiento. Factores como la estatura, envergadura y conformación ósea se adquieren de la herencia genética. El nadador actual mide entre 1,85 y 1,95 metros mientras que las mujeres se sitúan unos diez centímetros por debajo. La tendencia es a aumentar más aún, por un lado porque así necesita dar menos brazadas cuanto más largo sea su cuerpo y cuanto mayor sea la estatura mayor es la envergadura, es decir, la distancia de la punta de los dedos de una mano a otra, con los miembros superiores en cruz. Las extremidades superiores son la palanca fundamental que utiliza el nadador para avanzar, y de su potencia, que crece al aumentar dicha palanca, dependen los resultados finales. Los pies y las manos son también de un tamaño considerado, entre los 30 centímetros, y los 20 y 25 centímetros respectivamente.

En relación a la constitución ósea diremos que el esqueleto es el armazón primario del nadador. Unos hombros anchos capaces de romper con ventaja el agua, son seguidos por una caja torácica alargada y unas caderas estrechas, con extremidades inferiores y superiores largos. En el estilo crol es donde se produce el mayor ensanchamiento de hombros y estrechamiento de caderas aumentando así el factor de penetrabilidad en el agua. El nadador de espalda necesita un esqueleto más fornido, pues, por el modo de dar la brazada, la espalda se convierte en el punto de apoyo base, adquiriendo la constitución ósea una mayor importancia.

La musculatura está obviamente muy desarrollada, la necesidad de masa muscular aumenta en la proporción que disminuye la distancia a recorrer por el nadador. La braza es el único estilo en el que todos los movimientos se llevan a cabo bajo el agua. La necesidad

de vencer la resistencia del agua hace que los bracistas presenten más masa muscular que el resto de los nadadores.

La flexibilidad y la coordinación son otros dos aspectos que están muy desarrollados, sobre todo en el estilo mariposa, por la gran combinación de movimientos y la compleja secuencia de ellos, que ha de lograrse de manera natural y no consciente por parte del competidor.

### **3.2.- Biotipo de un jugador de waterpolo:**

La estatura y envergadura en un waterpolista son dos características con parámetros elevados, cuanto más alto sea el jugador, ganará en efectividad, no obstante, se precisan hombres que no pierdan agilidad a pesar de los muchos centímetros de altura. Por otro lado, una gran envergadura resulta también vital para dominar las situaciones del juego.

El tronco ha de ser muy fuerte porque el waterpolo es un deporte de gran contacto físico. Además los hombros constituyen un punto clave, ya que influyen de forma determinante en los pases y lanzamientos, y han de poseer una gran movilidad articular, facilitando la amplitud de movimiento.

Las manos deben coordinarse perfectamente y serán grandes para facilitar la adaptación, manejabilidad y el control del balón. Así mismo las extremidades inferiores, aunque no se vean, son una de las partes más fundamentales en el jugador de waterpolo. Han de ser fuertes y potentes ya que están continuamente trabajando.

Se precisa también una cintura ágil y flexible para disociar

perfectamente el tronco de las extremidades inferiores y para hacer uso de una mayor gama de posiciones en los lanzamientos.

### **3.3.- Biotipo de un saltador:**

La media de altura es baja; cuanto más bajos sean, menos lentos serán los movimientos. Por otro lado, el peso muscular ha de ser elevado por la velocidad que pueden adquirir en la caída.

Otro punto a señalar por su importancia es la cabeza, siendo lo ideal que ésta tenga un tamaño pequeño para que sea fácilmente cubierta por los miembros superiores en el momento de la entrada en el agua. Además un cuello largo y fuerte por la estética que implica esta especialidad y porque el saltador ha de conservar en cualquier posición una postura erguida.

Las muñecas son importantes en las entradas, colocando la mano en ángulo recto y abriendo así el espacio por donde entra el cuerpo.

***V.- Biomecánica:  
Movimientos  
Específicos.  
Hidrodinámica de la  
Brazada.***

En este apartado estudiaremos los distintos movimientos ejercidos tanto por la extremidad superior como por la inferior, refiriéndonos concretamente a cada una de las especialidades elegidas por el Trabajo de Grado, así como aquellos conceptos mecánicos que se ven involucrados.

Comenzaremos el estudio por la natación, seguido del waterpolo y por último de los saltos de trampolín.

## **1.- Natación.**

La natación como deporte posee movimientos que le son específicos en su práctica, tales movimientos se desarrollan en cada uno de los cuatro estilos clásicos y su realización ordenada y consecutiva, componen los estilos de natación.

Estos son conocidos por todos, sin embargo, la terminología que se utiliza para designarlos es menos usual y por tanto menos conocida.

Dichos movimientos están compuestos a su vez por diversos factores mecánicos, que se han ido estableciendo a lo largo del tiempo por numerosos estudios, y cuyo fin es conseguir que el nadador tenga

más rapidez. A continuación se detallarán en el apartado dedicado especialmente a la hidrodinámica de la brazada.

### **1.1.- BIOMECANICA DE LA NATACION.**

En primer lugar estudiaremos los movimientos que el nadador realiza desde el estudio de la biomecánica y con respecto a la posición de base que el cuerpo adopta. Dicha posición a simple vista parece en todos los estilos la misma, sin embargo en cada uno es diferente aunque haya grandes semejanzas entre ellos.

La posición de base del cuerpo es la siguiente:

- 1.- Posición del cuerpo (global).**
- 2.- Posición de la extremidad superior.**
- 3.- Posición de la extremidad inferior.**

**1.- Posición del cuerpo:** Como ya hemos mencionado en la pequeña introducción del capítulo varía según los estilos, y su descripción exacta nos ocuparía otro Trabajo de Grado, así para facilitar la lectura del presente texto lo haremos de una manera más simplificada.

La posición del cuerpo es en todo momento dinámica y en un plano horizontal. El cuerpo está en decúbito prono en los estilos de crol, braza y mariposa, donde el eje del cuerpo con respecto al del suelo deja de ser paralelo en los dos últimos. Así mismo en el estilo de espalda el cuerpo del nadador está en decúbito supino también con cierta inclinación del eje del cuerpo con respecto al plano del suelo de la piscina.

**2.- Posición extremidad superior:** También hay que dividirla en los diferentes estilos teniendo en cuenta que según del que se trate se van a ir realizando distintos barridos, bien barridos hacia afuera, hacia abajo, hacia adentro o hacia arriba, (definidos en el Glosario de términos del apartado III), con lo que creemos conveniente estudiar el movimiento de la extremidad superior de una manera globalizada de cada uno de los estilos.

- *En crol, mariposa y espalda*, los movimientos son similares, la gran diferencia es la posición del cuerpo global que ya hemos descrito. Se originan en la articulación del hombro, muy importante en la natación, siendo el movimiento principal el de circunducción, que combina los movimientos elementales alrededor de los tres ejes de dicha articulación. El brazo describe en el espacio un cono irregular, denominado cono de circunducción, cuya esfera está centrado por el hombro y el radio es igual a la longitud del miembro superior.

El nadador con este movimiento global está realizando lo que se denomina un ciclo ergonómico, ciclo que se utiliza en natación por ser una actividad de gestos repetitivos. Lo que es posible en una articulación de tres ejes como es el hombro. Partiendo de la posición de referencia con el miembro superior a lo largo del cuerpo, la palma de la mano mirando hacia adentro, consiste en realizar con el miembro superior un movimiento de abducción de  $+180^\circ$  en el plano frontal, después una rotación interna voluntaria y posteriormente una extensión relativa de  $-180^\circ$  en el plano sagital, volviendo a la posición inicial el miembro superior. Como ya sabemos se realiza de una manera alternativa en los estilos de espalda y crol y simultánea en mariposa.

- *En braza* el movimiento que se consigue también parte del hombro, aunque se suma la actuación de la articulación del codo para ofrecer un cierto grado de flexión del antebrazo sobre el brazo y de la articulación de la muñeca con movimientos de desviación lateral (radial y cubital que respectivamente se realizan en el barrido hacia afuera y

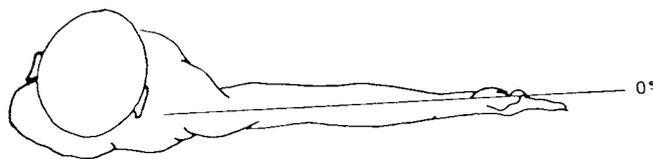
en el barrido hacia adentro). El movimiento que lo caracteriza es como ya hemos dicho originario de la articulación del hombro, este es el denominado flexo-extensión horizontal, movimiento en el plano horizontal alrededor de un eje vertical o exactamente de una sucesión de ejes verticales ya que se efectúa no sólo en la escapulohumeral, sino también en la escapulotorácica. Para describir este movimiento lo dividiremos en:

a) Posición de referencia: El miembro superior está en abducción de  $90^\circ$ , lo que pone en juego los siguientes músculos: Deltoides, Supraespinoso, Trapecio y Serrato mayor (Figura 11).

b) Flexión horizontal, movimiento que combina la flexión y la abducción de  $140^\circ$  de amplitud (Figura 12).

c) Extensión horizontal, movimiento que combina la extensión y la abducción más limitada a  $30-40^\circ$  (Figura 13).

El Deltoides es el músculo principal de este movimiento. La amplitud del mismo no alcanza, en estos estilos los  $180^\circ$  que corresponden a la máxima.



**Figura 11:** Posición de referencia

---

---

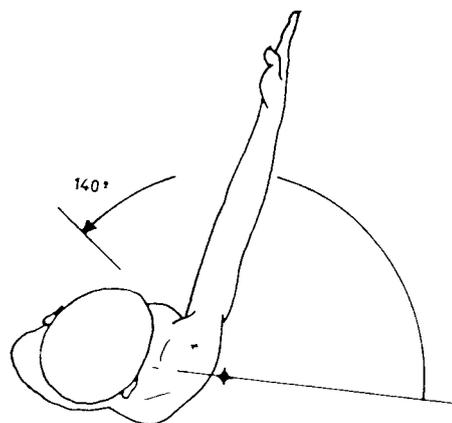


Figura 12: Flexión horizontal

---

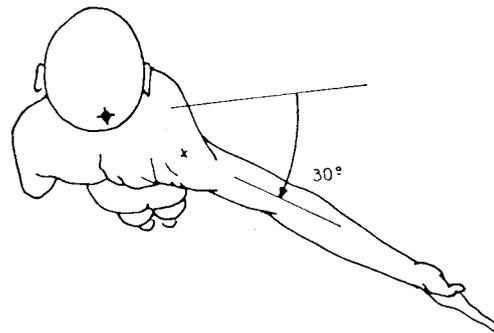
**3.- Posición extremidad inferior:** El movimiento de batido de las extremidades inferiores en los cuatro estilos es diferente, sólo en espalda y crol es similar con la salvedad de la posición del cuerpo.

- *Espalda y crol:* El movimiento no es simultáneo para ambas extremidades, cuando el movimiento de una empieza, la otra finaliza su ciclo. Principalmente consisten en movimientos de flexo-extensión en un plano sagital en la articulación de la cadera, que se suceden rápidamente lo que supone que los grados que se alcancen, de cada uno de ellos, sean muy escasos; el muslo con respecto a la pelvis en la flexión forman un ángulo de aproximadamente  $40^{\circ}$  y con la zona sacrolumbar en la extensión un ángulo de  $5^{\circ}$ . El pie completa estos movimientos mediante la articulación del tobillo que lo coloca en flexión

---

plantar en la extensión de la cadera y en flexión dorsal en la flexión de dicha articulación.

---



**Figura 13:** Extensión horizontal.

---

- *Mariposa*: En este estilo el movimiento es semejante al de los estilos anteriores, sin embargo se realiza con los miembros inferiores juntos, produciendo un movimiento ondulatorio de los mismos favorecido por un pequeño movimiento de flexión de la articulación de la rodilla.

- *Braza*: Los miembros inferiores se mueven simultáneamente con movimientos de batido hacia afuera, batido inicial por debajo del agua y de batido hacia adentro, batido final en este estilo, también subacuático.

---

a) Batido hacia afuera: La extremidad inferior gracias a sus articulaciones principales, la cadera, la rodilla y el tobillo, y por supuesto la acción muscular, en este batido adopta la siguiente posición: Abducción, rotación (interna del muslo y rotación externa de la pierna) y flexión.

b) Batido hacia adentro: Este batido sucede en el tiempo al anterior, consistiendo en las acciones inversas que en el batido hacia afuera hemos descrito. Así la posición del miembro inferior es en extensión y aducción relativa.

## **1.2.- HIDRODINAMICA DE LA BRAZADA.**

En la hidrodinámica de los estilos de natación competitiva juegan un papel muy importante los conceptos que analizaremos a continuación:

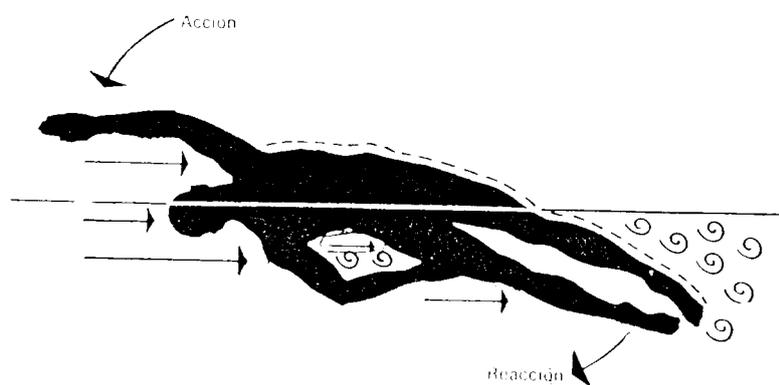
### **1.- Propulsión.**

La finalidad de este apartado es describir los conceptos más importantes de la propulsión en la natación. Se utiliza este término porque no existen principios o leyes que hayan sido probados, sólo existen teorías, referidas a la propulsión acuática de las personas.

Hasta finales de los años sesenta los intentos de descripción de la mecánica de la brazada en los diferentes estilos se basaban exclusivamente en juicios de carácter empírico. Pero esta situación cambió cuando Counsilman y Silva, en publicaciones separadas, aplicaron las leyes científicas al desarrollo de las nuevas teorías acerca de la propulsión hidrodinámica. La más destacada de las leyes físicas utilizadas por ambos autores fue la tercera ley del movimiento de Newton: "A cada acción se opone una reacción igual y contraria" (Figura 14). Su razonamiento consistió en señalar que la acción de

empujar el agua hacia atrás era la causa de que el nadador se viera propulsado hacia adelante, ley de reacción. Este efecto se llamó **propulsión por resistencia**. En dicha acción, el movimiento de avance es el resultado de la resistencia del agua frente a los movimientos o impulsos hacia atrás de las extremidades o miembros del nadador.

---



**Figura 14:** Principio de acción reacción.

---

Las teorías de Counsilman y Silva fueron ampliamente acogidas y ejercieron su influencia en la enseñanza de la brazada en todo el mundo. Como resultado, las manos y los pies de los nadadores se asimilaron a remos o palas destinados a empujar el agua hacia atrás. Se creyó que esta era la mejor mecánica de la brazada.

Esta teoría fue modificada más tarde cuando se demostró que

---

las manos y los pies de los nadadores, durante la brazada en las competiciones, seguían una trayectoria ondulante y no rectilínea, al empujar el agua hacia atrás.

Counsilman continuaba sus investigaciones sobre hidrodinámica afirmando posteriormente que el método de propulsión preferido por los nadadores de clase mundial era el basado en la fuerza ascensional hidrodinámica, mejor que el basado en la reacción de resistencia. Si el medio de propulsión preferido fuera el de empujar hacia atrás, los nadadores crearían tanta resistencia con sus manos, que sus cuerpos resultarían acelerados hacia adelante más rápidamente de lo que sus manos pudieran moverse hacia atrás. La pequeña cantidad de movimiento que se produciría sería, probablemente, más en dirección hacia atrás que en las direcciones vertical y lateral.

Así la comunidad competitiva parecía estar dividida en dos campos, por lo que se refiere a la teoría de la propulsión: Los tradicionalistas y los partidarios de la fuerza ascensional (basada en el teorema de Bernouilli). Los tradicionalistas continúan creyendo que la mayor cantidad de fuerza propulsiva se obtiene empujando con manos y pies principalmente en dirección hacia atrás. Los partidarios de la teoría de la fuerza ascensional, aunque están de acuerdo que se necesita una parte de fuerza de resistencia para la propulsión, creen que la mayor parte de la fuerza propulsiva procede de la aportación de la segunda teoría mencionada.

Actualmente no sabemos qué leyes del movimiento aplican los nadadores de competición para propulsar sus cuerpos a través del agua. Existen muchas teorías pero ninguna ha sido probada concluyentemente. Esta última aseveración puede sorprender porque muchos expertos aceptan el teorema de Bernouilli como la base para la propulsión en la natación. Sin embargo ésta es ciertamente la teoría

---

que prevalece actualmente, probablemente no es la principal ley física que los nadadores ponen en práctica para propulsar sus cuerpos hacia adelante.

Otros autores, entre ellos Costill, en un intento de defender su postura añaden que el teorema de Bernouilli puede contribuir en cierta medida, pero los principales mecanismos propulsores que utilizan los nadadores se basan probablemente en la tercera ley del movimiento de Newton. Ésta es la **ley de la acción-reacción** cuyo enunciado aplicado a la natación podría ser: "Cuando los nadadores empujan el agua hacia atrás, aceleran sus cuerpos hacia adelante con una fuerza de igual magnitud".

Quizás la razón para rechazar la ley de acción-reacción de Newton en favor del teorema de Bernouilli fue el mencionado estudio de Counsilman, con el que según Costill, entre otros, se malinterpretó el principio de acción-reacción, entendiendo que significaba que los nadadores deben empujar sus extremidades directamente hacia atrás para conseguir empujar el agua en dicha dirección. No se dieron cuenta que podían acelerar el movimiento del agua hacia atrás con mucha efectividad al dar brazadas en dirección diagonal.

La base de la propulsión, de acuerdo con **el teorema de Bernouilli**, es que las manos de los nadadores actúan cortando el agua, a manera de alas (de avión) o hélices. Cuando el agua fluye por encima de ellas, se desplaza más rápidamente por encima de los nudillos que bajo la palma. Esto a su vez crea una presión diferencial entre la palma y los nudillos que produce una fuerza elevadora (fuerza ascensional). La diferencia de presiones entre la parte superior y la inferior puede incrementarse modificando el ángulo de ataque de la misma. Cuando esta fuerza se combina con la fuerza de resistencia al avance de la mano a través del agua que ésta ejerce sobre aquella, produce una fuerza resultante que propulsa el cuerpo del nadador

hacia adelante.

Investigaciones y observaciones más recientes siguen debatiendo esta teoría basada en el teorema de Bernoulli; defienden la conocida ley física de Newton y para ello postulan que las fuerzas elevadoras y resultantes (según la teoría de la fuerza ascensional) se producen cuando los nadadores bracean diagonalmente, la magnitud de dichas fuerzas probablemente se relaciona más con los ángulos de ataque de las manos de los nadadores y con el desplazamiento hacia atrás del agua que resulta de él. Si éste no fuera el caso, los nadadores no tendrían ninguna necesidad de colocar sus manos en ángulo al tiempo que las desplazan a través del agua.

Tanto el teorema de Bernoulli como el principio de acción-reacción, probablemente contribuyan a la propulsión en la natación. El papel jugado por la ley física, sin embargo es quizás mucho mayor. El teorema de Bernoulli es un método innecesariamente complejo para describir la producción de fuerzas propulsoras. Por otro lado, el concepto de "remar" para desplazar el agua hacia atrás y propulsar el cuerpo hacia adelante, es mucho más fácil de comprender y probablemente describe con más precisión los mecanismos de propulsión más importantes utilizados por los nadadores.

Siguiendo con esta línea creemos conveniente hacer mención más específica en cuanto a la **mecánica de la natación con respecto a la propulsión:**

Los nadadores utilizan sus extremidades superiores e inferiores como las aspas giratorias de una hélice para desplazar el agua hacia atrás con sus barridos diagonales. Además de la dirección de los movimientos dos aspectos muy importantes de la propulsión son el ángulo de ataque y la velocidad a la que se deslizan por el agua. Cuando los nadadores giran sus manos en la dirección en la que se están moviendo, se puede desplazar más agua hacia atrás. La

---

propulsión puede verse reducida si no lo hacen suficientemente ya que el agua pasará por su lado sin ser desplazada hacia atrás en la cantidad necesaria para que les ayude a propulsarse.

Cada estilo posee dos o más movimientos de barrido diferenciados, es decir, las manos efectúan unos cambios de dirección principales y se inclinan dos o más veces durante la fase acuática de cada brazada.

Los nadadores aceleran las manos a impulsos durante las distintas fases de cada estilo. Los movimientos propulsores de los miembros superiores se pueden reducir a los cuatro barridos básicos. El barrido hacia afuera y el barrido descendente no son propulsores, se utilizan para colocar las extremidades superiores en posición de agarre antes de aplicar la fuerza propulsora. El agarre empieza generalmente cuando las manos se encuentran a un tercio del camino de su trayectoria acuática.

El barrido hacia adentro es el primer movimiento propulsor en crol y mariposa y el único movimiento propulsor en braza. En espalda se hace un barrido similar que se llama ascendente porque los nadadores se encuentran en posición supina, éste es el último movimiento propulsor en crol y mariposa.

Para finalizar este conciso, señalar que la patada tiene una mayor importancia en la propulsión que la que se atribuye corrientemente. Los movimientos verticales y laterales de las extremidades inferiores pueden desplazar hacia atrás en la misma medida en que lo hacen los movimientos verticales y laterales de las superiores.

## 2.- Resistencia.

Otro concepto interesante es la **resistencia**, concepto en el que parece ser que los diversos autores están más de acuerdo a la hora de describirla. Sin embargo la terminología en la explicación que ofrecen muchos de ellos es distinta a la hora de hablar de la resistencia ejercida por el agua en la natación.

Debido a su reconocida importancia, en este apartado se le dedicarán unas líneas, que aunque muy generales, destacarán los puntos más importantes, utilizando para ello los términos más indicados para su fácil comprensión.

El agua presenta resistencia al movimiento de objetos a través suyo. El término utilizado en natación con relación a este hecho es "resistencia al avance", que siempre se ejercerá en sentido contrario al que se muevan los cuerpos de los nadadores. El aumento de la fuerza de la resistencia al avance tiene mucho que ver con el patrón en el que fluye el agua alrededor de los nadadores, cambiando del movimiento laminar al turbulento.

El flujo laminar es el que menor resistencia presenta debido a que las moléculas del agua se mueven en la misma dirección y a una velocidad uniforme. Cuando este flujo topa con objetos sólidos las moléculas rebotan desordenadamente en todas las direcciones, este movimiento desordenado de las moléculas se denomina flujo turbulento (Figura 15).

Las moléculas de agua que forman el flujo turbulento irrumpirán en otros laminares. Al hacerlo colisionarán con las moléculas de esas corrientes causando su rebote desordenado, así la turbulencia se extiende cada vez más. El agua arremolinada incrementa la presión delante del nadador en relación a la presión ejercida detrás de él donde el flujo es más laminar. Esta mayor presión

diferenciada es lo que retiene a los nadadores. La resistencia de arrastre será directamente proporcional a la turbulencia creada.

---

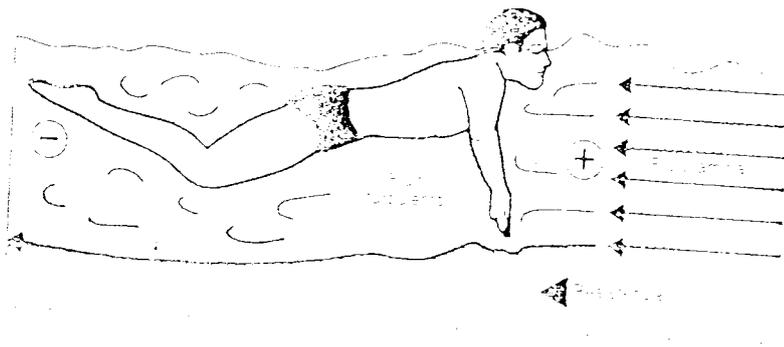


Figura 15: Resistencia.

---

Existen tres factores que determinan la cantidad de resistencia con la que se encuentran los nadadores. Estos son:

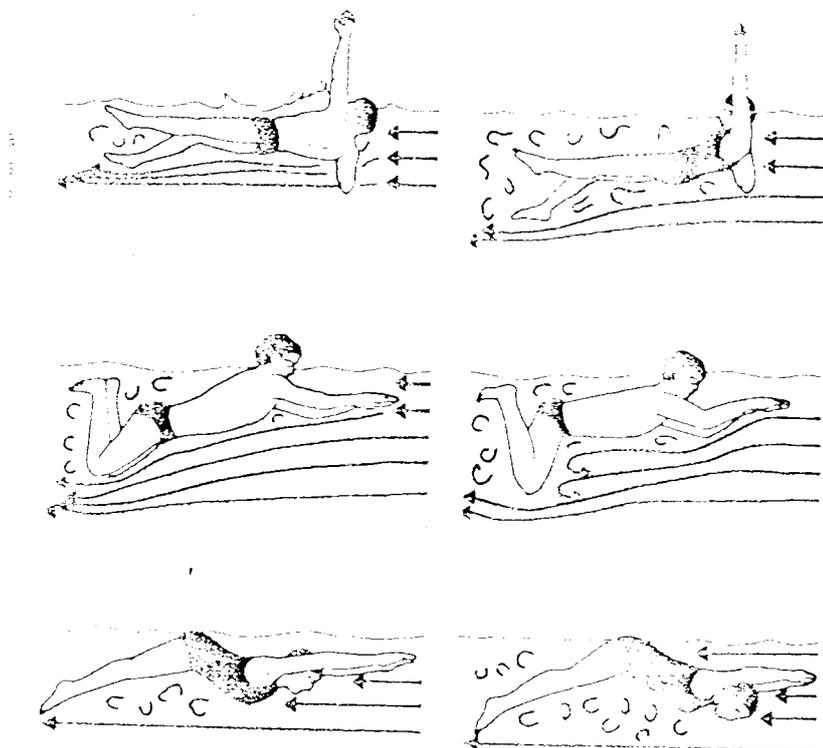
- 1.- El espacio que ocupan en el agua.
- 2.- La forma corporal.
- 3.- La velocidad de su movimiento.

En lo que se refiere a la **forma**, está comprobado que la forma

---

de huso es la que menos resistencia de avance provoca, debido a que su estrechez en los extremos permite que la dirección de las moléculas del agua cambie gradualmente a medida que pasan a su alrededor. Además la parte frontal en forma de huso causa la mínima interferencia al flujo del agua debido a que las moléculas pueden desplazarse a su alrededor. La parte trasera disminuye el área de remolinos detrás del objeto (Figura 16).

---



**Figura 16:** Influencia de la forma en la resistencia.

---

Los nadadores cambian de postura constantemente, presentando una gran variedad de formas al flujo del agua, así mantienen la forma más estilizada posible al asumir estas posturas.

Con respecto al efecto del **espacio** (tamaño), la fuerza de arrastre se verá incrementada cuando los nadadores ocupen un mayor espacio en el agua, ya que interrumpirán el flujo de un mayor número de moléculas. El espacio que ocupan tiene dos componentes, uno horizontal (la profundidad de sus cuerpos), así los nadadores interfieren menos corrientes cuando se mantienen casi al nivel desde la cabeza a los pies. Y otro es el componente lateral, los nadadores que se mueven de lado a lado interrumpen un número mayor de corrientes de agua de aquellos que no lo hacen. Con lo cual los nadadores deberían adoptar la postura más horizontal y estilizada posible (Figura 17).

---

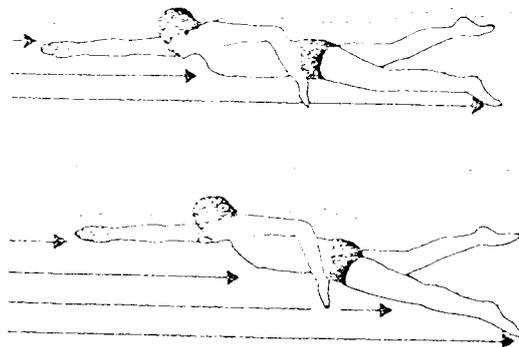


Figura 17: Espacio y resistencia.

---

---

El otro factor que influye en la resistencia es la **velocidad** de los nadadores a través del agua: A mayor velocidad mayor resistencia.

Para terminar este apartado señalaremos los tipos de resistencia: Los expertos han definido en tres categorías de resistencia que afectan al rendimiento natatorio: **La forma, la ola y el rozamiento.**

Para vencer la **resistencia de la forma** los nadadores deben orientar sus cuerpos de forma que todos los contornos se estrechen gradualmente hacia atrás intentando al mismo tiempo presentar por delante la forma más pequeña posible: Deben ser conscientes de una buena alineación horizontal en todos los estilos y de una buena alineación lateral en los estilos de crol y espalda.

**La resistencia de la ola** es consecuencia de la turbulencia en la superficie del agua.

**Resistencia al rozamiento:** Ésta es quizás la más difícil de evitar. Durante más de tres décadas los nadadores han practicado el ritual de afeitarse (antebrazos y piernas) antes de las competiciones importantes. Durante este tiempo expertos pensaban que las reducciones de tiempo conseguidas se debían a fenómenos psicológicos, quinestésicos o fisiológicos, (este último era en el que menos creían).

Actualmente existe una evidencia fisiológica de que el efecto se debe a una reducción en la resistencia de rozamiento, uno de los principales factores que influyen en la cantidad de rozamiento es la aspereza de la superficie corporal, al igual que el área de la superficie corporal y la velocidad, escapando estos dos últimos al control de los nadadores, así ésto deja a la suavidad de la superficie corporal como la fuente de resistencia de arrastre más asequible a la reducción. Resultados de diversos estudios sugieren que podría ser una sabia medida el continuar afeitándose cuando se desea un buen rendimiento.

### **3.- Flotabilidad.**

Es menester mencionar en un capítulo de natación dedicado a los características mecánicas, un fenómeno tan importante y necesario, como es la **flotabilidad**. Las distintas características físicas influyen en ella, así como en la posición del individuo. Hay individuos más boyantes que flotan con mayor facilidad, desplazándose de forma más ligera, sin embargo no indica que otros de osamenta más pesada que flote menos pueda hacerlo con la misma facilidad ya que probablemente posee unos músculos más voluminosos para impulsarle a través del agua.

### **4.- Velocidad y Eficiencia.**

Otros términos importantes son **velocidad y eficiencia**. El término eficiencia incorpora los conceptos de gasto energético y trabajo mecánico producido. En particular, se define la eficiencia en natación como el cociente entre el trabajo mecánico producido por el nadador (fuerza propulsiva por distancia recorrida) y el gasto energético realizado (determinado a través del consumo de oxígeno). Como se ha puesto de manifiesto, el concepto de eficiencia involucra aspectos biomecánicos y fisiológicos.

Se puede afirmar, sin mucho error, que la eficiencia en natación depende de tres factores: La velocidad, el estilo y la pericia del nadador.

Por cada estilo y nadador existe una velocidad óptima en la cual la eficiencia es mayor. A velocidades más bajas, la eficiencia disminuye, al igual que sucede a velocidades muy elevadas. Por contra, a velocidades medias o moderadas, ésta mejora. Estas conclusiones han sido corroboradas por numerosas investigaciones.

## **2.- Waterpolo.**

Este deporte lleva implícito mayor complejidad que la natación propiamente dicha, lo que nos llevaría mucho tiempo analizar cada uno de los movimientos específicos y los factores mecánicos, ya que se pueden realizar saltos, desplazamientos, giros, lateralizaciones, lanzamientos... De esta manera, este apartado dedicado fundamentalmente a la biomecánica, se hará de la forma más sencilla posible sin entrar en todas las posibilidades de movimiento, estudiando como en natación principalmente la posición de base.

Trataremos los puntos más importantes como son:

- 1.- Posición del cuerpo (global).**
- 2.- Posición extremidad superior.**
- 3.- Posición extremidad inferior.**

**1.- Posición del cuerpo:** Punto interesante ya que ésta determina una mayor calidad de las acciones del deportista, proporcionando una postura ventajosa para obtener mayores recursos técnicos.

Existen dos posiciones básicas:

- Estática: Fruto de una posición vertical en el agua, con las piernas en movimiento alternativo o sincrónico, en sentido lateral o también llamado pies de bicicleta (P.D.B.), en el que la trayectoria del pie dibuja un triángulo de base inferior y vértice superior. Ésta es la denominada posición de base.

- Dinámica: Fruto de una posición horizontal en el mismo

medio, y con desplazamiento por natación, la cual debe impartirse con unos criterios:

a) Cabeza alta, para dotar al jugador de una mayor visión del campo y juego.

b) Codos altos (al contrario que en natación como deporte), ya que aquí se necesitan para proteger al balón que se lleva entre los brazos, contra la acción defensiva de su adversario.

c) Entrada de las manos en la prolongación de la línea de los hombros, para no modificar el transporte del balón, si lo llevase.

d) Batido de pies notable, para mantener la posición (a y b) e imprimir mayor velocidad al desplazamiento.

**2.- Posición miembro superior.** En dos fases por la posición estática:

- Fase de mantenimiento de la estabilidad:

Brazos en abducción ( $35^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ), antebrazos en pronación, paralelos, por debajo del nivel del agua, con flexión del codo de  $90^{\circ}$ - $100^{\circ}$ , propulsándose los dos en dirección oblicua-descendente (con pronación de la mano), llegando a angulación de  $140^{\circ}$ - $150^{\circ}$ , en relación al mismo (brazo y antebrazo).

- Fase de recuperación: Los brazos regresan de nuevo a la posición inicial o de mantenimiento de la estabilidad. Al igual que los antebrazos, a su posición inicial de  $90^{\circ}$ - $100^{\circ}$ , con una recuperación anatómica de la supinación.

Recordar, por último que la posición dinámica se corresponde

con el movimiento del estilo crol.

**3.- Posición miembro inferior:** Previamente vamos a describir unas cualidades técnicas intrínsecas de la patada para posteriormente estudiar las cuatro fases de la misma:

Técnicas intrínsecas de la patada:

- Pies de bicicleta o posición de base, (anteriormente descrita).
- Coordinación de fases agonistas con antagonistas: Tiene que coincidir la posición de una extremidad con la final de la otra, y la propulsora de una con la de retorno de la otra.

Así las fases de la patada, desde el punto de vista técnico son:

*1ª: Fase inicial:*

- Muslo: En anteversión de 90º-95º con relación a la pelvis. Abducción de 35º-50º y discreta rotación interna.
- Pierna: En flexión de 90º-100º, con relación al muslo.
- Pie: En rotación externa ligeramente y pronado.

*2ª: Fase propulsora:*

- Muslo: En anteversión de 40º-50º con relación a la pelvis. Abducción de 20º-40º. Mínima rotación interna.
- Pierna: Desciende a 80º-90º con relación al muslo.
- Pie sigue pronado y en rotación externa.

*3ª: Fase final:*

- Muslo: En anteversión mínima de 35º-45º, con abducción de 15º-30º.
- Pierna: Flexión de 75º-85º provocada por la anteversión.
- Pie: Posición anatómica, porque ha terminado su función propulsora.

*4ª: Fase de retorno:*

- Muslo: Progresivamente va elevándose y separándose hasta alcanzar, de nuevo, las angulaciones descritas en la fase inicial.
- Pierna: También progresa su flexión hasta llegar a los 90º-100º de la primera fase.
- Pie: Recupera gradualmente la pronación y rotación externa.

El waterpolo es un deporte que requiere un elevado esfuerzo físico, así como inteligencia motriz y estrategia en los movimientos. El primer aspecto es particularmente importante, pues es uno de los deportes que mayor consumo energético exige. Junto a la estrategia propia de los juegos de equipo, asocia dos movimientos básicos en otras disciplinas: La natación y los lanzamientos. El gesto que caracteriza a los lanzamientos está condicionado por una serie de factores, como son: La masa, tamaño y forma del objeto a proyectar, la capacidad física, su estilo, etc.

### **3.- Saltos de trampolín o plataforma.**

Uno de los principios fundamentales de la mecánica establece que dado un cuerpo aislado (no se ejerce sobre él fuerza ni momento de fuerza externo alguno), su momento angular permanece constante. Este principio, denominado "de conservación del momento angular", es fundamental en el desarrollo de un salto de trampolín. En efecto, una vez el saltador está en el aire (cuerpo aislado), sus posteriores evoluciones van a estar condicionadas por el valor del momento angular inicial, que permanecerá constante hasta el contacto con el agua.

Dado que el momento angular de un cuerpo se define como el producto de su momento de inercia por su velocidad angular, la única forma que tiene el saltador para variar su velocidad de rotación en una fase de vuelo es modificar su configuración corpórea y, como consecuencia, su momento de inercia.

Según esto, dos son los factores que van a determinar un salto de trampolín:

1º El momento angular inicial, que adquiere el saltador cuando se impulsa en el trampolín.

2º Las variaciones en la configuración corpórea (y, en consecuencia, en el momento de inercia) durante la fase de vuelo.

El momento angular está determinado por la fuerza resultante que actúa sobre los pies del saltador y la distancia de la línea de acción de esta fuerza al centro de gravedad, con lo que aumentando cualquiera de estos dos parámetros es posible incrementar el momento angular adquirido. Así el saltador podrá realizar giros en la dirección del sentido de las agujas de reloj si la línea de acción de la fuerza

resultante, queda por detrás de la posición del centro de gravedad, adquiere un momento angular en sentido horario. Por el contrario si adelanta la posición del centro de gravedad, el saltador realizará giros en sentido antihorario.

Este deporte ofrece poca o ninguna línea que indique cómo se realiza perfectamente un salto. Por eso la hipótesis es "ningún movimiento será realizado por el saltador en la ejecución del salto a menos que sea necesario para obtener el mismo".

La tercera ley de Newton tiene una gran aplicación en la técnica de los saltos, "para toda acción hay una igual y opuesta reacción". Así como ejemplo, nos referiremos a la salida del trampolín; el saltador aprende rápidamente que la mayor fuerza descendente aplicada sobre la tabla amplía la depresión de la misma y aumenta el recorrido de la proyección del cuerpo en el aire. La mayor fuerza aplicada en el lanzamiento ascendente de miembros superiores y la elevación de la rodilla aumenta el descenso, a través del cuerpo, del trampolín.

***VI.-Anatomía  
funcional de los  
Deportes Acuáticos.***

Una vez que hemos analizado la biomecánica en cada uno de los deportes, vamos a detallar los músculos y las articulaciones que permiten a los nadadores realizar los movimientos específicos, en cada uno de ellos.

## **1.- Natación.**

Dividiremos el estudio de cada uno de los estilos en dos partes, uno dedicado al trabajo de la extremidad superior y otro al de la extremidad inferior.

Referiremos la musculatura implicada según los distintos estilos y fases de movimiento o movimientos que el miembro esté realizando. Se establecen estas fases para simplificar el gesto completo de nadar, denominándose fase de tracción, de empuje y de recuperación, al conjunto de movimientos que ejerce la extremidad superior o inferior, según corresponda, en un sentido determinado y con una intención específica. (En el apartado de Glosario de términos de este Trabajo de Grado se definen cada una de ellas por separado).

**BRAZA:**

Para el trabajo de la extremidad superior:

**Fase de tracción:**

En esta fase los músculos que principalmente intervienen son:

1.- Adductores del brazo (desde la posición de brazos en alto)  
(Figura 18):

- Músculos de la zona anterior del tronco o del húmero que actúan en la articulación del hombro:

Músculo Pectoral Mayor: Músculo del lanzamiento por excelencia. Esto explica que sea el que ejerce la fuerza principal hasta casi alcanzar la horizontalidad.

Músculo Bíceps braquial, porción larga: Interviene en todo el movimiento, desde la posición del brazo en alto hasta la de brazo abajo.

- Músculos de la zona posterior del tronco o del omóplato que actúan en la articulación del hombro:

Músculo Dorsal ancho: Junto con el Pectoral Mayor es el músculo del lanzamiento y de la tracción.

Músculo Redondo mayor y menor: Es un potente adductor del brazo que interviene en todo el proceso de aceleración de arriba a abajo y hacia atrás (muy importante, por tanto, en la natación).

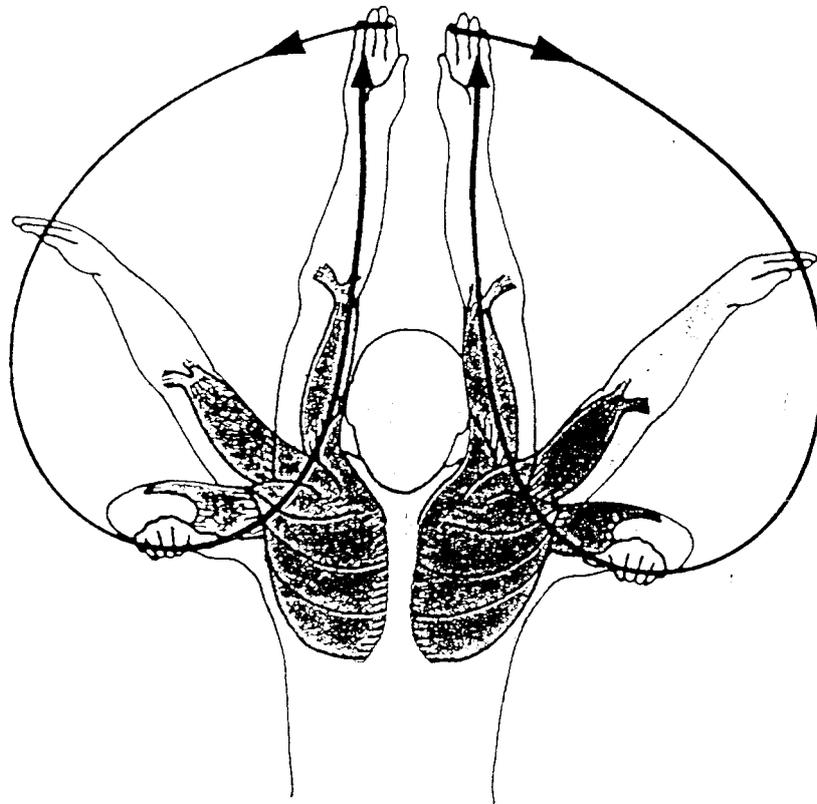
Músculo Subescapular: Produce la rotación del brazo hacia adentro. Contribuye además, a mantener en contacto las superficies articulares de la articulación escapulohumeral.

- En este movimiento, participan también indirectamente todos los músculos que intervienen en la rotación hacia atrás de la escápula:

Músculos Romboides mayor y menor.

Músculo Trapecio: La parte descendente de éste, se inserta en el ángulo superior del omóplato, actúa en este caso de antagonista de la parte ascendente. Su acción es la de elevar el hombro y aproximar la escápula a la columna vertebral cuando su punto fijo está en sus inserciones en la cabeza y en la columna vertebral.

---



**Figura 18:** Principales músculos de tracción del brazo en el estilo braza.

---

---

2.- Flexores del brazo: Podemos destacar los siguientes músculos: Bíceps braquial, Braquial anterior y Supinador largo.

3.- Flexores y aductores cubitales de la mano: La acción principalmente es realizada por el Flexor común superficial, Flexor común profundo, Flexor largo del pulgar, Cubital anterior y Cubital posterior.

**Fase de empuje:**

Al igual que en la fase anterior también realizan mayoritariamente la acción tres grupos musculares que a continuación se detallan:

1.- Flexores del brazo, destacando la labor de los siguientes músculos: Bíceps braquial, Braquial anterior y Supinador largo.

2.- Aductores del brazo, actuando principalmente: El músculo Pectoral Mayor, Dorsal ancho, Porción larga del Músculo Tríceps y el Redondo Mayor.

3.- Flexores dorsales y desviadores radiales de la mano: Entre ellos Cubital Posterior, Palmar Mayor, Radial 1º y Radial 2º, y Extensor propio del índice.

A excepción del Cubital posterior, los demás músculos actúan accesoriamente.

**Fase de recuperación:** En esta fase sólo actúan dos grupos musculares:

1.- Extensores del antebrazo sobre el brazo: Actuando

principalmente el músculo Tríceps braquial con sus tres porciones.

2.- Elevadores del brazo (flexores del hombro): Aquí señalaremos al Deltoides (fascículo acromial y clavicular), el Supraespinoso, el Pectoral Mayor, Córaco braquial y Bíceps braquial.

La acción de estos músculos se debe a los puntos de inserción en las articulaciones, que permiten que se movilicen los segmentos óseos que componen la extremidad superior. Para el trabajo de esta extremidad son de gran importancia la articulación del hombro, del codo y de la muñeca, puesto que gracias a ellas el nadador puede realizar los grandes movimientos que componen su gesto deportivo.

La articulación del hombro hace posible el movimiento característico de la extremidad superior en el estilo braza; Dicho movimiento se denomina flexo-extensión horizontal, que ya se ha descrito en el capítulo anterior dedicado a la biomecánica de la natación. Además de esta articulación participan la del codo con movimiento de flexo-extensión y de pronosupinación, en concreto de pronación que es en la posición en la que el antebrazo se coloca en este estilo.

La articulación radiocarpiana, permite realizar los movimientos de desviación radial y cubital necesarios para los movimientos de barrido, donde la mano tiene un papel muy importante, como se expone en el capítulo dedicado a la hidrodinámica de la brazada, para crear la fuerza de propulsión.

Para el trabajo de la extremidad inferior:

**Movimiento de flexión:** Movimiento que es realizado por la acción conjunta de dos grupos musculares:

1.- Flexores del muslo: Entre ellos el músculo Psoas ilíaco,

Tensor de la fascia lata (actuando junto con el Psoas ilíaco), Sartorio y Recto anterior.

2.- Flexores de la pierna: Músculo Semimembranoso, Semitendinoso, Bíceps crural, Sartorio, Gemelos (cuando toman su punto de apoyo distal) y Poplíteo.

**Fase de empuje:** Que a su vez se subdivide en dos fases:

1ª Fase: Los movimientos específicos son tres:

Rotación interna del muslo: Realizada fundamentalmente por los músculos Adductor mayor o Tercer adductor, Aproximador largo, Tensor de la fascia lata, Glúteo menor (contracción aislada de sus haces anteriores), Recto del femoral, Glúteo medio (contracción aislada de sus haces anteriores), Semimembranoso, Semitendinoso y Sartorio.

Rotación externa de la pierna: Acción que se debe al músculo Bíceps femoral (estando la articulación de la rodilla en flexión); y

Flexión dorsal del pie: Cabe destacar el músculo Tibial anterior.

2ª Fase: Se debe a la progresiva extensión del muslo gracias a la función de los potentes músculos Glúteo mayor, Glúteo medio, Glúteo menor, Semimembranoso, Bíceps, Semitendinoso y Piramidal.

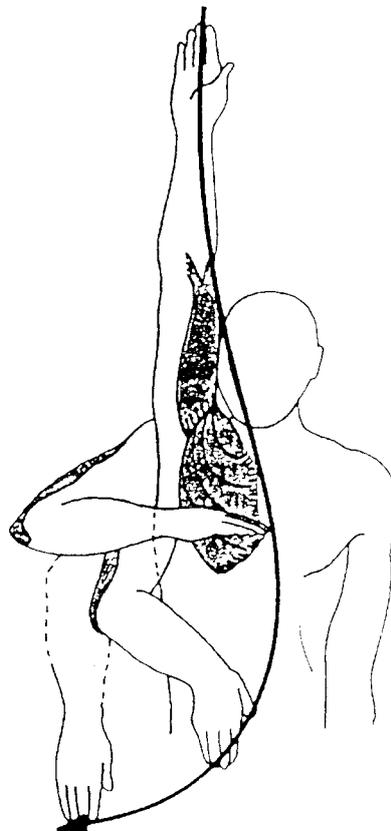
Las articulaciones que aquí intervienen son principalmente la coxofemoral (o de la cadera), la cual permite los movimientos, para este estilo de natación, de flexión y extensión, de abducción y rotación interna del muslo. La articulación de la rodilla realiza movimientos de flexión y gracias a este se produce la rotación externa de la pierna necesaria para los batidos propios de este estilo.

La Tibioperoneoastragalina (o articulación del tobillo) permite que se produzca la flexión dorsal del pie, gracias a la acción principalmente del músculo Tibial anterior.

**CROL:**

Para el trabajo de la extremidad superior:

En el estilo crol también se realizan las tres fases de movimiento que se han citado en el estilo anterior (Figura 19).



**Figura 19:** Línea de tracción del brazo en el estilo crol.

---

---

**Fase de tracción:**

1.- Abductores (desde la posición de brazos extendidos):

- Músculos que actúan sobre la articulación del hombro desde la parte delantera del tronco o desde la cintura escapular (básicamente trabajan el Pectoral Mayor, con la colaboración de los músculos Bíceps braquial, porción corta, y Córaco braquial).

- Músculos que actúan sobre el complejo articular del hombro desde la parte posterior del tronco o de la escápula (Redondo mayor, Músculo Dorsal ancho, Subescapular y Tríceps braquial).

2.- Flexores del brazo: Fundamentalmente los músculos que realizan dicha acción son: Bíceps braquial, Braquial anterior, Supinador largo, Pronador redondo y Primer radial o radial corto.

3.- Flexores de la mano, acción desempeñada por los siguientes músculos: Flexor superficial de los dedos, Flexor profundo de los dedos, Palmar mayor, Flexor largo del pulgar y Cubital anterior.

**Fase de empuje**, compuesta por la acción de los grupos musculares siguientes: Adductores del brazo, extensores del brazo y flexores de la mano.

**Fase de recuperación:**

Principalmente señalar la acción del músculo Deltoides.

En el trabajo de la extremidad superior para el estilo crol las articulaciones que intervienen son las mismas que para el estilo braza. Sin embargo los movimientos, que favorecen son distintos, sobre todo en la articulación del hombro. En el crol realiza todos sus movimientos posibles en la misma, es decir en los tres ejes del espacio como

articulación enartrosis; así todos ellos se reúnen en uno sólo que se denomina movimiento de circunducción.

La articulación del codo en este caso realiza movimientos de flexión y extensión, al igual que la de la mano.

Para el trabajo de la extremidad inferior:

**Batido hacia abajo:** Actuando los flexores del muslo.

**Batido hacia arriba:** Movimiento realizado por los extensores del muslo.

El movimiento de la extremidad inferior se realiza casi exclusivamente en la articulación coxofemoral, con los movimientos de flexión del muslo y de extensión del mismo. La articulación del tobillo también interviene con los mismos movimientos que la cadera pero en menor medida.

### **MARIPOSA:**

La natación estilo mariposa es muy similar al crol, con el mismo tipo de tracción del brazo, la única diferencia es que el batido de las piernas tiene lugar con las dos extremidades juntas. La musculatura funcionante, por tanto, es la misma, así como el papel que desempeñan las articulaciones.

El trabajo de las extremidades superiores y las inferiores no se lleva a cabo de manera alternativa para ambos lados del cuerpo, razón por la que tiene lugar un movimiento del tronco más acentuado (movimiento de mariposa). Esto requiere una mayor movilidad de la columna vertebral y una musculatura abdominal y dorsal especialmente desarrollada.

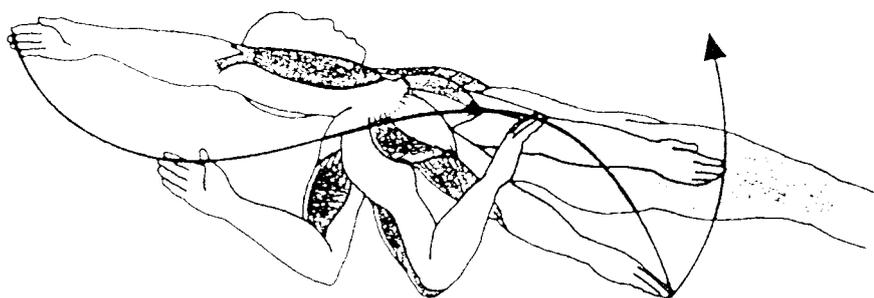
### ESPALDA:

El movimiento es en este caso similar al de crol, pero la posición del cuerpo es en supino.

En la fase de recuperación, se activa especialmente la parte delantera del músculo Deltoides. También aquí el trabajo de las piernas lo llevan a cabo los mismos músculos que en el estilo crol.

A continuación pasamos al análisis de la musculatura implicada en los saltos de trampolín:

---



**Figura 20:** Línea de tracción del brazo en el estilo espalda.

---

---

## **2.- Saltos de trampolín o de plataforma.**

Dependiendo de los distintos tipos de saltos se activarán unos músculos más intensamente que otros.

Según Weineck, en todo tipo de salto se necesitan, además de unos potentes músculos extensores del muslo y de la pierna, unos flexores del pie suficientemente fuertes, para conseguir la necesaria flexión del muslo en los movimientos de rotación. Los saltadores precisan que la musculatura abdominal y flexora del muslo esté bien desarrollada y que la musculatura isquiocrural sea extremadamente extensible. Para conseguir la extensión del tronco con el apoyo sobre las manos, después de la rotación o en la fase de inmersión, es preciso tener también una potente musculatura extensora de las piernas y el dorso.

Por último, los nadadores que inician el salto apoyados sobre las manos necesitan desarrollar bien los músculos que fijan los brazos en posición erecta, es decir, de la labor de los extensores del antebrazo y flexores dorsales de la mano.

## **3.- Waterpolo.**

Además de un trofismo específico de los músculos que intervienen en la natación, requiere un desarrollo especial de la fuerza de lanzamiento.

Los músculos implicados son :

Extremidad inferior: Fuerza que ejercen los músculos extensores del muslo, extensores de las piernas donde cabe destacar el

Cuádriceps femoral y Tríceps sural como flexor plantar.

Tronco: Fuerza desarrollada por los músculos abdominales y flexores del muslo (Músculos Recto femoral, Psoas ilíaco y Tensor de la fascia lata).

Extremidad superior: Los músculos que se encargan de realizar la fuerza son principalmente los aductores del brazo, sobre todo: Pectoral mayor y Dorsal ancho, y extensores del brazo (Tríceps braquial).

## ***VII.- Fisioterapia y Deportes Acuáticos.***

Siempre se ha hablado de la práctica de la natación como un medio eficaz para el tratamiento de muchas algias y determinadas patologías del aparato locomotor.

Este capítulo está dedicado al análisis de la natación en relación a dos puntos muy interesantes: La natación como técnica fisioterápica en los problemas del raquis y la natación en los pacientes motóricos.

## **1.-La natación como técnica de tratamiento fisioterápico.**

### **1.1.- Como complemento en el tratamiento del dolor de espalda y como factor preventivo.**

Podemos considerar la natación un excelente ejercicio para flexibilizar, coordinar, potenciar y elongar la musculatura globalmente. Además al realizarse en el agua, el cuerpo se encuentra en descarga, lo que en la mayoría de los casos, viene a ser suficiente para que la situación del paciente mejore, independientemente de la procedencia de su dolor.

El hecho de que la columna vertebral esté en descarga es un aspecto fundamental; como sabemos gran parte de las patologías vertebrales tienen como origen la afectación del disco intervertebral, generalmente por sobrecarga de presiones. Así la natación permite, al estar el sujeto en posición de descarga, que en el raquis disminuya considerablemente la presión axial debido a la gravedad, quedando tan sólo la del tono muscular, favoreciendo que el disco recobre su grosor normal gracias a la hidrofilia de este, que atrae el agua que vuelve a él desde los cuerpos vertebrales. La disminución de grosor por aplastamiento progresivo, repercute en las articulaciones interapofisiarias, las relaciones de las superficies cartilaginosas se alteran, entreabriéndose la interlínea hacia atrás. Esta distorsión articular es en sí misma a la larga un factor de artrosis.

Así, después de practicar una natación suave y en especial en el estilo espalda, el disco intervertebral se encuentra en mejores condiciones, el estado de pretensión, propio de él, más acentuado, lo que favorece la flexibilidad raquídea. La natación es una actividad aconsejable porque permite relajar la musculatura del dorso gracias a la flotabilidad y sobre todo a la posición que se mantiene, se aumenta la flexibilidad vertebral y muscular, y mediante los ejercicios de los miembros se elonga la musculatura de la espalda. Por tanto es un tratamiento eficaz contra el dolor del dorso y como factor preventivo de posibles alteraciones de las curvas fisiológicas del raquis y de patologías a nivel del disco intervertebral.

En la Unidad de Hidroterapia del Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla, se ha realizado el seguimiento de aquellos enfermos, afectos de diversas patologías relacionadas con el dolor de espalda, y que cumplieran unos requisitos imprescindibles, como por ejemplo, no tener miedo al agua, gozar de buena capacidad para coordinar la respiración con los movimientos y poseer una flexibilidad articular suficiente a nivel de las articulaciones escapulo-humerales y

de las caderas; observando, si bien de forma no sistemática, los efectos mecánicos y terapéuticos que los diversos estilos producían en los pacientes.

El tratamiento hidroterapéutico que se realiza en dicho hospital pasa por las siguientes fases:

1.- *Fase inicial:* En un primer momento se realiza una balneoterapia relajante con chorros subacuáticos.

2.- *Fase de progresión:* A medida que la contractura y el dolor va cediendo, se continúa con un tratamiento hidrocinesiterapéutico mediante una tabla de ejercicios flexibilizantes durante el baño.

3.- *Fase asintomática:* Cuando ha desaparecido el dolor primero se realiza una tabla de ejercicios fuera del agua, con lo que se pretende potenciar la musculatura y mejorar la flexibilidad de la zona dorsolumbar, para terminar después la sesión de tratamiento con un baño relajante.

4.- *Fase prealta:* Aquí es donde recomiendan la natación de espalda, como ejercicio terapéutico complementario, descartando otros estilos.

Considerando seguidamente las ventajas e inconvenientes de los distintos estilos de natación, desde el punto de vista de la fisioterapia, destacar los siguientes aspectos:

#### **CROL:**

Es el que más se practica debido a la gran similitud de sus movimientos con los movimientos naturales de desplazamiento del

hombre, a pesar de que exija una mayor coordinación de la respiración con el movimiento.

**Ventajas:** Favorece la amplitud articular de los hombros, flexibiliza la columna cervical y elonga la columna vertebral.

**Inconvenientes:** Es frecuente que en pacientes con dolor de espalda exista algún tipo de problemática a nivel cervical, por lo que no es generalmente aconsejable, tanto si se practica de forma correcta, por el constante movimiento de rotación de la cabeza, como si se realiza sin introducir la cabeza en el agua, por tener que mantener el cuello en hiperextensión, caso que es el más frecuente.

El movimiento de las piernas obliga a un fuerte trabajo del glúteo mayor, lo que a su vez ocasiona el mantenimiento de una tensión muscular permanente en la zona lumbar.

Por tanto, en los pacientes con cervicalgia, lumbalgia y/o ciatalgia no es aconsejable este estilo porque puede ocasionar una regresión de la dolencia.

### **ESPALDA:**

La respiración es más fácil de realizar debido a la posición más favorable de la cabeza.

**Ventajas:** Mejora la amplitud articular de los hombros, potencia toda la musculatura paravertebral, la columna se mantiene en una posición ideal, ya que está en perfecta extensión, como si fuese en reposo; el movimiento de aleteo de las piernas no influye negativamente en ningún segmento de la musculatura raquídea; produce una buena elongación de la columna vertebral y mejora la flexión plantar del pie.

Inconvenientes: No se han encontrado.

Puesto que al considerar que todo son ventajas, se estima que es el mejor estilo que se puede recomendar para complementar el tratamiento del dolor de espalda. Algunas experiencias apuntan hacia que el nadar puede servir también como factor preventivo de dichas algias.

### **BRAZA:**

Se trata de un estilo ondulatorio con una acción propulsora total, cuya ejecución requiere pasar de una flexión ventral a un ligero arqueamiento dorsal, para finalizar con una extensión completa.

Ventajas: Realiza un buen trabajo para potenciar los pectorales, los dorsiflexores de los pies, los flexores y extensores de la cadera. También se consigue una buena elongación de la columna vertebral.

Inconvenientes: En el paso de la flexión a la extensión se produce una hiperextensión.

Por tanto, no es aconsejable la práctica de este estilo en aquellos pacientes que presenten problemas dorsolumbares.

### **MARIPOSA:**

Este es un estilo que exige un mayor esfuerzo muscular y de coordinación respiratoria, necesitándose para su práctica una gran fuerza en extremidades superiores e inferiores.

Ventajas: Fortalece los pectorales, y en general la musculatura de extremidades superiores e inferiores, así como los paravertebrales.

Ejerce también una acción flexibilizadora del tronco en sentido anteroposterior.

Inconvenientes: Es el estilo donde tendremos más contraindicaciones, ya que los movimientos son muy duros y la columna vertebral está sometida a fortísimas tensiones.

Según la experiencia asistencial durante años de trabajo en la Unidad de Hidroterapia del Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla, nadar de espalda como ejercicio complementario en el tratamiento del "dolor de espalda", es el estilo que tiene más ventajas sobre los demás que se pueden practicar, ya que es el que menos tensiones negativas crea en la columna vertebral, al mismo tiempo que resulta similar a los demás en cuanto a los efectos flexibilizantes y de elongación sobre dicha estructura, así como de potenciación muscular.

Este ejercicio puede significar un importante factor de prevención en la patología que nos ocupa, aunque no se tenga todavía la suficiente experiencia.

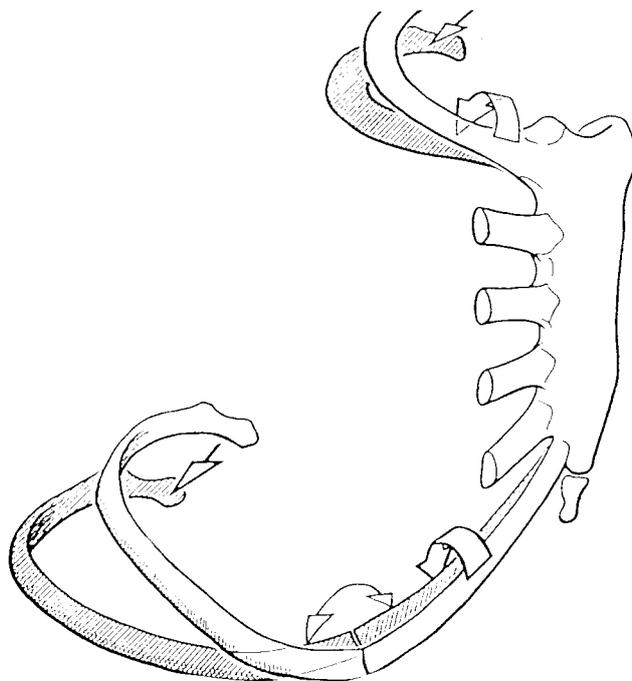
## **1.2.- Estilos de natación para tratar las curvas cifóticas, lordóticas y escolióticas.**

En el apartado anterior enfocamos la natación para el tratamiento del dolor de espalda y como medio preventivo según la experiencia de la Unidad de Hidroterapia del hospital citado anteriormente. En este apartado analizaremos los distintos estilos de natación por sus efectos beneficiosos con respecto al tratamiento de las citadas deformidades vertebrales, donde desempeña un papel muy importante la respiración.

La justificación del uso de la natación para este fin, hay que buscarla en la biomecánica del raquis con respecto a la parrilla costal,

dos estructuras anatómicas que se ven involucradas en las patologías arriba mencionadas. Estas dos actúan como un todo para hacer posible, junto al juego muscular, **la respiración.**

En la mecánica respiratoria cobran gran importancia tanto los movimientos que se producen en las articulaciones costovertebrales y costotransversas, en los que se origina el aumento de los ejes anteroposterior del tórax, en la parte superior del mismo, y del eje transversal de la parte inferior, gracias al giro que las costillas realizan. Como el movimiento de los cartílagos costales con las costillas mediante las articulaciones costocondrales que permiten que este aumento de los diámetros se produzca, y que el esternón también se mueva a una inclinación anterosuperior con respecto al raquis (Figura 21).



**Figura 21:** Cartílagos costales durante la respiración.

---

Esto es la base de la inspiración, pero el papel de los músculos es de suma importancia. Éstos actúan coordinadamente permitiendo el ritmo alternativo de la inspiración, en la que la caja torácica aumenta de volumen, y la espiración, los dos tiempos de la respiración. Se clasifican en cuatro grupos dos principales y dos accesorios.

- Primer grupo: **Los músculos principales de la inspiración**, que son los Intercostales externos y los Supracostales y, sobre todo, el Diafragma.

- Segundo grupo: **Los músculos accesorios de la inspiración**. Los Esternocleidomastoideos, los Escalenos anteriores, medios y posteriores, el Pectoral mayor y el menor (con apoyo en la cintura escapular y los miembros superiores en abducción), los fascículos inferiores del Serrato mayor y el Dorsal ancho (cuando se apoya en los miembros inferiores puestos previamente en abducción), el Serrato menor posterior y superior, y las fibras inferiores de la Masa sacrolumbar.

-Tercer grupo: **Los músculos principales de la espiración**, formado por los intercostales internos.

-Cuarto grupo: **Los músculos accesorios de la espiración**, los abdominales, la porción inferior del músculo Sacrolumbar, el Dorsal largo, el Serrato menor posterior e inferior y el Cuadrado lumbar.

Con respecto a las deformidades vertebrales es de vital importancia conocer la mecánica de estos músculos con respecto a la respiración, ya que el trabajo específico de ellos, según la deformidad que exista (gibas, costillas más prominentes, etc...) va a favorecernos para la corrección de las mismas, puesto que son músculos cuyos puntos de insercción están en la columna vertebral, en su mayoría, con lo que mediante una respiración indicada correctamente, en la que

actúa la parte de la musculatura implicada en la deformidad, puede hacer que las vértebras en incorrecta posición vuelvan a la ideal, mediante un trabajo físico asiduo del paciente. Gracias a los movimientos de los miembros al nadar podemos conseguir que los músculos de la espalda se acorten o se elongen, según sea necesario para cada situación, interviniendo así para enderezar la curva, sobre todo en las escoliosis donde los músculos de la zona de la convexidad están elongados y acortados los de la concavidad.

Antes debemos señalar que debido al carácter de corrección de las curvas en la edad infantil y adolescencia, los pacientes a los que se someterá a este tratamiento serán principalmente niños y jóvenes adolescentes.

#### **BRAZA:**

Consta de movimientos combinados de flexo-extensión de miembros superiores e inferiores con propulsión del tronco y cadera hacia adelante. Extensión brusca de caderas y rodillas. Propulsión del tronco con aumento de la cifosis dorsal y lordosis lumbar.

Así pues el estilo braza está indicado, en casos de: DORSO PLANO, CIFOSIS LUMBAR Y ESCOLIOSIS dorso-lumbares y lumbares.

#### **MARIPOSA:**

Exige gran esfuerzo muscular. Provoca una exageración de cifosis y lordosis. Las indicaciones que posee son las mismas que las de braza.

#### **CROL:**

Este estilo consta de movimientos asimétricos de las

extremidades superior e inferior, (a diferencia de los dos estilos anteriores). Ideal por tanto para corregir la ESCOLIOSIS, con efecto de desrotación, al mismo tiempo que se potencia la musculatura, del lado que se respira, los abdominales y sobre todo los paravertebrales.

Indicado así, con preferencia, para tratamiento de escoliosis. Pero se ha de señalar que es un estilo CROL MODIFICADO.

En caso de ESCOLIOSIS DORSAL DOMINANTE: Es necesario que el escoliótico respire siempre hacia el lado concavo, que avance en círculo y que imprima mayor potencia de empuje a la pierna contraria del lado de la convexidad.

En caso de ESCOLIOSIS LUMBAR DOMINANTE: El paciente avanzará hacia el lado convexo lumbar, con igual comportamiento que en la Escoliosis Dorsal.

### **ESPALDA:**

Es una combinación de ejercicios asimétricos de extremidad superior e inferior; se produce un lanzamiento de extremidades, tronco en supinación, con gran estabilidad en el plano ántero-posterior, contracción isométrica de los paravertebrales, intervención de los abdominales y Gran dorsal del tronco.

Indicaciones: Éste nunca producirá perjuicios al niño, excepto en caso de espalda plana o cifosis lumbar.

Principalmente está indicado en la LORDOSIS LUMBAR: Produce una corrección de la curva lordótica y de la CIFOSIS DORSAL estabilizando el tronco. Actúa supuestamente en la ESCOLIOSIS en general, realizando el estilo de forma asimétrica empleando un sólo brazo, el que corresponde al lado de la convexidad.

## **2.- La natación y los pacientes motóricos.**

Para Counsilman la natación es un deporte básico por excelencia, pues obliga a todo el cuerpo a trabajar coordinado y a desarrollar un potente corazón.

Es un deporte completo, no traumatizante y sin riesgo en la competición; la natación debe sus virtudes a las propiedades del agua que mantienen al nadador, sin necesidad, como en otros deportes, de estar de pie o sentado, además de permitirle el movimiento.

Debemos considerar también que en la natación como deporte el trabajo muscular se lleva a cabo por la mayoría de los músculos del cuerpo sin grandes diferencias entre el trabajo de unos y otros, aunque sí es verdad que el tren superior adquiere un mayor desarrollo. De esta manera permite al paciente con deficiencia motórica una movilidad de todo su cuerpo, de casi todas las articulaciones y utilizar músculos que en las actividades diarias apenas se movilizan, lo que favorece retardar o paliar las atrofas musculares propias de estos pacientes.

Así, la natación como deporte, es la que más veces, se recomienda y es practicada, por todas aquellas personas que padecen alguna deficiencia física.

En el caso de los tetraplégicos, parapléjicos, secuelas de poliomelitis, ciegos, epilépticos además les aporta diversión, aprendizaje y estimulación; enfermedades evolutivas o degenerativas, como por ejemplo los miópatas que pueden practicar iniciación a la natación en piscina caliente; degeneraciones espino-cerebelosas, la Osteogénesis imperfecta, donde el riesgo de padecer fracturas es menor si como deporte se practica la natación.

Las contraindicaciones propias de la natación son raras y

suelen estar:

- Relacionadas con el estado del paciente: Afección aguda, febril, hiperálgica. Afecciones del aparato locomotor demasiado evolucionadas, por ejemplo esclerosis en placa, miopatía, cáncer. Afección intercurrente que impida los esfuerzos físicos, por ejemplo la insuficiencia cardíaca no compensada, la insuficiencia respiratoria severa.

La senectud no por la edad sino, entre otras cosas, por los procesos avanzados de osteoporosis.

- Ligadas a las condiciones del ejercicio en el agua: Las afecciones cardiovasculares, no pueden soportar sin riesgo los efectos del trabajo cardíaco debido a la vasodilatación periférica, los coronarios, los hipertensos arteriales, los cardiopatas valvulares graves, etc. Las enfermedades infecciosas, pudiendo provocar una contaminación del agua. Ciertos perfiles psicológicos.

Estas contraindicaciones son algunas veces relativas. Por lo que deben ser debatidas en cada caso y según la necesidad terapéutica.

***VIII.- Lesiones.  
Tratamiento  
Fisioterápico.***

Las actividades acuáticas ofrecen al deportista que las practica la posibilidad de sufrir determinadas lesiones. En este capítulo del trabajo mencionaremos las más frecuentes, para posteriormente analizar su mecanismo de producción y al final se describirá el tratamiento fisioterápico.

## **1.- Lesiones propias de cada actividad acuática.**

### **1.1.- Natación.**

La natación es un deporte sin contacto físico por lo que las lesiones son mínimas, tanto en frecuencia como en variedad, la mayoría de ellas son por sobrecarga, y aunque requiere un gran esfuerzo, éste se hace de una manera armoniosa, coordinada y rápida. La técnica está tan bien estudiada y refinada que las posibilidades de lesión están más reducidas que si las comparamos con otros deportes que pueden ocasionar caídas, golpes...

Las lesiones más frecuentes, que se producen en este deporte, teniendo en cuenta previamente que se producen especialmente por sobrecarga, afectarán a aquellas estructuras anatómicas que más

intervienen en los movimientos que componen y caracterizan a cada uno de los deportes acuáticos; así en líneas generales en la natación la extremidad superior cobra más importancia como miembro que mayor trabajo y fuerza realiza, en particular el complejo articular del hombro ya que los movimientos que en él se producen son casi siempre en su mayor amplitud articular con lo cual los elementos miotendinosos que la constituyen se ven sometidos constantemente a un gran esfuerzo.

La articulación del codo apenas realiza movimientos bruscos con lo que es difícil que se lesione. Respecto a la extremidad inferior, aunque también es importante el trabajo que realiza, es menos frecuente su afectación articular, quizás por la menor complejidad de sus grandes articulaciones, la rodilla sí se ve afectada pero más por la técnica utilizada que por el sobreesfuerzo que debe soportar.

En cuanto a la musculatura se refiere, la de ambos miembros tiene las mismas posibilidades de sufrir las afecciones propias de ella.

Las lesiones más frecuentes, que se producen en ambas extremidades son las siguientes:

- 1.- Bursitis subacromial, dolor crónico del hombro u "hombro del nadador".
- 2.- Síndrome del "impingement".
- 3.- Pesadez de brazo.
- 4.- Rodilla del nadador de braza.
- 5.- Lesiones en la parte posterior del muslo.

## **1.2.- Waterpolo.**

En el waterpolo se dan con mayor frecuencia las lesiones porque existe contacto físico entre los jugadores, aunque son más numerosas las originadas por sobrecarga que se producen por el lanzamiento. Podemos señalar las siguientes:

- 1.- Hombro del lanzador.
- 2.- Codo del lanzador.

Incluyendo además las anteriormente citadas, como deporte que se desarrolla en el agua y el modo de desplazarse que obviamente es nadando.

## **1.3.- Saltos de trampolín.**

En el salto de trampolín pueden producirse lesiones de cuello si no se practica con la supervisión adecuada. Algunas de estas lesiones pueden ser muy graves, y ocasionar paraplejia o tetraplejia, especialmente cuando se trata de niños. La fuerza de gravedad puede ocasionar una pérdida momentánea de conocimiento, provocando una mala caída, que puede ser peligrosa. Una zambullida a gran velocidad puede provocar esguinces de muñeca, pulgares y hombros, debido a la velocidad del impacto con el agua. Los juveniles que hacen muchos saltos corren el riesgo de sufrir la enfermedad de Osgood Schlatter. La mayoría de estas lesiones son evitables con un buen entrenamiento.

## **2.- Bases anatómicas; mecanismo de producción.**

Es interesante analizar el mecanismo de producción, siguiendo

las bases anatómicas, de las afecciones, y como consecuencia hacer la prevención desde el punto de vista fisioterápico, estableciendo el tratamiento más adecuado y rápido posible.

En primer lugar nos referiremos a la **Bursitis subacromial**, nombre con el que se denomina a la compresión de la bolsa serosa subacromial. Provoca un dolor mantenido y constante en dicha región; en la exploración está presente en la movilización activa y pasiva, sobre todo al movimiento de rotación externa del hombro, aunque sea más leve a la rotación interna.

Para que haya menor incidencia de las molestias o dolores en el hombro es necesario saber realizar perfectamente la técnica. Se sabe que existe menor incidencia de las molestias o dolores en el hombro cuando los nadadores utilizan la propulsión en la que domina la fuerza ascensional que cuando emplean la dominada por la resistencia.

La causa puede radicar en el hecho en que la tensión en los tendones y los ligamentos de la articulación disminuya cuando el codo se mantiene por encima de la mano, hacia abajo y hacia adentro, en lugar de ejercer la tensión contra la tendencia a dejar que el codo caiga al empujar con las manos hacia atrás dentro del agua.

La rotación media, esto es, el intento de mantener elevado el codo mientras se empuja hacia atrás con la mano, aumenta este rozamiento (de las estructuras ligamentosas, tendinosas con el acromion), porque da lugar a que el húmero se proyecte hacia adelante, en estrecho contacto con la estructura ligamentosa de la articulación del hombro. La rotación interna es menos intensa cuando la mano se mueve hacia abajo. Por esta razón, el rozamiento entre el húmero, estructuras miotendinosas y acromion ha de ser menor. Muchos nadadores con un historial de fuertes tendinitis han experimentado poca o ninguna molestia cuando, en lugar de accionar en forma de pala de remado, lo han sustituido por movimientos de barrido.

Otra afección es el citado **síndrome del "impingement"**: Para una mejor comprensión de este término, será conveniente hacer un previo recuerdo anatómico. El tendón del supraespinoso es el miembro del manguito rotador de localización más superior. Discurre lateralmente desde su origen escapular, por encima de la cabeza humeral y por debajo de la articulación acromioclavicular, hasta insertarse en el troquíter. Y es vulnerable a la lesión por la compresión ejercida de la cabeza humeral que puede "atrapar" al tendón contra el acromion, puesto que el espacio subacromial está comprometido por el troquíter en el movimiento de elevación del brazo en rotación interna: "impingement".

Se ha demostrado en numerosos estudios realizados por Griffin, que el tendón del supraespinoso tiene una pobre vascularización, especialmente en una zona aproximadamente a 1 cm de su inserción en el troquíter. El aporte sanguíneo está además comprometido cuando el hombro se encuentra en adducción. Estas zonas isquémicas del tendón no solamente predisponen a la lesión, sino que dificultan su regeneración.

Para no provocar una lesión, el ejercicio repetitivo del hombro requiere la conveniente activación y equipación de la contracción de los grupos musculares agonistas y antagonistas, la conveniente técnica atlética, el requerimiento de la musculatura del tronco, abdomen y extremidades, y muy importante, los apropiados ejercicios fisioterápicos denominados de stretching. Flexión anterior y abducción realizados en rotación externa.

El "impingement" se produce durante la elevación del brazo en algún componente de flexión anterior y abducción, resultando la compresión del supraespinoso o, más frecuentemente, infraespinoso o porción larga del bíceps, entre el troquíter y el tercio anterior del acromion, del ligamento córaoacromial o de otras estructuras óseas

adyacentes, tales como clavícula, coracoides o articulación coracoacromial.

El síndrome del "impingement" fue clasificado por Neer, en tres fases:

Fase 1. Consiste en edema y hemorragia del manguito rotador.

Fase 2. Hiperhemia reactiva y engrosamiento de la bolsa subacromial y manguito rotador.

Fase 3. Degeneración del manguito con posible presencia de desgarros en el tendón y alteraciones óseas en el acromion.

El "impingement" puede originarse por un desequilibrio muscular por un excesivo desarrollo o mayor fatiga de un determinado músculo de los encargados de la elevación del hombro. La inestabilidad multidireccional glenohumeral debido a una lesión preexistente o a laxitud de los tejidos. Desgarros en la cápsula pueden provocar una subluxación anterior de la cabeza humeral, comprometiendo el espacio subacromial y acabando provocando en el síndrome de impingement.

Otra lesión que cabe destacar es la denominada "**Rodilla dolorosa**" o rodilla del nadador de braza; Los nadadores y preparadores de braza de pecho conocen el serio problema de las rodillas dolorosas o sensitivas. Generalmente reconocen como causa una inflamación crónica de los ligamentos colaterales medios y del menisco medio.

La articulación de la rodilla, permite escasa rotación de la pierna hacia afuera, los ligamentos colaterales medios pueden sufrir un tirón y el menisco medio, que se fija a estos ligamentos, puede lesionarse

La posición en la que con mayor frecuencia estos tejidos se

lesionan es en el barrido hacia afuera del impulso con los pies en el estilo de braza. Algunos bracistas reducen este efecto de tracción o extensión empujando sus pies hacia atrás, así como hacia afuera, durante el barrido hacia afuera, lo cual fatiga menos los ligamentos y el menisco. Aunque este barrido es menos propulsor que el dirigido más hacia afuera.

Es posible, no obstante, evitar la rodilla dolorosa y usar un barrido hacia afuera con predominio de la fuerza ascensional, reciclando las piernas dentro del espacio delimitado por las rodillas. De esta forma, los pies pueden dirigirse hacia afuera en una distancia mayor, durante dicho barrido antes de que pasen por fuera de las rodillas donde la rotación externa originaría fatiga en los ligamentos colaterales medios y del menisco medio. Ésto generaría más fuerza propulsiva durante el barrido en la dirección mencionada y reduciría, al mismo tiempo, el movimiento de las piernas hacia atrás.

**Las lesiones en la parte posterior del muslo** son menos frecuentes en la natación que en otros deportes, sin embargo puesto que en los distintos estilos de natación el movimiento de flexión del muslo sobre la cadera se está realizando constantemente pueden ocasionarse dichas lesiones, como son contracturas, calambres, distensiones, roturas musculares...

El grado de flexión del muslo no sólo depende de la fuerza de contracción de los flexores de la cadera, sino también de forma notable, de la posición de la rodilla y de la distensión de los músculos isquiocrurales que ésta comporta.

En la flexión de la extremidad inferior en posición estirada, estos músculos sufren una fuerte resistencia de distensión; esto permite una extensión notablemente menor que si la pierna está flexionada.

Puede atribuirse un mayor número de lesiones traumáticas por el hecho de que este grupo muscular sufre un estiramiento anormal debido a la brusca flexión del muslo al extenderse la pierna, esto es, en los movimientos de batido muy fuertes.

En la mayoría de los casos las causas se deben a un calentamiento previo insuficiente, fatiga muscular, etc.

Otra lesión de interés es el **Hombro del lanzador**, que se presenta con cierta frecuencia en el waterpolo como deporte de lanzamiento. Para entender dicha afección del hombro es preciso conocer la biomecánica del lanzamiento, así para empezar diremos que el lanzamiento consta de unas fases; una primera que es de **impulso** donde el brazo se lleva a la extensión, abducción y rotación externa máxima. En este momento todas las estructuras anteriores del hombro están en estiramiento: Las fibras anteriores del Deltoides, Pectoral mayor, parte anterior del manguito rotador y de la cápsula. Existe un compromiso del tendón largo del Bíceps que queda presionado firmemente sobre el troquin; se puede producir la sobrecarga del tendón e incluso pequeños desgarros de sus fibras.

En la **fase de descenso** hay una inversión de las acciones y estos músculos que están en su longitud máxima van a realizar una contracción fuerte y repentina.

En la **fase de aceleración** el hombro actúa como un mango de látigo, lanzando el brazo y la mano hacia delante. Hay una fuerte contracción de las fibras anteriores del Trapecio y el Bíceps. El brazo pasa de una rotación externa a una rotación interna, gracias al Subescapular, el Redondo mayor y el Dorsal ancho.

En la **fase final** el brazo se desacelera por la acción de los músculos Supraespinoso, Infraespinoso y Redondo menor, que deben

fijar la cabeza humeral dentro de la cavidad glenoidea e impedir la subluxación o luxación.

La lesión de estos músculos puede ser por sobredistensión, por la acción de freno, o bien por la contracción brusca y rápida. Pero no sólo se producen lesiones musculares, también en el manguito estableciéndose tendinitis crónicas. Igualmente el giro de la cabeza humeral puede irritar la bolsa subdeltoidea y paulatinamente disminuir su acción de deslizamiento, creándose una bursitis subdeltoidea crónica.

La inestabilidad anterior del hombro es la patología más frecuente. En aquellos deportes que requieren la posición de armado del hombro (brazo en abducción, rotación externa y retropulsión), la cabeza humeral se descentra hacia un punto capsular ántero-inferior más débil, donde la estabilidad pasiva está a cargo de los ligamentos gleno-humerales y la activa, por el músculo subescapular que actúa a modo de barrera por delante de la articulación, limitando el riesgo de una subluxación o luxación anterior. Aunque es un proceso de inestabilidad irreversible puede aparecer también en un movimiento forzado.

Para finalizar nos queda hablar de otra lesión, el **Codo del lanzador**. Con este nombre se engloba a dos afecciones que el codo sufre por el lanzamiento del balón en el waterpolo. Se corresponde con dos procesos inflamatorios, la epitrocleitis y olecranitis o tendinitis tricipital; esta última se presenta por realizar frecuentes extensiones de codo, por irritación de la inserción distal de dicho tendón en el olécranon, y posterior inflamación; en ocasiones puede afectarse la bolsa serosa originándose la denominada bursitis olecraniana. La epitrocleitis o epicondilitis medial es una inflamación de la inserción tendinosa de los músculos flexores de muñeca y dedos a nivel de la epitróclea, los músculos implicados son de proximal a distal: Pronador redondo, Palmar mayor, Flexor común superficial de los dedos y Cubital

anterior. Esta afección se produce por la realización brusca de la flexión de la muñeca y pronación del antebrazo que se requiere en los lanzamientos de la pelota en el waterpolo.

### **3.- Tratamiento fisioterápico de las afecciones.**

Lo más importante ante estas lesiones es sobre todo la prevención; Sin embargo, una vez producidas, se debe practicar un tratamiento específico de las mismas, médico y fisioterápico principalmente y si las circunstancias lo requiriesen tratamiento quirúrgico.

El tratamiento médico se basa en la administración de analgésicos, antiinflamatorios...

El tratamiento fisioterápico, será específico en cada lesión y en cada fase de evolución de la misma. Así podemos indicar en líneas generales lo que normalmente se lleva a cabo:

En la **fase aguda** cuando el dolor está más acentuado, la inflamación está presente... El tratamiento debe ser más delicado, realizado con suavidad y sobre todo lo más precoz posible. Deberán seguirse, según las posibilidades, las siguientes pautas, dependiendo de cada lesión en concreto:

- Reposo deportivo: Por lo general es preferible guardar un reposo relativo, con modificación de la actividad motriz, en lugar de absoluto (salvo en fractura por sobrecarga o en sinovitis). En ocasiones es necesaria la inmovilización.

- Crioterapia: Lo más indicado suele ser la aplicación de hielo directo durante un tiempo de 25-30 minutos, por espacio de cuarenta y

ocho horas.

- Electroterapia antálgica utilizando con mayor frecuencia por su eficacia los ultrasonidos pulsados y el láser, cuyas frecuencias e intensidades se adecuarán según la lesión y la naturaleza de la misma.

- Termoterapia con fines analgésicos, también para calentar las estructuras viscoelásticas de los tejidos antes y durante los ejercicios de estiramiento y movilización de la articulación afecta o más próxima a la lesión. Normalmente se usan los infrarrojos.

- Masoterapia: Masaje en la musculatura periarticular (en caso de lesión de articulación) o zona adyacente, que suele encontrarse contracturada.

- Movilización pasiva no dolorosa: Ésta debe ser precoz puesto que el mantenimiento y la restauración de la movilidad es esencial en la prevención y recuperación de las lesiones.

En la fase siguiente, **fase subaguda**, cuando ha desaparecido la inflamación y queda dolor residual. Los puntos a seguir en el tratamiento son:

- Masaje de descarga de la musculatura periarticular, y dependiendo de la lesión se hará también masaje transversal profundo (Cyriax).

- Electroterapia: Con fines analgésicos, relajantes, donde utilizaremos los ultrasonidos pulsados normalmente, onda corta, microondas... ajustando la dosis y los distintos parámetros físicos de acuerdo a la necesidad.

- Ejercicios isométricos para conseguir potenciar la

musculatura debilitada, realizando a su vez estiramientos o acortamientos en arco no doloroso.

- Ejercicios de propiocepción: Facilitación neuromuscular propioceptiva, dando reequilibrio a la articulación o zona dañada.

- Modificaciones del esquema motor. Modificaciones importantes:

Movimientos relacionados con la actividad deportiva.

Técnica deportiva, estilo.

Vestimenta, que pueda favorecer la producción de lesiones aunque en natación es raro que esto suceda.

Programa de entrenamiento; frecuencia, intensidad, ritmo de reanudación (sobre todo tras una interrupción temporal).

Ante todo lo más importante es la **prevención** de las lesiones, así cada deportista debe tener en cuenta que:

- Tendrá que realizar un calentamiento adecuado.  
- Siempre hará estiramientos (autoestiramientos o ayudados) antes y después de la realización de la actividad.

- Correcta ejecución del gesto técnico; y por supuesto

- Trabajo muscular específico, de los músculos más utilizados en la práctica deportiva.

Si con la terapia aplicada no se ha obtenido una evolución positiva será necesario recurrir a la cirugía, utilizando la técnica quirúrgica más indicada para cada caso.

## ***IX.- Conclusiones.***

**Después de realizar un estudio bibliográfico completo y de evaluar los datos previos existentes sobre la natación en los aspectos referentes a sus bases anatómicas y fisioterápicas, hemos llegado a las siguientes conclusiones:**

- 1ª.- El nadador, en sus distintas especialidades incluyendo el salto, es un modelo biomecánico perfecto que alcanza un desarrollo ponderado y uniforme de su organismo, ya que en este tipo de actividad deportiva, participa la práctica totalidad del aparato locomotor por igual.**
- 2ª.- La natación, el waterpolo y los saltos presentan movimientos coordinados o "gestos" característicos de cada especialidad. Los mismos suponen el funcionamiento coordinado de diferentes articulaciones y sistemas neuromusculares localizados por toda la economía, aunque fundamentalmente en la extremidad superior.**
- 3ª.- Dentro de los deportes acuáticos, la natación se mues-**

**tra como uno de los más adecuados para facilitar la recuperación funcional de la mayoría de los sistemas neuromusculares cuando los mismos estén lesionados. Ello es debido a las particulares características físicas que reúne el agua. Por ello, la hidroterapia, en todos sus aspectos, ha de ser tenida en cuenta siempre por el fisioterapeuta como un medio de particular interés terapéutico.**

**4ª.- La mayoría de las patologías relacionadas con los deportes acuáticos tienen una base anatómica evidente que las justifica. Particular mención merecen, por su mecanismo de producción, el síndrome del impingement y la rodilla dolorosa.**

## ***X.- Bibliografía.***

El texto del presente Trabajo de Grado ha sido elaborado basado en las referencias bibliográficas que se detallan en este capítulo.

**AGUR AMR (1994).** Grant. Atlas de anatomía humana. Ediciones Panamericana.

**AMAT P (1990).** Anatomía Humana de Escolar. Funcional y Aplicativa. Ediciones Espaxs.

**BARBANY JR (1990).** Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento. Editorial Barcanova temas universitarios.

**BONNEL F, CHEVREL JP, OUTREGUIN G (1991).** Anatomie clinique. Les membres. Ediciones Springer-Verlag.

**BOUCHET A, CUILLERET J (1994).** Anatomía Descriptiva, Topográfica y Funcional. Ediciones Panamericana.

**CAHILL DR, ORLAND MJ (1985).** Atlas de anatomía tomográfica. Ediciones Ancora.

**CAHILL DR, ORLAND MJ, READING CC (1990).** Atlas of human cross

sectional anatomy. Ediciones Wiley-Liss.

**CHATAIN I, BUSTAMANTE J (1986).** Anatomía macroscópica, funcional y clínica. Ediciones Addison-Wesley.

**CHEVREL JP (1991).** Anatomie Clinique. Ediciones Springer-Verlag.

**COSTILL DL, MAGLISCHO EW, RICHARDSON AB (1994).** Natación. Aspectos biológicos y mecánicos. Técnica y entrenamiento. Tests, controles y aspectos médicos. Editorial Hispano Europea, S.A. Barcelona.

**COUNSILMAN JE (1990).** La Natación (ciencia y técnica para la preparación de campeones). 6º Edición. Editorial Hispano Europea, S.A. Barcelona.

**DENA GARDINER M (1980).** Manual de ejercicios de rehabilitación. 3º edición. Editorial Jims. Barcelona.

**DOYON D, MONNIER JP (1981).** Cuadernos de radiología. Ediciones Toray-Masson.

**EINSINGBACH T, KÜMLER A, BIEDERMANN L (1994).** Fisioterapia y rehabilitación en el deporte. 2º edición. Editorial Escriba.

**ELETA F, VELAN O (1984).** Diagnóstico por imágenes. Ediciones Jims.

**FRICK N, KUMMER B, PUTZ R (1990).** Wolf-Heidegger's Atlas of human Anatomy. Ediciones Karger.

**GONZALEZ ITURRI JJ (1988).** Manual de medicina del deporte. Editorial Pzifer España.

- GONZALEZ ITURRI JJ (1991).** Rehabilitación y deporte. 1º edición. Editorial Archivos de Medicina del Deporte.
- GIMENEZ RM y COLS (1994).** Revista de la Asociación española de fisioterapeutas. Volumen 16. Número 3. Julio-Septiembre.
- GONZALEZ MAS, R (1976).** Tratado de Rehabilitación médica. 3º edición. Editorial científico-médica. Barcelona.
- GRAN ENCICLOPEDIA DE LOS DEPORTES (1984).** Tomo 4. Editorial Cultural, S.A. Madrid.
- GRAN ENCICLOPEDIA DE LOS DEPORTES OLIMPICOS (1989).** Volumen 4. Ediciones del Drac, S.A. Barcelona.
- GRIFFIN JE, KARSELIS TC (1982).** Physical agents for physical therapits. Charles C Thomas, Springfield, Illinois.
- GUYOT J (1982).** Atlas de articulaciones de las extremidades del cuerpo humano. Ediciones Ancora.
- HAMONET CL (1990).** Rehabilitación. 2º edición. Editorial Masson, S.A. Barcelona.
- HAN MC, KIM CW (1990).** Cortes anatómicos correlacionados con RM y TC. Ediciones Doyma.
- HUGUET J (1989).** Deporte 92. Natación. Volumen 6. Editorial 92, S.A.
- KAMINA P, SANTINI JJ (1989).** Anatomie. Introduction a la clinique. Ediciones Maloine.
- KAPANDJI IA (1994).** Cuadernos de Fisiología Articular. Ediciones Masson.

- KENESI C, LESUR E (1985).** Orientation of the articular processes at L4, L5 and S1. Possible role in pathology of the intervertebral disc. *Anat. Clin.*, 7: 43-48.
- KOOTKE FJ (1993).** Krusen. *Medicina Física y Rehabilitación*. 4ª edición. Editorial médica panamericana. Madrid.
- LATARJET M, RUIZ LIARD A (1989).** *Anatomía Humana*. Ediciones Panamericana.
- LAYOUS A, GENEST M (1988).** *Hydrokinésitérapie*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. Editorial S.G.I.M. Paris (France).
- LLORET M, ZARRALANGA A (1990).** Técnica, táctica, niveles de aprendizaje. Editorial Hispano Europea, S.A. Barcelona.
- LOPEZ-DURAN STERN L (1987).** *Pregrado Quirúrgico*. Patología Quirúrgica. Editorial Luzan, S.A. Madrid.
- LUMBLEY JSP (1992).** *Anatomía de superficie*. Ediciones Churchill Livingstone.
- MAGLISCHO EW (1986).** *Nadar más rápido*. Editorial Hispano Europea, S.A. Barcelona.
- MackINAN PCB, MORRIS JF (1994).** Oxford. *Anatomía funcional*. Ediciones Panamericana.
- McGRATH P, MILLS P (1984).** *AtlAs of sectional anatomy*. Ediciones Karger.
- McMINN RMH, HUTCHINGS RT (1988).** *A colour atlas of Human*

Anatomy. Ediciones Wolfe Medical Publications.

**MENENDEZ R (1971).** Gran Enciclopedia del Mundo. Editorial Marín, S.A. Bilbao.

**MOLLER TB (1990).** Características radiológicas normales. Ediciones Doyma.

**MOLLER TB, REIF E (1993).** MRI Atlas of the musculoskeletal system. Ediciones Blackwell Scientific.

**MONOD C, DUHAMEL B (1982).** Schémas d'anatomie. Ediciones Vigot.

**MOORE KL (1994).** Anatomía con orientación clínica. Ediciones Panamericana.

**NEER CS (1972).** Anterior acromioplasty of the chronic impingement syndrome in the shoulder. J. Bone Joint Surg.

**NETTER FH (1992).** Colección Ciba de ilustración médicas. Ediciones Salvat.

**O'RAHILLY R, MÜLLER F (1989).** Anatomía de Gardner. Ediciones Interamericana & McGraw-Hill.

**ORTEGA JM, POLOMA (1994).** Revista de la Asociación española de fisioterapeutas. Volumen 16 (1).

**PASTRANA R (1988).** Lesiones deportivas y Rehabilitación. Volumen 1. Editorial Ferjisa. Madrid.

**PEREZ-CASAS A, BENGOCHEA ME (1978).** Anatomía Funcional del Aparato Locomotor. Ediciones Paz Montalvo.

- PIERA JB, PAILLER D (1988).** Les handicapés physiques et le sport. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2<sup>o</sup> Edición. Editorial S.G.I.M. Paris (France).
- PIVETEAU J (1973).** De los primeros vertebrados al hombre. Ediciones Labor.
- PUTZ R, PABST R (1994).** Sobotta. Atlas de anatomía humana. Ediciones Panamericana.
- RATHBURN JB, MACNAB I (1970).** The microvascular pattern of the rotator cuff. *J. Bone Joint Surg.*
- REITH E, BREIDENCBACH B, LORENC M (1982).** Texto básico de anatomía y fisiología para enfermería. Ediciones Doyma.
- ROGERS AW (1992).** Textbook of Anatomy. Ediciones Churchill Livingstone.
- ROHEN JW, YOKOCHI C (1989).** Atlas fotográfico de Anatomía Humana. Ediciones Doyma.
- ROMANES GJ (1987).** Cunningham. Tratado de Anatomía. Ediciones Interamericana & McGraw-Hill.
- ROMER AS (1973).** Anatomía Comparada. Vertebrados. Ediciones Interamericana.
- ROUVIERE H, DELMAS H (1987).** Anatomía Humana. Descriptiva, Topográfica y Funcional. Ediciones Masson.
- RUBERTI RF (1981).** Fisiopatología de las neuropatías traumáticas agudas y crónicas. "Conferencia Internacional sobre

neuropatías periféricas". Editorial Excerpta médica.

**RUSK HA (1958)**. "Medicina de rehabilitación". 1º edición. Editorial Interamericana.

**SANTOS L (1983)**. Lecciones de Anatomía Humana básica. Ediciones Universidad de Salamanca.

**SANTOS L (1989)**. Síntesis de Anatomía Humana. Ediciones Universidad de Salamanca.

**SARRAT R, GOMEZ PEREDA R (1980)**. Atlas de Anatomía Radiológica. Ediciones Eunibar.

**SCHMITT P (1995)**. Nadar del descubrimiento al alto nivel. Editorial Hispano Europea, S.A.

**SCHOENBERG BS (1981)**. Epidemiología de las neuropatías periféricas. Conferencia Internacional sobre neuropatías periféricas. Editorial Excerpta médica.

**SMITH-AGREDA JM, RODRIGUEZ GARCIA S, FERNANDEZ-ORTEGA I (1984)**. Atlas de los Sistemas Neuromusculares. Ediciones Universidad de Málaga.

**TESTUT L, LATARJET A (1985)**. Tratado de Anatomía Humana. Ediciones Salvat.

**TRUEBA JL (1981)**. Problemas diagnósticos, evolutivos y pronósticos de las neuropatías traumáticas localizadas agudas. Conferencia Internacional sobre neuropatías periféricas. Editorial Excerpta médica.

- TUREK SL (1982).** Ortopedia. Principios y aplicaciones. Editorial Salvat.
- VON HAGEN G, ROMRELL LJ, ROSS MH, TIEDEMAN K (1992).** Atlas seccional del cuerpo humano.
- WILLIAMS PL, WARWICK R (1986).** Anatomía de Gray. Ediciones Salvat.
- WEIR J, ABRAHAMS P (1990).** Atlas de anatomía radiológica. Ediciones Doyma.
- WEINECK J (1988).** Entrenamiento óptimo Editorial Hispano Europea, S.A. Barcelona.
- WILSON DB, WILSON WJ (1983).** Human Anatomy. Ediciones Oxford University Press.
- WOLF JK (1981).** Neurología clínica práctica. Editorial JIMS.
- YOKOCHI CH, ROHEN JW, WEINREB EI (1991).** Atlas fotográfico de anatomía del cuerpo humano. Ediciones interamericana.