

ficar **saltos de temperatura entre la superficie**, en general, más caliente, **y los estratos en profundidad**, que a veces superan incluso los **10 °C**, sobre todo, en los lagos, que son más pequeños y menos profundos. Por lo tanto, cuando nos sumergimos hay que tener en cuenta que **la diferencia entre la temperatura en superficie y en profundidad es notable. La vestimenta** debe ser **adecuada** a las condiciones que encontraremos en el fondo y no en superficie. **En las aguas tropicales**, en cambio, la diferencia de temperatura en general es insignificante.

### La salinidad

La salinidad del mar tiene un valor medio que se mueve en torno al 35‰, lo que significa que la masa total de sustancia sólida contenida en 1.000 g de agua (cerca de 1 l) tiene un valor medio de unos 35 g. En realidad, existen variaciones que en ciertos casos alcanzan valores relevantes, tanto en superficie como en el fondo. En los océanos, los valores de salinidad más altos se encuentran en las zonas tropicales, donde alcanzan el 37‰. En el **ecuador**, donde las precipitaciones son elevadas y la nubosidad atenúa la acción de las radiaciones solares, **la salinidad del agua, en general, es inferior. En las latitudes altas y hacia los polos**, la cantidad de sal desciende hasta registrar valores en torno al 33-34‰. En estas zonas, la evaporación es menos intensa y el aporte de agua dulce, que se origina cuando se funden los hielos, es notable. Pero todo lo dicho sobre la distribución de la salinidad cambia si se trata de los mares o de la porción de océano encerrada por un continente; aquí, la cuantía de sal en agua denota variaciones. Así, en la Manga, la salinidad es del 35‰; en la costa danesa del Mar del Norte se rebaja al 32‰, y en el golfo de Finlandia, tierra de mil ríos, se llega al 3-4‰, dada la importante afluencia de agua dulce. La reducción de la salinidad en esta agua eleva el punto de congelación, por lo que, contrariamente al agua marina, que se congela en torno a los  $-2^{\circ}\text{C}$ , en estas condiciones, las aguas se congelan a  $0^{\circ}\text{C}$ , ocasionando problemas para la navegación. Pasando al Mar Rojo, encorsetado entre tierras desérticas, su concentración salina está entre las más altas de los mares abiertos, y el valor varía del 41 al 43‰, con una temperatura media del agua de  $24^{\circ}\text{C}$  contra los  $13-14^{\circ}\text{C}$  de los océanos. En el Mediterráneo, la salinidad media pasa al 36‰, aunque los valores varían mucho según las zonas, y van del 18‰ en el Mar Negro, debido al abundante aporte de agua dulce de los ríos rusos, hasta el 40‰ de concentración salina del Mar de Levante, donde la costa africana es desértica.

La **salinidad y la temperatura definen la densidad del agua**, de la que, en definitiva, depende el empuje de flotación (véase el principio de Arquímedes descrito en el Capítulo 2), que determina la flotabilidad del apneísta. Todo buen submarinista y amante del mar debe conocer todo esto para **escoger el lastre adecuado**, que en el Mediterráneo será evidentemente distinto al del Mar Rojo. La alta concentración salina en este último requiere un aumento adicional de peso a paridad de equipamiento, para compensar la mayor densidad y, por tanto, el mayor empuje de flotación.

*La realización de este manual ha sido posible gracias al proyecto original de crear una escuela de formación y de investigación de apnea subacuática, llamada Apnea Academy, a la que han contribuido: Renzo Mazzari, Marco Mardollo, Prof. Luigi Magno (Médico hiperbárico), Prof. Luigi Odone (Psicólogo), Dr. Nicola Sponsiello (Dietólogo), Dr. Angelo Azzinari.*

*Además de las personas citadas, fundadores de Apnea Academy, este libro ha sido realizado gracias a la colaboración de: Dr. Carlo Besnati, Dr. Stefano Correale (Médico ORL), Dr. P. De Ferrari, Prof. Mauro Ficini (Médico hiperbárico), Dr. Lorenzo Manfredini (Psicoterapeuta), Dr. Pierpaolo Martini, Sandro Sola, Francesca Strologo (Logopeda), Dr. A. Tedeschi, Paola Traldi, Ing. Davide Zanatta.*

*Un especial agradecimiento a todos los Instructores de Apnea Academy que, con el trabajo desarrollado durante los cursos, nos han permitido recoger y sintetizar parte de la experiencia expuesta en estas páginas.*

*Una particular mención al Dr. Umberto Berrettini por el asesoramiento médico-científico.*

## AGRADECIMIENTOS DE LA EDICIÓN EN CASTELLANO

*A Aurora Santana Arocena (Bióloga) y, en una mención especial, a Elena Bordón Iglesias, cuyas sugerencias sobre el léxico resultaron de un valor inexpressable.*

*A Javier Sánchez-Pinto y Brabyn (obstetricia y ginecología), Ibrahim Trujillo Bencomo (odontología), Rosa Bordón Iglesias (medicina general), Manuel González Beltrán, Cristina Fragoso Roig, Orlando Mixsub y Walter Herzog por las puntualizaciones hechas en torno al vocabulario.*

*A Andrés Payo García (Ciencias del mar) que, aún de viaje por la Macronesia, alcanzó en el último momento a disipar algunas de nuestras dudas.*

*A los canarios Paco González Castro, Nicolás Sosa García y Fernando Febles Armas, apasionados apneístas, plusmarquistas nacionales y miembros del equipo español en varias ediciones de los campeonatos mundiales, instructores o simpatizantes de Apnea Academy.*

*A los apneístas de Santa Teresa por su pasión y amor a la naturaleza.*

**Objetivo 1:** disminuir el intervalo de recuperación a igual profundidad, respetando al menos un tiempo triple respecto al de inmersión.

**Objetivo 2:** incrementar paulatinamente la cota a paridad de tiempo de descanso.

Las tablas C y D pueden ejecutarse insertando una breve pausa en el fondo, con el fin de aumentar la carga de trabajo. Cuando se efectúen pausas en el fondo no olviden que queda por realizar el esfuerzo mayor: el ascenso con las aletas. Por tanto, limitar siempre el tiempo de permanencia en la cota máxima y partir de intervalos brevísimos para aumentarlos poco a poco.

Tabla E

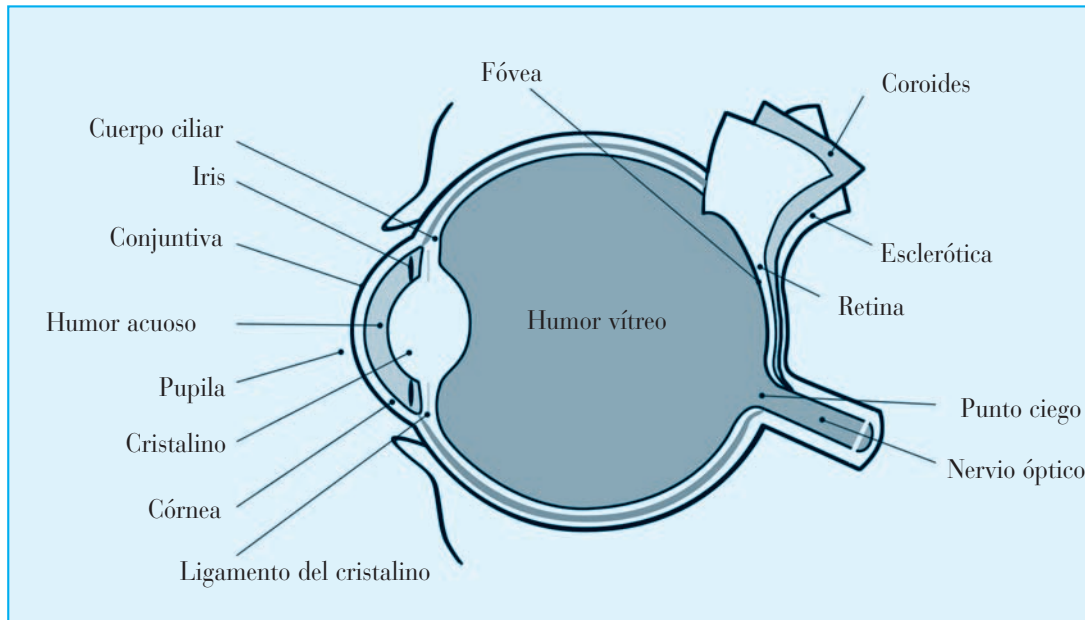
VARIABLES DE LAS CARGAS DE TRABAJO DE LA TABLA C + VARIABLES DE LAS CARGAS DE TRABAJO DE LA TABLA D  
(al aumento de la profundidad corresponde una disminución del tiempo de reposo)

Ejemplo:	16 m	→	4 min	RECUPERACIÓN
	18 m	→	3 min 50 s	RECUPERACIÓN
	20 m	→	3 min 40 s	RECUPERACIÓN
	22 m	→	3 min 30 s	RECUPERACIÓN
	24 m	→	3 min 20 s	RECUPERACIÓN
	26 m	→	3 min 10 s	RECUPERACIÓN
	28 m	→	3 min	RECUPERACIÓN
	30 m	→		FIN

### 11.3 PROGRAMACIÓN ANUAL

Con frecuencia el problema es organizar los tipos de entrenamiento, cómo combinar las especialidades, con qué intensidad practicarlas. Trabajar es fundamental para estar en forma en el período que nos interesa: se debe evitar entrar a destiempo. Nadie mejor que nosotros puede darse cuenta, si estamos progresando o empeorando. Olvidemos las grandes actuaciones, los tiempos increíbles y las profundidades abisales durante el invierno. En esta estación y en primavera tendremos que cumplir con los trabajos de carga intensa, que disminuirán con la llegada de la estación cálida, período en el que prevalecerá el ejercicio en el agua.

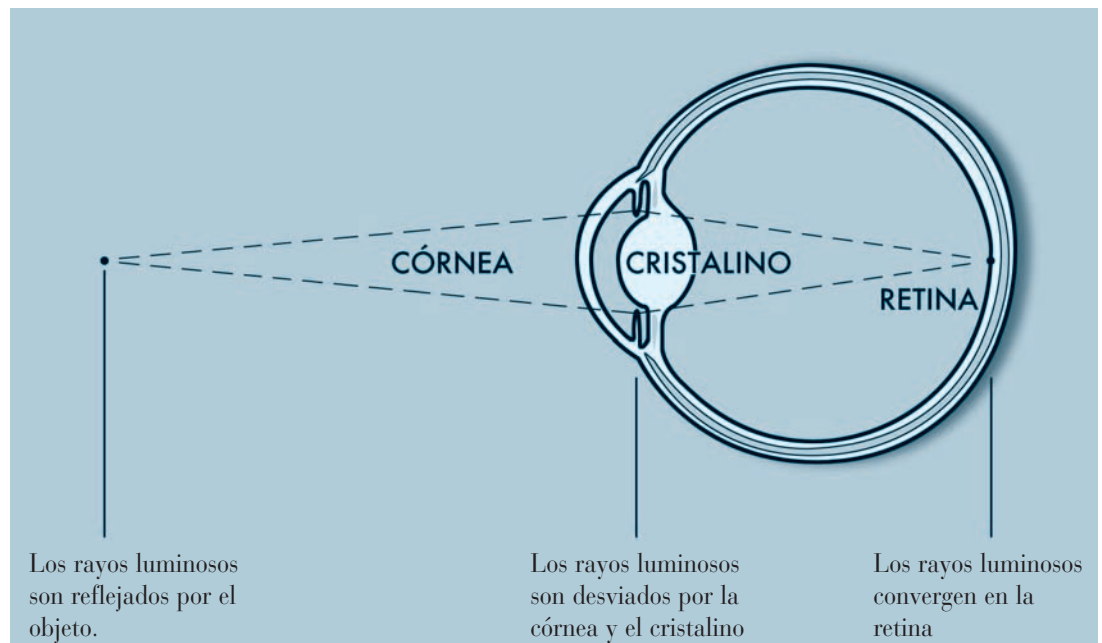
El esquema que sigue ejemplifica cómo trabajar durante el año con el objetivo de encontrarnos en forma para la inmersión profunda en el período estival. Cambiando objetivos, cambiamos el tipo de preparación. Es posible incluir en una misma jornada más de una disciplina. Aconsejamos pasar cada año al menos dos meses sin practicar apnea; es importante para la recuperación del organismo después de una temporada intensa, ya que se podrán restablecer los valores normales de la sangre, fisiológicos y funcionales, pero, sobre todo, se dará reposo a los tímpanos.



cas físicas bien diversas de las del agua; sin una máscara, la visión subacuática se hace confusa y distinta. Además, el índice de refracción de un líquido y de una mezcla de gases varía notablemente, razón por la cual los rayos de luz sufren modificaciones que aprecia el ojo.

El ojo es el órgano sensible a las sensaciones luminosas. Es responsable del sentido de la vista, uno de los canales a través del cual nos relacionamos con el mundo. Está

El ojo



- **período:** cambia con la variación de la velocidad y de la amplitud; generalmente oscila entre 0,5 y 2,5 s.
- **frecuencia:** el número de aleteadas efectuadas en un segundo; coincide con el inverso del período de aleteo.
- **velocidad media:** la velocidad media del cuerpo en la dirección del movimiento.

Veamos ahora el comportamiento biomecánico de las extremidades y de las articulaciones, citando los principales músculos que intervienen. **Los ángulos máximos y mínimos obtenidos experimentalmente entran en los límites fisiológicos articulares.**

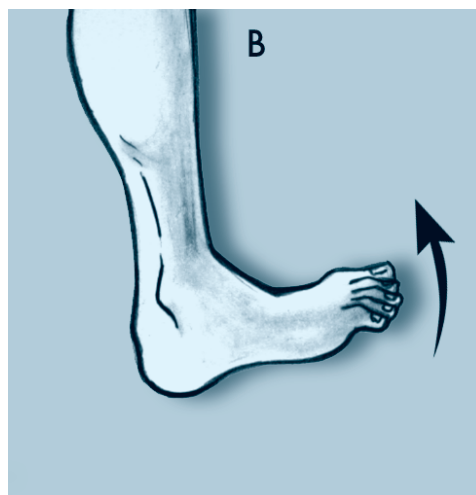
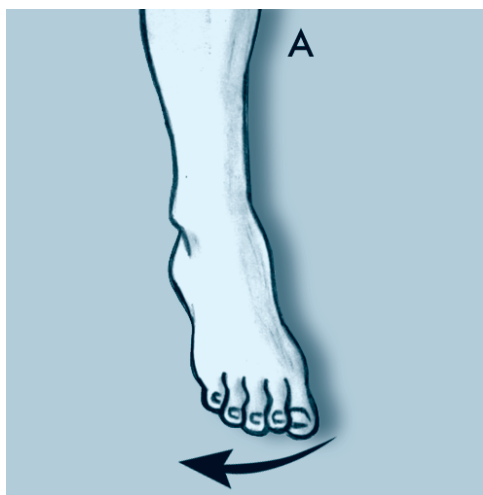
### Comportamiento del pie y del tobillo

#### En la fase de ida:

- tenemos la flexión plantar y la máxima rotación anatómica de  $57^\circ$  experimentales.
- los principales músculos que intervienen son el tríceps sural, tibial posterior, peroneo largo y corto, flexor largo del dedo gordo, flexor largo de los dedos.

#### En la fase de vuelta:

- tenemos la flexión dorsal del pie con una rotación mínima de  $10,5^\circ$  experimentales.
- los principales músculos que intervienen son el tibial anterior, extensor largo del dedo gordo, extensor largo de los dedos, peroneo anterior.



A. Flexión plantar del pie.

B. Flexión dorsal del pie.

Conocer estos ángulos de las articulaciones permite programar junto con el entrenador los ángulos de las máquinas del gimnasio elegidas para potenciar la musculatura.

#### En la fase de ida:

- tenemos la extensión de la pierna y alcanzamos la máxima rotación anatómica de  $-5,8^\circ$  experimentales.
- el principal músculo que interviene es el cuádriceps.

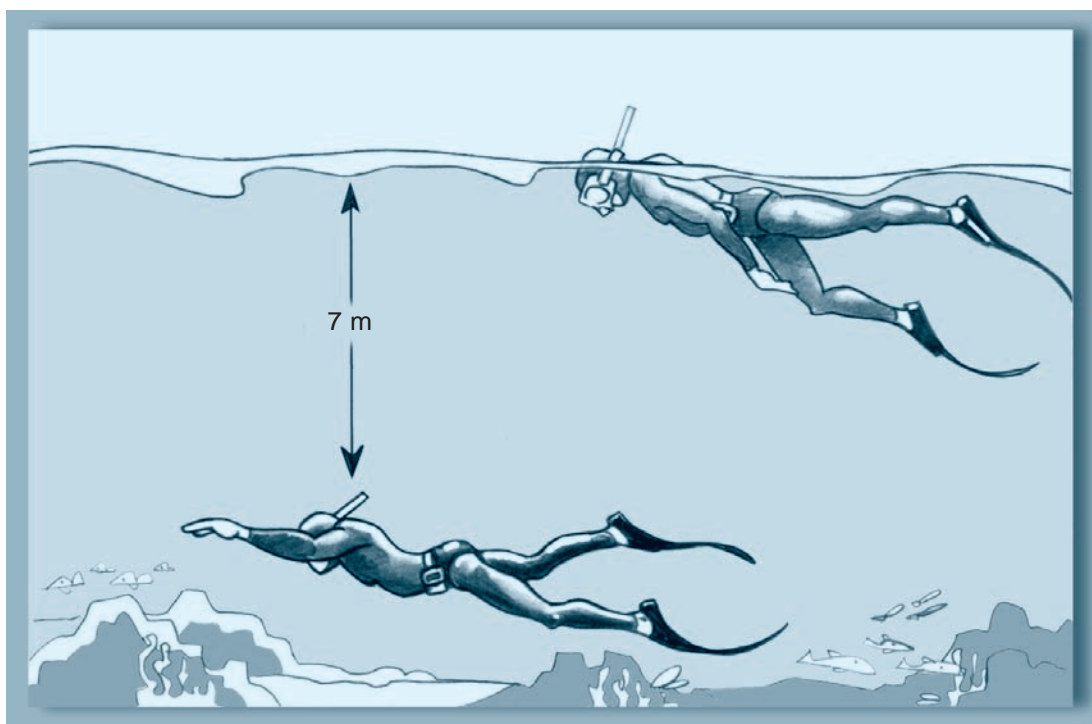
### Comportamiento de la pierna y la rodilla

## Apnea dinámica en profundidad

Técnicamente, el ejercicio no constituye una dificultad, salvo por el hecho de concatenar varias acciones bien precisas que necesitan una buena ejecución, demostrativa de la capacidad del apneísta para mantener el control de la situación y eventualmente, el estilo, indicador de su capacidad acuática. Se trata de efectuar un recorrido sumergido en apnea aleteando a profundidad constante, por ejemplo, -7m.

### Ejecución

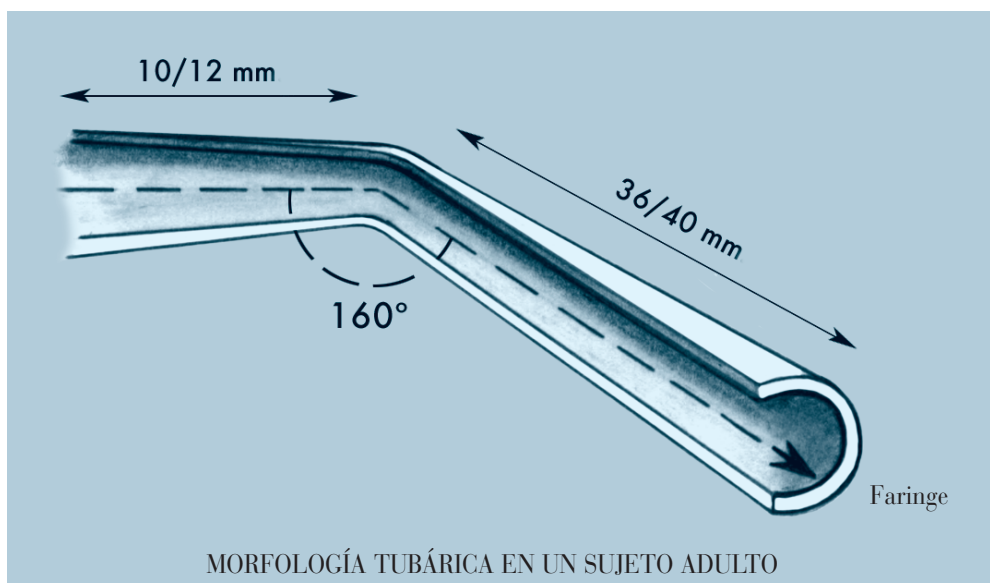
- Sumergirse con un golpe de riñón.
- Alcanzada la profundidad elegida, empezar a aletear con un ritmo adecuado a las condiciones, sin tocar el fondo.
- Por seguridad, después del golpe de riñón y hasta el final de la inmersión, hay que quitarse el tubo de la boca.



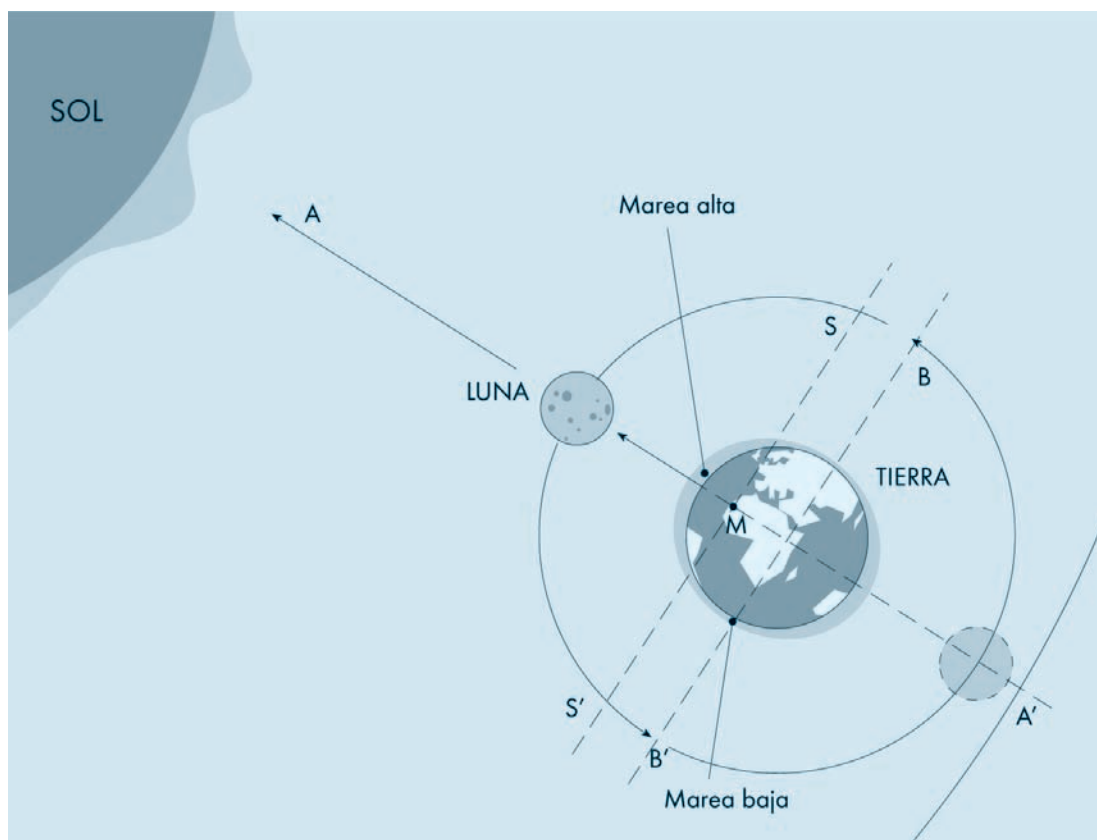
Con tiempo y entrenamiento se podrá aumentar la dificultad del recorrido, la longitud, la duración de la inmersión y la profundidad para crear estímulos que mejoren nuestras prestaciones.

La **trompa de Eustaquio** es un canal osteocartilaginoso que comunica la caja del tímpano con la pared lateral de la nasofaringe. Tiene un desarrollo en dirección oblicua hacia el interior, para abajo y hacia delante. En el adulto tiene un tamaño entre 36 y 40 mm, 10-12 de los cuales constituyen el tramo óseo superior y los restantes representan la porción cartilaginosa inferior. La **trompa ósea** está formada por una expansión del hueso timpánico; situada bajo la base del cráneo, corre a lo largo del espesor de la pirámide del hueso temporal y tiene una función pasiva en la mecánica tubárica. La **trompa cartilaginosa** continúa la porción ósea, presenta una andadura arqueada y se alarga progresivamente hacia la nasofaringe. Su característica elasticidad está determinada por la lámina fibroelástica que forma el suelo y la pared externa de la trompa entera, y por sus propias láminas, la **lámina lateral** en la parte alta y la **lámina mediana** en la parte baja. Esta última presenta incisiones longitudinales que aíslan las placas de cartílago aumentando la elasticidad. El **orificio tubárico**, también conocido como pabellón tubárico, está situado en la pared lateral de la nasofaringe y contiene la amígdala tubárica, que pertenece a las estructuras linfáticas del anillo de Waldeyer.

Las porciones de las trompas aparecen como dos órganos, diferentes por estructura macro y microscópica y por morfología. Se presentan como dos troncos de cono aplastados transversalmente, con las extremidades opuestas que se conjugan en el istmo tubárico formando un ángulo de  $160^\circ$  abierto hacia abajo. En este punto la sección de la trompa mide 2 mm. En reposo la trompa es un canal virtual, que se abre sólo por medio de mecanismos fisiológicos activos (deglución, masticación, bostezo, eructación, emisión de sonido) o mecanismos pasivos (maniobras de insuflación y diferencia de presión entre los dos extremos) cuando la trompa desempeña sus funciones en el oído medio.



**Las mareas** El periódico subir y bajar del nivel del mar por efecto de la atracción gravitatoria de la Luna y del Sol sobre las masas de agua de la Tierra es un fenómeno conocido como **marea**. La Luna se encuentra muy cerca del planeta y el Sol tiene una masa muy grande que, aunque distante, ejerce una influencia decisiva.



El sistema de la Tierra y la Luna tiene un centro de masa M ubicado en el eje de rotación S-S', en torno al cual giran las dos masas; el centro de este eje se encuentra a 1.600 km bajo la superficie terrestre. Cuando los dos cuerpos rotan alrededor del centro del sistema, entran en juego dos fuerzas: la primera es la atracción recíproca, la segunda es la fuerza centrífuga. La Luna ejerce su máxima influencia en el punto A, que es el vértice de la semiesfera vuelta hacia La Luna; la atracción mínima se encuentra en A', vértice de la semiesfera opuesta a la Luna. Girando en torno al eje S-S', el sistema tendrá una fuerza centrífuga que sobre el planeta será máxima en A' y mínima en A. Esto explica la acumulación de agua a lo largo del eje A-A', **marea alta o pleamar**, y un descenso del nivel a lo largo del eje B-B', **marea baja o bajamar**. Puesto que la Tierra rota sobre sí misma en 24 horas y la Luna gira alrededor de la Tierra en unos 27 días, es decir, mucho más despacio, la **onda de marea** que se tiene en correspondencia con la Luna va en sentido inverso a la rotación terrestre y con un intervalo entre una y otra de 6 horas, 12 minutos y 37 segundos. En realidad, el fenómeno no es tan regular, dada la interferencia de la superficie terrestre que, con la

a partir de ahí, aunque aumente siempre 1 atm cada 10 m, proporcionalmente se produce un incremento menor. Traducido en términos prácticos, los primeros 10 metros requieren un número de maniobras mayor respecto, por ejemplo, a la cota de los 20 a los 30 m; los problemas debidos a alguna patología surgen siempre en los primeros metros de profundidad y raramente a cotas más elevadas. La primera compensación debe producirse apenas terminado el golpe de riñón, a menos de 1 m de profundidad y debe continuar hasta que se toque la cota máxima. Las técnicas son fundamentalmente dos, la primera, más sencilla, toma el nombre de Antonio Valsalva; la segunda, un poco más compleja, de Marcante y Odaglia, sus descubridores, más conocida en algunos países como maniobra de Frenzel.

### Maniobra de Valsalva

Se efectúa cerrando la boca y apretando la nariz con los dedos. Es seguramente la más fácil y espontánea. Basta soplar. El aire, no pudiendo salir por la nariz o la boca, llega directamente al oído medio y, por tanto, al tímpano.

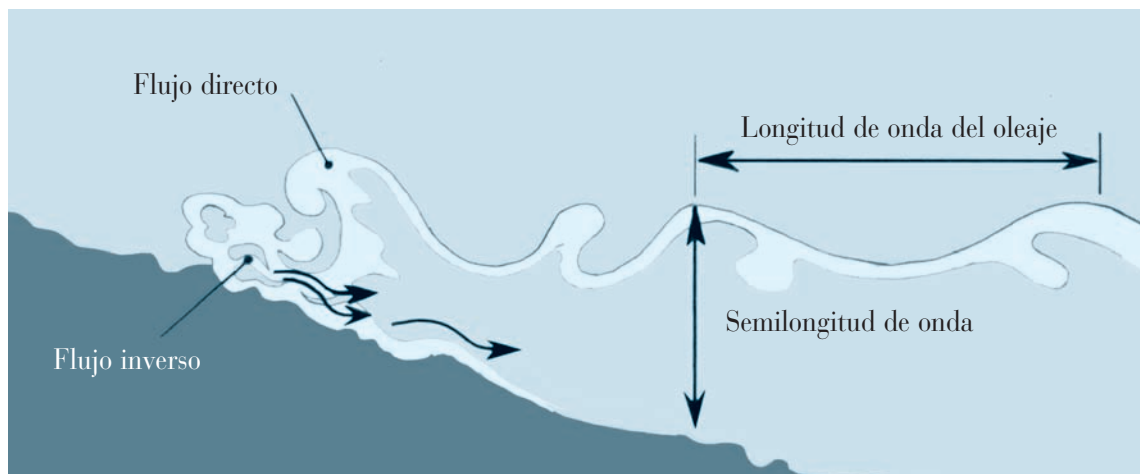
### Maniobra de Marcante-Odaglia

La compensación se produce combinando determinados movimientos de la mandíbula y de sus haces musculares con el movimiento de la lengua, que ejerce cierta presión sobre el velo del paladar. La manipulación de Marcante-Odaglia o de Frenzel es un poco más difícil de realizar; con frecuencia, fuera del agua se logra practicarla, pero en inmersión las posibilidades de fracaso son muy altas. La capacidad de compensar en el agua con esta técnica depende, sobre todo al principio, de una predisposición natural del individuo, aunque es posible llegar a realizarla con el entrenamiento y la gimnasia tubárica.

### Otras maniobras

Existen otras técnicas de compensación que se efectúan con particulares movimientos de la lengua, de la campanilla y de la mandíbula. La acción controlada de estas estructuras permite actuar sobre los grupos musculares que determinan la apertura de las trompas de Eustaquio y la reducción del volumen faríngeo, forzando así el aire en el oído medio. Los argumentos a favor de la compensación realizada con maniobras linguo-mandíbulo-velares o del tipo Marcante-Odaglia son evidentes:

- Es más suave, menos traumática para el tímpano.
- Permite mantener las dos manos libres, pues en sujetos bien entrenados basta la presión de la máscara contra la nariz para compensar.
- No requiere la intervención de una sobrepresión pulmonar, ni tiene en los pulmones reflejo alguno, por lo que evita cualquier alteración cardiocirculatoria, excluyendo los inconvenientes de la maniobra de Valsalva.
- Se puede conseguir un resultado igual de presión incluso en condiciones de espiración, por este motivo resulta recomendable para las inmersiones muy profundas.



líquida. **Para una misma ola, la forma de rotura depende de la pendiente del fondo:** cuando la ola encuentra un fondo empinado, rompe cerca de la costa (zona de rompiente estrecha), aumentando bruscamente su altura y avanzando con gran energía; si el fondo es de suave pendiente, la ola comienza a romper lejos de la línea costera de forma suave, pudiéndose observar varios frentes de ola rompiendo a la vez (zona de rompiente ancha). **Para entrar en el mar por la zona de rompiente, hay que observar la escena para entender el período de la serie de olas y escoger el momento más propicio.** El agua que se descarga en la costa del rompiente debe luego volver al mar. Esta vuelta genera **una corriente de retorno o resaca.**

### Las corrientes

Las corrientes marinas pueden originarse por varios motivos. La tendencia a restablecer el equilibrio de las características fisicoquímicas del agua crea el desplazamiento de las masas y, por tanto, genera las corrientes. En particular, la diferencia de:

- **temperatura**
- **salinidad**
- **evaporación de la superficie**
- **aporte de agua dulce**

pone en movimiento las partículas de agua y produce las corrientes. No obstante, la principal causa es la **acción del viento**. Cuando éste actúa sobre la superficie del mar provocando el movimiento de las olas, parte de la energía recibida por la masa de agua superficial se transmite en profundidad. Cuanto más se transfiera el impulso a los estratos más hondos, menor será la intensidad por efecto del rozamiento hasta que se anule. Durante la transmisión del movimiento hacia abajo se verifica un fenómeno importante: el agua en superficie, golpeada por la masa de aire, no se mueve en la misma dirección del viento, sino que por **el efecto de Coriolis** –derivado de la rota-

- 9.4 Recuperación del accidentado 267**
- 9.5 Juegos en apnea en mar abierto 268**

Capítulo 10 – LA SEGURIDAD

271

- 10.1 Peligros de la apnea 271**
  - La hiperventilación 274
- 10.2 Prevención 277**
  - Plan de inmersión 277 – Recomendaciones para el apneísta 282
- 10.3 Las señales manuales 282**
- 10.4 Alimentación y protección contra el frío 285**
  - Buenas reglas alimenticias 288
- 10.5 Gestión de emergencia 289**
  - Predisponer un plan de emergencia 289 – Cómo actuar ante una emergencia en el mar 290 – Primeros auxilios 295

Capítulo 11 – EL ENTRENAMIENTO DEL APNEÍSTA

297

- 11.1 La preparación física del apneísta 297**
  - La carrera 299 – Cómo organizar el entrenamiento 300 – La natación 301 – Las pesas 301 – El *stretching*: movilidad articular y elasticidad muscular 305
- 11.2 El entrenamiento en el agua 310**
  - Entrenar la apnea estática 311 – Entrenar la apnea dinámica 315 – Entrenar la apnea profunda 320
- 11.3 Programación anual 323**
- 11.4 Valoración de los parámetros físicos de base 326**

BIBLIOGRAFÍA

329

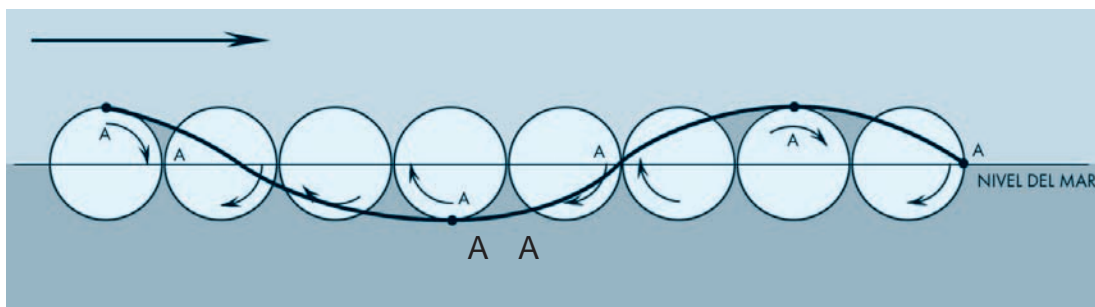
forma de la misma manera. Para conocer el fenómeno que produce las olas imaginemos la superficie del mar o del lago en calma y la acción del viento que, improvisadamente, golpea la extensión de agua. Ésta provoca al inicio la formación de **pequeñas crestas** y, si la acción del viento continúa superando los 4-5 m por segundo, el flanco inclinado de cada cresta presentará una superficie mayor sobre la que el viento podrá empujar con ángulos de impacto cercanos a la perpendicularidad. Dada la naturaleza turbulenta del flujo de aire, se formarán primero olas pequeñas. Las más inclinadas se romperán y cederán parte de su energía a otras más estables, por las que serán alcanzadas. Si continúa, la acción del viento intensificará el movimiento ondulatorio y originará las olas forzadas, crecientes en dimensión y velocidad, hasta que alcancen un estado estacionario con tamaño y velocidad constantes, compatibles con la fuerza del viento y la tensión superficial. Si la velocidad del viento fuera más rápida que la ola, la cresta se inclinaría fuertemente hasta precipitar y desaparecer en el seno, dando lugar a una mar rizada caracterizada por la presencia de espuma en las crestas, de lo que se desprende que las características del viento que genera la ola serán determinantes.

Tres son los factores que determinan el **tamaño** que la onda puede alcanzar:

1. **Fuerza del viento (velocidad).**
2. **Duración del viento (tiempo).**
3. **La superficie libre de obstáculos sobre la que está actuando el viento o zona de *fetch*.**

El movimiento ondulatorio no cesa en concomitancia con la caída del viento, sino que se atenúa ligeramente en relación con la dispersión de la energía. Además del oleaje, la superficie del mar presenta movimientos oscilatorios más lentos, asociados a la presencia de **ondas largas. Entre las ondas largas más conocidas destaca**

**la marea astronómica y el tsunami u onda libre**, que, de aspecto más **regular y estable**, se propaga a grandes distancias.



Si se observan los objetos flotantes durante la manifestación del fenómeno de la onda corta y en ausencia de viento, es fácil recibir la sensación de que éstos se mueven hacia delante y hacia atrás como hacia arriba y hacia abajo, sin avanzar ni retroceder. Si hubiese transporte de agua, también los objetos flotantes serían arrastrados



La dinámica tubárica se basa en la actividad de las musculaturas intrínseca y extrínseca, que consiguen vencer la fuerza elástica de la trompa cartilaginosa y la tensión superficial de las paredes tubáricas. Para facilitar la apertura, las células caliciformes del epitelio respiratorio segregan una sustancia tenso-activa, cuya misión es disminuir la tensión superficial que se crea entre las paredes mucosas. El epitelio no es el mismo en toda su superficie interna. Del epitelio de la porción ósea, delgado y pobre en glándulas como en el oído medio, se pasa al resistente epitelio de la trompa cartilaginosa, rico en células ciliadas, caliciformes y estructuras linfáticas, como la rinofaringe (nasofaringe) y las fosas nasales. Esta diferencia entre los tramos permite un adecuado y óptimo enlace entre los sistemas auricular y respiratorio. La dinámica de la trompa de Eustaquio depende de la acción de los músculos que actúan exclusivamente sobre la trompa cartilaginosa, la única porción móvil. Los **músculos intrínsecos** abren y cierran el orificio tubárico, mientras otros músculos accesorios refuerzan la acción de manera indirecta, pues la trompa mantiene relaciones tanto anatómicas como funcionales con las estructuras adyacentes.

Los ejercicios de gimnasia tubárica –mandibulares, linguales, velares o mixtos– (ilustrados en el Capítulo 7) tienen la finalidad de promover un uso correcto tanto de la mandíbula y la lengua como del velo del paladar, que favorezca la apertura de las trompas de Eustaquio y mejore la compensación. Se trata de movimientos simples que ayudan al control de las estructuras implicadas en tales maniobras.

### Las funciones tubáricas

Las trompas de Eustaquio tienen como objetivo garantizar la máxima operatividad y seguridad a las estructuras del oído medio, o sea, la cadena osicular y la membrana timpánica. Desempeñan tres importantes funciones:

- **Función de aireación o ventilación:** por medio de la apertura periódica activa, la trompa asegura a las cavidades otomastoideas un adecuado aporte de aire, para que sobre las dos caras de la membrana timpánica se mantenga un equilibrio de presión constante, coincidente con la presión externa. Esto asegura la movilidad requerida por el sistema tímpano-osicular y, en consecuencia, una fiel transmisión mecánica del estímulo sonoro. La función de aireación se resiente con cambios posturales o de presión. Variaciones bruscas de la presión externa (despegue y aterrizaje en avión, descensos subacuáticos, saltos, viajes en funicular...) provocan la retracción de la membrana y causan sensaciones de obstrucción o fastidio y, en el caso de flogosis de la caja del tímpano, dolor. En ausencia de patología, la situación se resuelve con la apertura activa de la trompa –manobra de compensación– o con un mecanismo pasivo inducido por diferencias de presión superiores a 15 mmHg.
- **Función de defensa o protección:** protege el oído medio de cualquier agente químico, físico o biológico que, alcanzada la caja del tímpano, pudiera alterar su

16. En posición prona, batir la patada de mariposa teniendo las manos, una sobre la otra, apoyadas en el centro de una tabla. La cabeza debe alinearse sin tensiones con la columna vertebral sin alcanzar la hiperextensión. Empujar la tabla hacia delante y no hacia abajo para distender hombros y brazos para propiciar una posición más adecuada. El uso del tubo de natación con aletas permitirá respirar sin levantar la cabeza.

### EJERCICIOS CON LA MONOALETA

Después de haber probado, sentido, comprendido el movimiento oscilatorio de la pelvis con distintos tipos de resistencia en los pies, ha llegado el momento de calzar la monoaleta. Aconsejamos utilizar al principio una pala muy blanda y de superficie reducida. Las sensaciones iniciales serán agradables, pero hay que tener cuidado de no dejarse llevar por la emoción de la velocidad aunque la acción no sea correcta, un error que, una vez automatizado, requerirá tiempo corregir.

17. De espaldas, con los brazos en los costados, mover las piernas en estilo mariposa buscando la alineación de espalda y cabeza. La monoaleta ofrece una superficie de apoyo mucho mayor. Se producirá una sensación de vuelo. Cuidado con la emoción del deslizamiento que puede hacer olvidar el movimiento ondulatorio de la cadera y llevar a doblar las rodillas. Recuerden que todo empieza desde la pelvis que oscila y que el movimiento ondulatorio debe pasar sin interrupciones, de los hombros a la pala de la aleta a través de todo el cuerpo.
18. En posición prona, con los brazos en los costados, batir la patada de mariposa. Con el tubo central no hará falta levantar la cabeza, con lo que será más fácil mantener la continuidad de la acción para sensibilizarse con ella.
19. Sobre el lado derecho, ejecutar la patada de mariposa manteniendo en línea el cuerpo. Realizado en inmersión y a media agua, puede resultar un poco problemático. Observando con la máscara se pueden controlar y corregir eventuales errores.
20. Realizamos el mismo ejercicio sobre el lado izquierdo.
21. Todos los ejercicios deben practicarse con los brazos extendidos hacia arriba. Ésta es la posición final que caracteriza la técnica de la monoaleta. Todos los ejercicios propuestos con los brazos estirados tienen la finalidad de sensibilizar, movilizar y reforzar las estructuras articulares y musculares empleadas en las tensiones de apoyo al movimiento ondulatorio consecuente con la oscilación de la cadera. Con la monoaleta nos ponemos a prueba acercándonos al gesto final de la investigación técnica.

- **Chicles:** masticando se usan, aunque sea indirectamente, algunos músculos útiles para la compensación; contra esta ventaja añadamos que el chicle estimula los jugos gástricos –uno de los reflejos de la masticación–, que pueden empeorar los síntomas de acidez que acarrea la posición del descenso en apnea, de los que ya hemos hablado, además aumenta la secreción de la saliva, que hace disminuir las sales circulantes. Mejor rehuirlos.
- **Ajos, cebollas y puerros:** se dice que tienen un efecto positivo y Jacques Mayol los hizo populares en el ambiente de nuestro deporte. Su efecto debería estar ligado a acciones seudofarmacológicas todavía sin comprobar. Tienen una acción vasodilatadora periférica, que actúa contra la vasoconstricción que determina el fenómeno del *blood shift* descrito en el Capítulo 3; sobre esta base, sería conveniente eliminarlos. En cualquier caso, no existen datos exactos ni sobre los daños ni sobre las ventajas derivados de estas hortalizas.
- **Antioxidantes:** las vitaminas C y E desempeñan una acción antagonista a la de los radicales libres, que muchos estudios demuestran que son producidos en abundancia durante la apnea cuando los tejidos se encuentran en condición hipóxica.

La producción de radicales libres es objeto de atentos análisis tanto en el hombre sano como en el enfermo, pues son corresponsables de muchos males. Uno de los efectos negativos, que desde hace poco se considera a cargo de las células cerebrales de quien practica apnea con constancia, podría estar directamente relacionado con la adquisición de los radicales libres. Parece ser que sólo quien se sumerge a profundidades elevadas y con mucha frecuencia está expuesto a este riesgo. La investigación en este campo está poco desarrollada; también la ciencia está sujeta a las leyes del mercado y la apnea no tiene todavía suficiente peso comercial. No se puede pensar en anular el problema de los radicales libres comiendo alimentos ricos en principios antioxidantes, aunque ingiriendo alimentos ricos en vitaminas C, E y A y en ácidos grasos poliinsaturados nos reforzaremos para reducir al mínimo el daño. Fruta y verdura, leche y carnes (hígado), aceite, pescado y frutos secos serán bienvenidos en nuestra mesa.

- **Regaliz:** tiene como efectos importantes reducir la irritación de la mucosa faríngea, útil en invierno cuando el aire es frío y en caso de tos ligera, e inducir la retención de potasio, una sal que perdemos abundantemente durante la práctica deportiva. No abusar de ella, uno o dos caramelos serán suficientes.
- **Integradores alimenticios:** en el mercado existen de todo tipo. Los productos compuestos por el 55% de carbohidratos, el 30% de lípidos y el 15% de proteínas

## RECOMENDACIONES PARA EL APNEÍSTA

- Nunca sumergirse solo.
- Llevar siempre la boya consigo.
- Llevar un lastre en que la flotabilidad neutra se consiga a -10 m.
- Compensar antes de que sobrevenga el dolor.
- Dejar entrar agua en la capucha antes del descenso, evitando que quede aire entre el neopreno y el tímpano.
- Quitarse el tubo de la boca durante la inmersión.
- Nunca espirar con fuerza y por completo al final de la apnea.
- Compensar la máscara durante la bajada.
- Evitar la apnea si no se encuentran en buenas condiciones.

## 10.3 LAS SEÑALES MANUALES

El aparato auditivo en inmersión no es capaz de recibir sonidos inteligibles; no obstante, es posible sentir un fondo de ruidos, típicos del ambiente marino. En tierra firme, el sonido se propaga por el aire con una velocidad tal que la onda sonora es percibida primero por un oído y luego, por el otro. El sistema nervioso central se vale de este intervalo de tiempo para definir la dirección de la que procede el sonido. En el agua, el sonido viaja cuatro veces más rápido por efecto de la densidad del líquido en relación con los gases que componen la atmósfera. Nuestro aparato auditivo registra el rumor pero no distingue la procedencia de las vibraciones, por la brevedad del intervalo de llegada entre un oído y otro. Ésta es una buena razón para mirar alrededor, girando 360°, si emergiendo del fondo se oye el motor de una embarcación; no podemos estar seguros ni de la distancia ni de la dirección de la que procede, de la variación en la intensidad del ruido sólo se puede interpretar si la embarcación se está alejando o acercando. Durante la preparación de una inmersión, mientras nos relajamos y respiramos en superficie, es difícil oír el motor de un barco que

se aproxima y, por ello, este momento constituye una situación potencialmente peligrosa para el apneísta. Para permanecer tranquilos y poder abandonarnos, **una boya** de señalización y un buen compañero vigilante son determinantes y necesarios. **Resultar visibles** al patrón de una embarcación propicia el que se mantenga distante del punto de nuestra inmersión. Examinar la zona circundante verificando que no hayan barcos peligrosos en las cercanías garantizará la estabilidad y la tranquilidad del apneísta que se prepara para sumergirse.

### Comunicarse bajo el agua

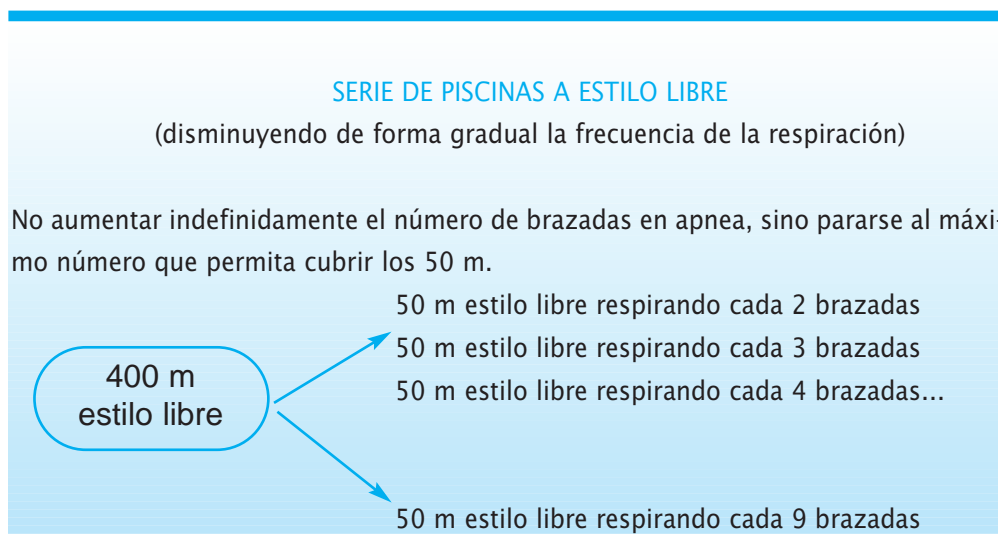
La imposibilidad de comunicarse verbalmente bajo el agua ha empujado a los submarinistas a codificar un lenguaje hecho de señales convencionales que, combinadas, permiten crear frases.

## PRIMEROS AUXILIOS

Los primeros auxilios, como la fase inicial de los cuidados de emergencia que precisa un enfermo o un accidentado, son, con frecuencia, si no olvidados, al menos infravalorados. El papel de los médicos de urgencias comienza en el momento en el que la víctima llega a la entrada de urgencias de un hospital. Existe, por tanto, una pausa del auxilio larga y peligrosa que va del momento del incidente al inicio de la intervención médica.

En este texto no han sido tratadas, intencionadamente, las técnicas de reanimación y primeros auxilios porque existen instituciones y centros previstos para tal fin que organizan cursos de formación especializados, en los que animamos a participar. Es evidente que no sólo cada instructor de apnea, sino también cada apneísta responsable, debe saber aplicar las técnicas de reanimación, no sólo por la propia seguridad, sino por la del grupo y la del compañero.

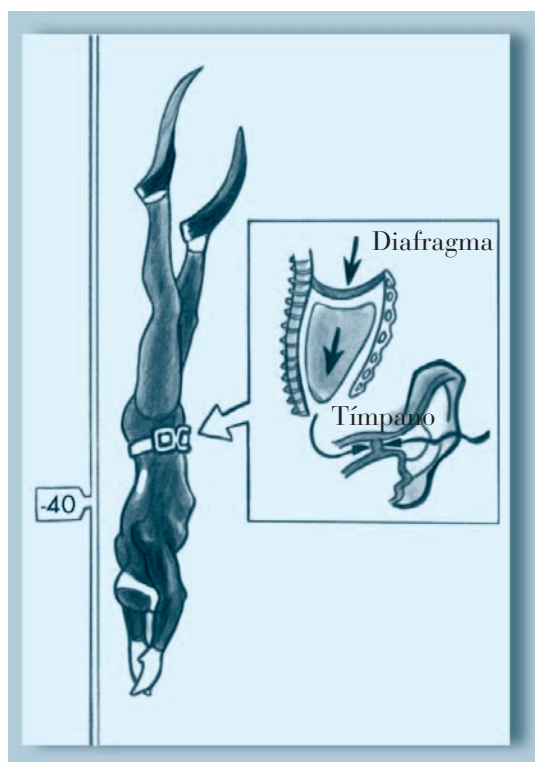
Si no contamos con el equipo adecuado (aletas, gafas, traje de buzo, etc.), podemos proponer una alternativa para la apnea dinámica que describimos a continuación:



### ENTRENAR LA APNEA PROFUNDA

Tantos metros de agua sobre la cabeza deberían hacernos reflexionar requiriendo nuestra máxima atención; recordemos por tanto:

- Sumergirse siempre a lo largo de un cabo guía.
- Disponer en todo momento de la asistencia adecuada.
- Efectuar dos o tres descensos de calentamiento antes de iniciar el entrenamiento.
- Una apnea profunda requiere una inspiración total y máxima.
- En el caso de apneas a gran profundidad en las que los problemas de compensación de gafas y oídos comienzan a notarse, podría ser de utilidad iniciar la inmersión con la boca llena de aire.
- El lastre debe permitir la flotación positiva a partir de los 10 m.
- Durante el descenso, los brazos irán por delante de la cabeza y en el ascenso caerán a lo largo del tronco.
- **IMPORTANTÍSIMO: incluso en el caso de tablas con intervalos de recuperación decreciente, el tiempo mínimo de recuperación en superficie debe ser SIEMPRE al menos TRES VECES más largo que el tiempo de la inmersión.** Ejemplo: si el tiempo de apnea total es de 1 min, el reposo debe ser, como mínimo, de 3 min.
- Las tablas que proponemos pueden dividirse en varios días.
- Recuerden que la profundidad y los tiempos de recuperación son sólo orientativos; cada apneísta trabajará dependiendo del propio nivel y variando las cargas y tiempos de recuperación.



de aire tanto en inspiración como en espiración. Si este músculo está bien entrenado, puede resultar fundamental en las fases más difíciles de la compensación. **Un apneísta que controla el diafragma podrá beneficiarse de una reserva de aire para compensar.** Como sabemos, el volumen de aire contenido en los pulmones se reduce con el aumento de la presión (ley de Boyle). A ciertas cotas, y considerando además que parte del aire inspirado en superficie ya ha sido utilizado para compensar las gafas y los oídos, la reserva de aire será mínima y la compensación, más difícil. A cotas profundas, por tanto, y por profundas se entiende cotas del todo relativas al nivel de experiencia, resulta determinante coger aire de la parte baja de los pulmones para compensar. Llegar a mover correctamente el diafragma permite superar ese umbral crítico más allá del cual se advierte la sensación de no poder continuar, cuando se piensa: «... no tengo más aire para compensar». En cuanto se siente, a causa de la profundidad alcanzada, la imposibilidad de empujar más aire hacia los tímpanos, el único disponible es el que, con el diafragma, se logra mover de los pulmones hacia los oídos, que, además, en la inmersión en apnea y en las tentativas de marca en **peso constante**, a causa de la posición

cabeza abajo, se encuentran por debajo respecto a los pulmones. Es esencial no ponerse rígidos y mantener toda la musculatura de la caja torácica y del cuello completamente relajada. Si el movimiento del diafragma es justo, la maniobra resultará eficaz, con un desplazamiento de aire en dirección a la cabeza y los oídos, aire que una compensación tradicional niega al apneísta. Acabado este reclamo del diafragma, se efectúa una maniobra normal de compensación y todo debería funcionar.

**Una buena movilidad del tórax y un control voluntario del diafragma permitirán utilizar mejor las reservas de aire para compensar.**

Hemos visto en el Apartado 4.2 qué ejercicios practicar para entrenar la respiración diafragmática y movilizar la caja torácica; con frecuencia, para los neófitos se trata de rehabilitar el uso correcto de esta parte del cuerpo de la que, habitualmente, no se tiene conciencia. Ejercitar el diafragma es tan básico como entrenar las piernas, la resistencia general o la apnea estática.

### 7.3 GIMNASIA TUBÁRICA

Las prácticas que proponemos a continuación constituyen un acercamiento a la actividad de la compensación. Tienen el objetivo de **entrenar todas las estructuras**

lleva el brazo desde el agarre a la posición de perpendicularidad respecto a la superficie del agua; en este punto se inicia la **fase de empuje**, que representa el último tramo de la tracción: el brazo, en particular, la mano, empuja el agua hacia atrás, hacia los pies. Después de haber recorrido la trayectoria sumergida, sobre la posición ortogonal de la línea media del cuerpo, el brazo completa la **fase aérea de recuperación** para sumergirse de nuevo hacia delante, en línea con el hombro. La recuperación debe realizarse lo más próxima al tronco posible; para ello, el brazo se dobla y **ejecuta una trayectoria semicircular sobre la superficie del agua, sin tocarla**. Además el brazo, durante la recuperación, debe estar relajado, para emplear la energía de un modo óptimo. No desatender el hecho de que los **músculos contraídos** en movimientos superfluos comportan un **considerable consumo de oxígeno**.

En la primera fase de la tracción se produce una cierta propulsión, aunque mínima, siempre que la mano mantenga el grado óptimo de agarre. El modo más rentable es, sin duda, el llamado en nuestra jerga, «**en S**», que describe con la mano una doble curva, la primera hacia el exterior seguida por una hacia el interior, al término de la cual la mano se encontrará a la altura del centro de los hombros. El modo menos provechoso de ejecutar esta fase consiste en describir un semicírculo, perpendicular al eje longitudinal del cuerpo. Este error, muy común, anula cualquier empuje, en cuanto la resultante de esta acción comporta **un empuje inútil hacia arriba**. No es fácil asimilar el movimiento «en S» por lo que, sobre todo para los principiantes, convendría adoptar la siguiente estrategia: cuando el brazo está extendido y se acaba de sumergir la mano, manteniendo quieto el codo, la mano en forma de cuchara –formando un ángulo perpendicular al eje sagital– recoge el agua para llevarla a la altura de la cabeza. En este punto, la superficie apoyada sobre el agua no es sólo la de la mano sino también la del antebrazo. Mano y antebrazo, con la ayuda del codo, empujan una notable cantidad de agua (el fulcro), en eje con el cuerpo, hacia atrás, favoreciendo una apreciable propulsión. La mayor altura del codo determina un desplazamiento menor del brazo y acelera la búsqueda del punto de agarre para el inicio de la fase activa de la tracción. **Los dos brazos siguen un movimiento alternado continuo**, de manera tal que, mientras uno está en fase de recuperación, el otro actúa en la tracción, manteniendo continua la propulsión y eliminando los tiempos muertos.

### Las piernas

Los movimientos de las piernas parten de la articulación de la cadera, implicando también las articulaciones de la rodilla y del pie que, en particular, debe comportarse de modo muy flexible y suelto. Las piernas **se alternan con un movimiento continuo** de arriba abajo y de abajo arriba, de manera que en el extremo, los pies recorran, bajo la superficie del agua, una trayectoria en forma de arco de unos 30-40 cm; esta acción es muy similar al aleteo descrito en el Capítulo 6. En el movimiento de arriba abajo resulta evidente la intervención de la articulación de la rodilla, mientras que en la fase contraria, de abajo arriba, se recomienda la máxima extensión de la pierna.

compuesto por el globo ocular y sus anexos. El **globo o bulbo ocular** es una estructura esférica situada dentro de la cavidad orbital constituida por tres membranas concéntricas, esclerótica, coroides y retina, y una serie de sustancias fluidas o semifluidas. La **esclerótica** es espesa, resistente y de color blanco, y se vuelve más fina y transparente en la parte anterior para permitir el paso de la luz, donde recibe el nombre de **córnea**. La **coroides** es riquísima en vasos sanguíneos; en correspondencia con la córnea cambia de aspecto y color, y forma un diafragma muscular que constituye el **iris**. En el centro, el iris es interrumpido por un orificio circular, la **pupila**. El iris es la parte coloreada del ojo; su color se debe a la presencia de células pigmentadas, de cuya densidad dependen las distintas gradaciones que varían de individuo a individuo. El **orificio de la pupila** es de aspecto negro, por él entra la luz a una especie de cámara oscura fotográfica. Si pudiésemos ver un ojo cortado transversalmente, encontraríamos un espacio grande entre córnea e iris, llamado **cámara anterior**, lleno de un líquido límpido incoloro compuesto sobre todo por agua, el **humor acuoso**; la luz pasa a través de este líquido antes de llegar a la pupila. La función del iris es la de regular el tamaño del agujero pupilar, según la intensidad luminosa del ambiente.

Al iris sigue el **crystalino**, una verdadera lente, convexa por ambas partes, que refracta los rayos de la luz que entran en el ojo. El cristalino es muy transparente y elástico, y puede variar constantemente de forma. De hecho, está contenido en una cápsula epitelial, pegada por minúsculas fibras al resto del ojo, que puede ser tensada y aplanada. Cuando cesa la tensión, la lente vuelve a su convexidad habitual. Gracias a esta tensión que hace variar la curvatura es posible la visión de cerca o de lejos. Esta forma de regularse se llama **poder de acomodación**. Una vez atravesado el cristalino, la luz recorre la **cámara posterior**, llena de una sustancia semifluida, el **humor vítreo**. El fondo del ojo, detrás del **humor vítreo**, está tapizado por la **retina**, que es como la película sensible de la cámara fotográfica. Las células de la retina están organizadas sobre nueve estratos, de los cuales el más importante e interesante es aquél en el que están contenidas las células sensitivas responsables del fenómeno visual, los **conos** y los **bastoncillos**. Éstos conforman una tupidísima alfombra a la que llega la luz; si los materiales refractados son íntegros, las imágenes se forman en la retina enfocadas. Por fin, el **nervio óptico**, conectado con la retina, transfiere los impulsos nerviosos al sistema nervioso central, razón ésta para recordar el **mantener los ojos bien cerrados cuando la apnea lo permita, para reducir al mínimo la estimulación nerviosa y ahorrar oxígeno**.

### La visión en el aire

Los conos de la retina son sensibles a los estímulos ópticos y están especializados en la percepción de los colores. A la luz del día, los rayos atraviesan la córnea, el humor acuoso, la pupila, el cristalino, el humor vítreo y, al final, se registran en la retina. El cristalino enfoca los rayos luminosos en la parte central de la retina, donde los conos

exhalado por la nariz llena la máscara expulsando toda el agua, sube naturalmente hacia la superficie y, al no poder salir, ocupa el espacio interno de la máscara, empujando el agua por debajo. Para el éxito de la operación, el borde superior debe estar presionado contra la frente; de este modo, la única salida posible para el agua es la parte inferior. La posición de las manos es determinante en la ejecución. Cuando cierran bien la parte superior de la máscara y la emisión de aire es continua, es más sencillo dosificar el vaciado y no malgastarlo. Para ello, la emisión debe ser continua pero no violenta. Durante las primeras tentativas es suficiente un débil murmullo con la boca cerrada: «mmmm...». De este modo, se conseguirá expulsar la cantidad justa de aire por la nariz y de manera continuada. **En inmersión, tras la operación se debe emerger a la superficie.**



## LOS GOLPES DE RIÑÓN

El paso de la posición horizontal prona en superficie a la vertical cabeza abajo y, en sentido general, el paso de la natación en superficie a la de inmersión es facilitado por la realización de unas técnicas concretas: el golpe de riñón en escuadra, a la pescadora y la inmersión de pie. Golpe de riñón y aleteo correcto demuestran la habilidad de un buen apneísta en superficie. La interpretación personal y, por ende, el estilo perfecto en la ejecución de estas técnicas, en cambio, expresan la total adaptación al ambiente y la situación. No se trata de un valor puramente estilístico; el estilo implica eficacia, economía y eficiencia de los movimientos y, por tanto, el máximo rendimiento, por lo que podemos decir que **el estilo tiene un valor práctico notable**. Quien realiza un golpe de riñón de forma mecánica alcanzará el fondo de modo más eficaz (el tiempo aquí es precioso), los desplazamientos son controlados pero esforzados; con un buen estilo, la misma acción resulta además económica y eficiente, y se evita un empeño muscular superfluo que en apnea es contraproducente.

Un golpe de riñón correcto lo caracterizan acciones bien precisas. Con naturalidad y con un imperceptible aleteo, se puede mantener la posición de base horizontal desde la cual ejecutar con simplicidad cualquier giro. Las piernas, inmóviles de principio a fin, están estiradas, unidas y con los pies extendidos. La mirada va siempre dirigida hacia la vertical, hacia el fondo. El tubo permite respirar con la cara y la boca sumergidas, una postura que nos deja flotar en superficie sin límite de tiempo, serenos e inmóviles, sostenidos sólo por el empuje hidrostático, escrutando el profundo azul.

La acción se inicia con el movimiento de los brazos que, al principio, están relajados junto a los costados. Desde ahí se dirigen hacia el fondo hasta alcanzar la perpendicular respecto a la superficie. La acción de oposición de las manos es determi-

El golpe de riñón  
en escuadra

## LOS ORÍGENES DE LA APNEA: DEL MITO A LA HISTORIA

La inmersión en apnea nace de la necesidad de obtener recursos alimenticios del fondo marino, entre poblaciones asentadas a lo largo de las costas de mares y lagos.

### Los «comedores de conchas»

Los vestigios más antiguos de la pesca en apnea son los hallazgos hechos por los paleontólogos en la costa del mar Báltico, donde, entre 7.000 y 10.000 años atrás, estaba establecida una comunidad conocida con el nombre danés de *Kojkkenmodinger*, «los comedores de conchas». El nombre fue sugerido por el encuentro de consistentes restos fosilizados de conchas en el asentamiento, un testimonio que presupone el conocimiento y la práctica de adecuadas técnicas de inmersión para la recolección de moluscos del fondo marino.

En las excavaciones que trajeron a la luz los restos de la civilización mesopotámica, surgida entre los ríos Tigris y Éufrates (4500 a. C.), y en las egipcias de la VI dinastía que reinó en Tebas (3200 a. C.), se han encontrado numerosos objetos ornamentales en nácar, material que sólo se puede obtener pescando conchas del fondo del mar.

En todas las culturas surgidas en la cuenca mediterránea seguramente se practicó la apnea, según confirman tanto los restos arqueológicos como las crónicas de los historiadores griegos y romanos. Muchos historiadores de la antigüedad describen el **comercio de la púrpura**, preciadísima sustancia colorante destinada al teñido en rojo oscuro de las túnicas de reyes y emperadores (y luego de los cardenales, príncipes de la Iglesia). El preciado colorante se extrae de la glándula «purpurígena» del *Murex brandaris* o del *Bolinus brandaris*, moluscos gasterópodos muy comunes en el Mediterráneo que, obviamente, sólo podían pescarse en inmersión. La práctica de la apnea, sin duda, formaba parte de la vida cotidiana de las poblaciones del Mediterráneo y queda testimoniada también por numerosos mitos y leyendas llegados hasta nuestros días.

### Glauco, el «verde marino»

La figura mitológica más cercana a un apneísta *ante litteram* es probablemente la de Glauco, el «verde marino». El mito de Glauco pertenece a la civilización minoica que, surgida en la isla de Creta, alcanzó su máximo esplendor entre el 2000 y el 1570 a. C., extendiendo su poder comercial y militar sobre una amplia franja del Mediterráneo.

En el mito minoico, Glauco era hijo de Minos, rey de Creta, y de Pasífae, «aquella que todo ilumina». De niño cayó en una vasija de miel y se ahogó. Después Poliido, el adivino, lo devolvió a la vida gracias a una planta mágica. La leyenda llegó a Grecia, pero con la tradición la historia cambió radicalmente: Glauco se convirtió en un pescador transformado en dios marino por virtud de una hierba mágica que tenía el poder de hacer resucitar a los peces. Desde su morada en Delos, cada año visitaba

Rossana Maiorca, fue la primera apneísta que realizó un récord: -58 m en 1 min 48 s, dieciséis segundos menos respecto a los -56 m del año anterior. Algo más de una década después, esta modalidad se practica como un modo de sumergirse más natural, inspirado en los cetáceos, que nos han propuesto una forma diferente de buscar la profundidad pura. Y se ha confirmado unánimemente que el lastre constante con la monoaleta es más rápido y económico, incluso parece perfilarse una cierta facilidad en la compensación ligada a la acción del busto, la caja torácica y el abdomen, que no permanecen quietos, sino que acompañan como una onda el gesto. Si se considera que el tiempo total de una inmersión a la misma cota es del 30% más breve respecto a las dos aletas, la compensación debería resultar más difícil –o por lo menos, más precipitada–, mientras que en realidad todo acontece de forma más fácil. La sensación común de muchos buceadores es que la acción ondulatoria del cuerpo favorece la compensación, sobre todo, si el ritmo del movimiento es fluido. Tal vez como efecto de la sensación agradable y de la relajación a la que induce, el hecho es que la onda que recorre el cuerpo aplica cierta presión sobre el diafragma sirviéndose del abdomen que, junto a los glúteos y los abductores de las extremidades inferiores, participa en el movimiento conclusivo. En la patada hacia abajo, el arqueamiento del busto favorecería la presión sobre el diafragma y el desplazamiento de aire de los pulmones a la cabeza, es decir, hacia los oídos. Así lo manifiestan algunos atletas.

### La elección de la monoaleta

Las monoaletas disponibles han sido concebidas para satisfacer el gesto de la natación con aletas. En función de la modalidad de competición –velocismo, fondo, etc.– y de las características antropométricas del nadador, la pala manifestará cierta flexión y elasticidad (kilogramos de empuje). Los materiales pueden ser cuatro: plástico, fibra de vidrio, carbono y *carbon mix* (mixto de fibra de vidrio y carbono). Cada uno de estos materiales tiene características físicas que favorecen más o menos la prestación. Las grabaciones hechas a los profundistas ponen en evidencia cómo las alas laterales se doblan de forma importante y pierden eficacia en el apoyo y empuje de la pala. Para subsanar este defecto, algunos atletas han sugerido la fabricación de la aleta de tal modo que ofrezca un punto de apoyo al avance más eficaz, a efecto cuchara, para que sea capaz de plegarse en el centro, manteniendo una cierta rigidez sobre los perfiles externos, para dirigir el flujo de agua desplazado hacia el centro. Una vez más la idea nace de la observación de las aletas caudales de cetáceos como los delfines. En Rusia ya se han hecho experimentos en este sentido, aunque orientados a la natación con aletas.

Desde el mar pueden verse con frecuencia las hélices de los motores de las embarcaciones que pasan; no hay una igual a otra, porque cambian los motores a los que van asociados y varía la andadura que se pretende tener. Lo mismo ocurre con las aletas; no existirá un artilugio que nos impulse más, podrá sólo hacernos aprovechar mejor nuestro potencial para el objetivo que nos proponemos. La elección de las ale-

La fase de ida implica:

- la flexión plantar del pie
- la flexión del muslo
- la extensión de la pierna
- la rotación de la pelvis en el sentido de las agujas del reloj

La fase de vuelta implica:

- la flexión dorsal del pie
- la extensión del muslo
- la flexión de la pierna
- la rotación de la pelvis en sentido contrario de las agujas del reloj

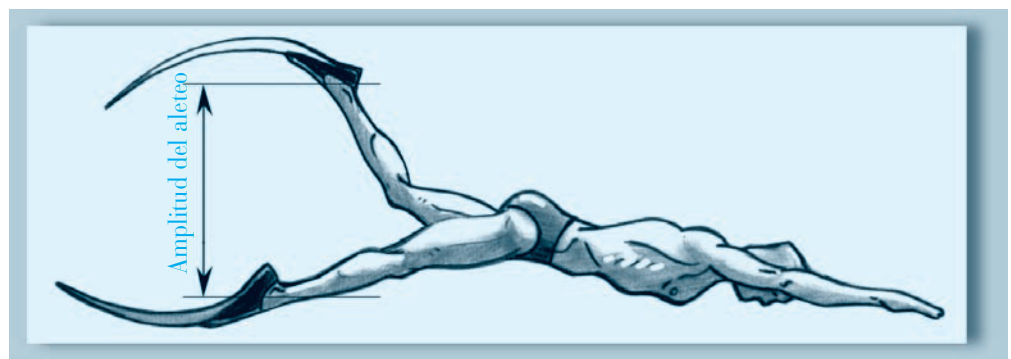
Para el ciclo completo vale la siguiente tabla:

**Tabla 1**  
*Participación de los segmentos de las extremidades inferiores en una aleteada de 0 a 2,5 s.*

	Período de aleteo		
	0	1 s	2,5 s
Pie	F. D.	F. P.	F. D.
Pierna	F	E	F
Muslo	E	F	E
Pelvis	R. A.	R. O.	R. A.
Donde:			
F. P.	= Flexión plantar		
F. D.	= Flexión dorsal		
F	= Flexión		
E	= Extensión		
R. A.	= Rotación en el sentido de las agujas del reloj		
R. O.	= Rotación en sentido contrario a las agujas del reloj		

Para interpretar correctamente las características del aleteo es necesario definir los siguientes parámetros.

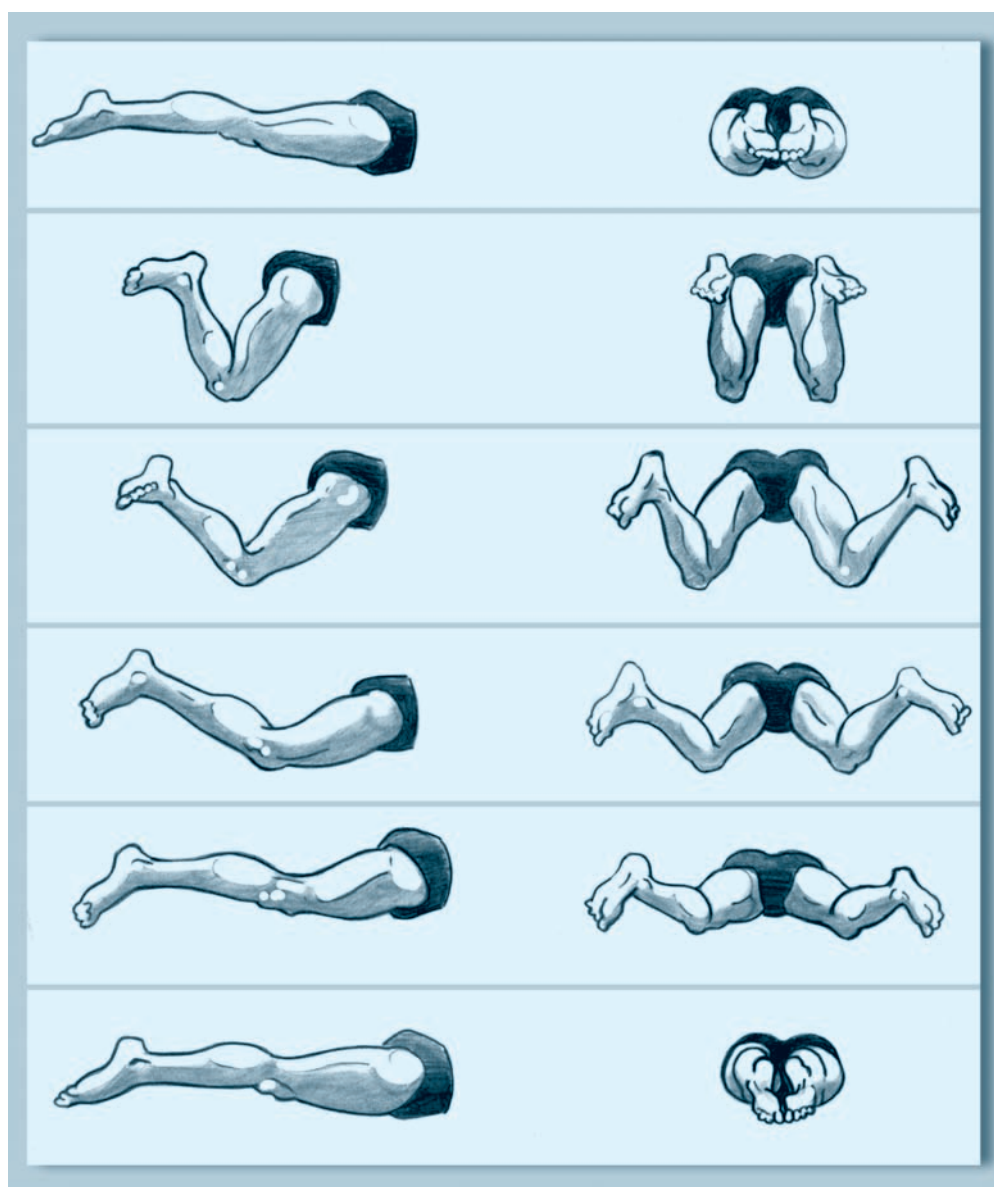
- **amplitud:** la distancia transversal entre las posiciones extremas de los tobillos respecto a la columna vertebral; a velocidad normal va en función de la altura del sujeto y del tipo de aleta.



ducido por el cierre de las piernas. Un trabajo óptimo para mejorar este aspecto consiste en ejecutar la acción de las piernas en posición vertical, a unos 10 cm de la pared de la piscina. De este modo, resultará fácil descubrir cualquier error de recuperación porque las rodillas golpearán la pared.

En teoría, se podría nadar manteniendo la cabeza fuera del agua sin tener problemas de respiración, pero resulta contraproducente para la economía de la natación. Desde hace muchos años se sabe que nadando con la cabeza inmersa se consigue mantener una posición hidrodinámica mejor y mayor velocidad. Nació así la braza submarina, que luego, fue eliminada del reglamento, según el cual, la cabeza no puede sumergirse por completo, sino que debe romper siempre la superficie del agua; así la

### La respiración



## 6.2 EL ALETEO IDEAL

Aunque la tecnología ha contribuido de forma notable al desarrollo de los materiales, la apnea sigue siendo un deporte en el que la preparación física, el gesto atlético y la técnica son determinantes. El deportista debe trabajar para mejorar su rendimiento en el agua, independientemente de las aletas empleadas. En inmersión el aleteo es fundamental: velocidad de descenso, hidrodinámica, dirección y consumo de oxígeno dependen de él. Además, determina el estilo y es la característica que primero se observa de un apneísta. Existen **dos escuelas, la europea y la sudamericana**. La nuestra es clásica, se opone al «pedaleo» de los atletas sudamericanos, que en la fase de vuelta empujan con la parte inferior de la aleta, efectuando una flexión de la rodilla de casi 90° que empuja hacia abajo la columna de agua y hace que el aleteo resulte similar a un pedaleo. Ha sido probado que la clásica asegura un rendimiento superior.

### El aleteo es personal

Cada apneísta tiene un tipo de aleteo que determina su estilo, **en función de las propias características antropométricas**. La patada puede resultar veloz y ligera o amplia y potente. Con frecuencia, **la estructura muscular del atleta influye en el movimiento de la pierna**. Un físico potente tiende a imprimir un impulso fuerte, muy abierto, que permite un avance notable. Un deportista grácil tendrá una patada rápida, poco amplia, quizá más armoniosa pero menos rentable. En apnea hay que considerar sobre todo el consumo energético. Es verdad que son importantes la velocidad y la penetración hidrodinámica, pero deben obtenerse con el mínimo dispendio de oxígeno. Para conseguirlo hay que encontrar la media entre ambas técnicas, una patada amplia, aunque no al límite de la apertura y un buen ritmo, no demasiado veloz. Debemos llegar a un equilibrio entre amplitud y frecuencia. Si el aleteo es exageradamente amplio es casi imposible tener un ritmo elevado y viceversa. A la luz de lo expuesto, podemos afirmar que **no existe un aleteo mejor pero sí uno que resulta más eficaz**.

El aleteo ideal se define en base a:

- características de las aletas
- habilidad técnica del apneísta
- peculiaridades antropométricas
- tipo de entrenamiento
- calidad del agua (dulce o salada)

**Cada una de estas variables contribuye de manera diferente en la eficacia del movimiento;** están muy vinculadas entre sí pero pueden analizarse por separado para facilitar su aprendizaje. Nos hallamos ante un movimiento cíclico, caracterizado por la repetición de la misma acción. Así, un golpe de riñón mal ejecutado malgasta energía una sola vez, pero si el aleteo no es correcto, a cada metro se

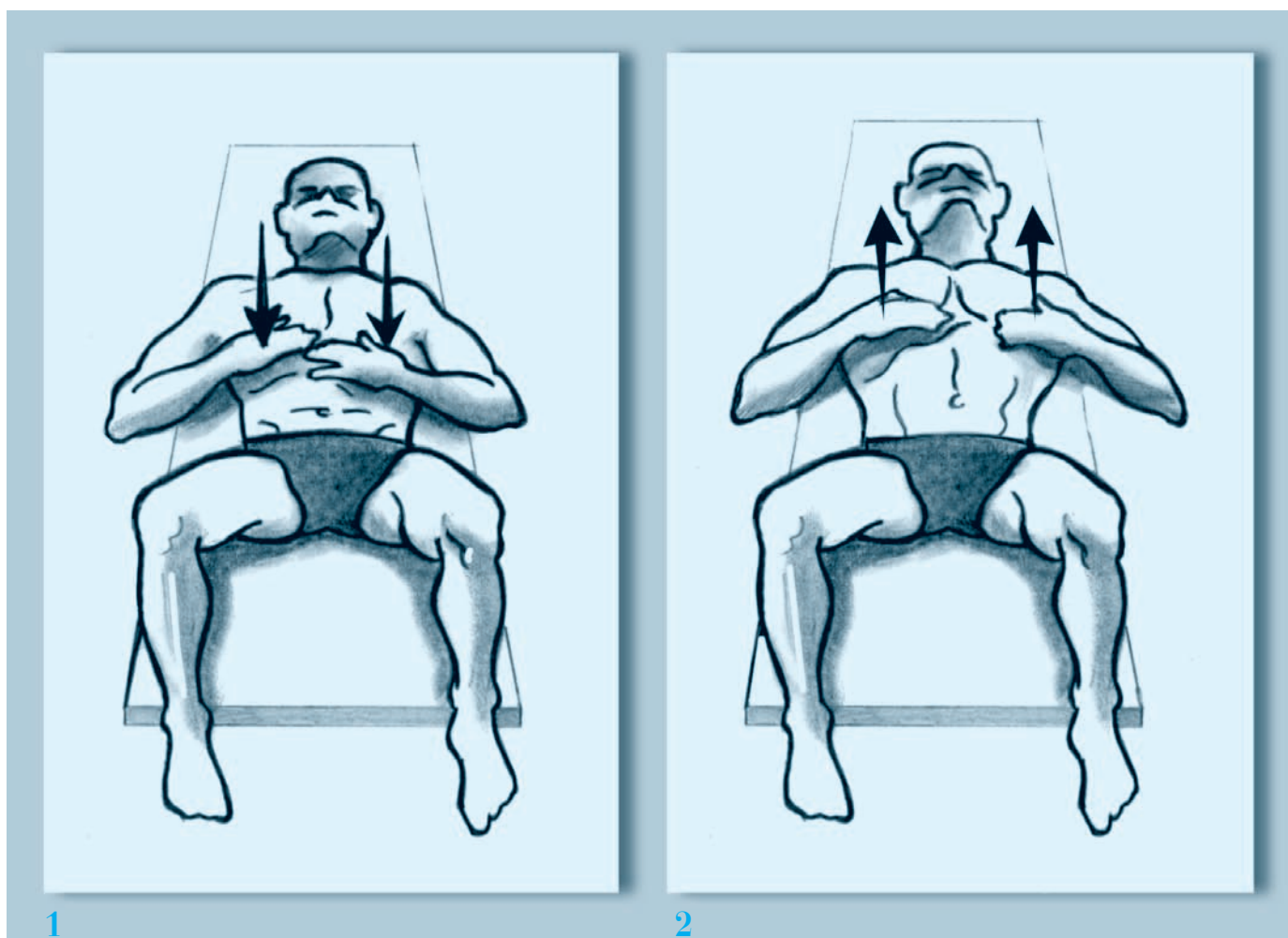
## EJERCICIO Nº 4

### Ejecución

- En posición supina, piernas flexionadas y un poco separadas, los pies en contacto con el suelo, las puntas de los dedos de las manos tocándose en el centro del tórax y con la punta del esternón (apófisis xifoides), las palmas de las manos apoyadas sobre las costillas.
- Durante una larga, lenta y profunda espiración, seguir delicadamente con las manos el descenso de las costillas y el tórax, sin apretar al final. Hacer una apnea espiratoria de 3-5 segundos (fig. 1).
- Bloquear entonces las costillas con las manos en la posición de máxima espiración e iniciar con esta presión en el tórax una larga inspiración con la boca abierta.
- Al final de la inspiración, quitar de prisa las manos del tórax. Esto producirá una rápida entrada de aire por la boca y la veloz expansión de las costillas.
- Después de 2-3 actos respiratorios completos, repetir el ciclo 4-5 veces.

### Nota:

*No comprimir con demasiada fuerza las costillas. La inspiración debe hacerse con la boca abierta y el desbloqueo debe ser lo más rápido posible. Hay que intercalar siempre entre ciclos algunas respiraciones normales.*



1

*Espiración + apnea espiratoria de 3-5 segundos*

2

*Inspiración + apnea inspiratoria de 3-5 segundos*

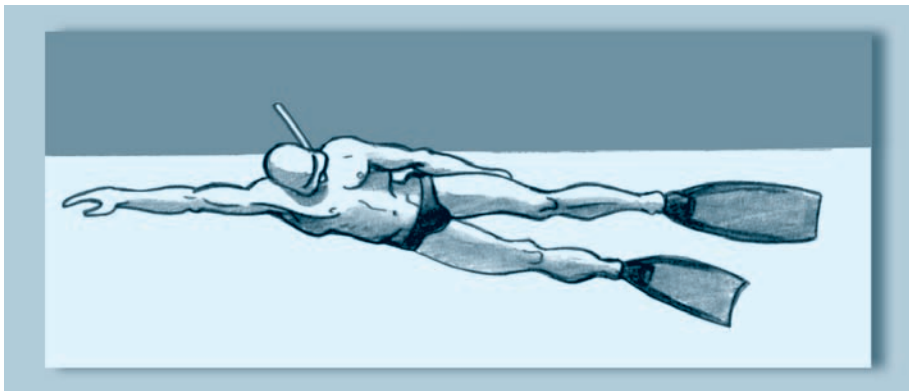
8. Sobre el lado derecho, practicar la patada de mariposa atendiendo a la alineación de la cabeza y la columna vertebral. Como en el ejercicio análogo a cuerpo libre, se puede controlar con el rabillo del ojo el movimiento correcto de las extremidades.
9. Repetimos el ejercicio sobre el lado izquierdo.
10. Damos un paso adelante colocando los brazos extendidos por encima de la cabeza; así se favorece la tensión necesaria para el buen apoyo del cuerpo y la flotabilidad correcta. Se consigue una mayor hidrodinámica y un gesto global similar al que se realizará con la monoaleta.

### EJERCICIOS CON LAS ALETAS DE APNEA

Para acercarnos a los ejercicios preparatorios para la monoaleta, respetando el criterio de la progresión, podemos sustituir las aletas cortas por las largas. El efecto será un punto de apoyo mayor y un avance más eficaz. El fin es aumentar la sensación de resistencia en los pies.

11. De espaldas, con los brazos en los costados, ejecutar la patada. La mirada apuntará a lo alto, un punto de referencia óptimo para el control de la posición. La pelvis debe oscilar hacia arriba y hacia abajo, mientras el movimiento ondulatorio que se consigue debe pasar ininterrumpido de los hombros a las aletas.
12. En posición prona, con los brazos en los costados, batir las piernas en estilo mariposa alineando columna y cabeza. Respirar alzándola o haciendo uso del tubo central. No olviden prestar atención al movimiento de la pelvis.
13. Sobre el lado derecho, adoptar posición y patada. Con pequeños movimientos de cabeza, controlar el movimiento de piernas y caderas. Junto a las sensaciones de la acción será fácil tener una idea precisa del gesto para corregirlo. Recuerden que comienza en la pelvis con un movimiento oscilatorio que, dada la posición, se desarrolla en sentido lateral.
14. Repetimos el ejercicio sobre el lado izquierdo.
15. Todos los ejercicios pueden practicarse con los brazos estirados por encima de la cabeza, la postura más hidrodinámica, éstos se convierten en el punto de apoyo de la acción ondulatoria, que encuentra así la forma de descargar la onda de la oscilación de la cadera.

**Aleteo de lado** Resulta una posición muy relajante, aunque para respirar haya que girar levemente la cabeza. De lado se trabaja sobre un plano casi paralelo a la superficie, cosa que permite un aleteo sin límites de amplitud, con las aletas sumergidas sin



provocar ruido ni espuma. Tiene la ventaja de permitir mirar en la dirección del desplazamiento o de observar la acción de las extremidades inferiores para advertir eventuales errores. Un brazo va extendido hacia delante con la palma de la mano girada hacia abajo y el otro permanece apoyado sobre el costado.

## 6.4 LOS ERRORES DEL ALETEO

Un buen instructor ayudará a entender el origen del problema y permitirá corregir la acción para favorecer un cambio significativo en el modo de manejar las aletas. Es muy importante considerar las propias características antropométricas y no intentar copiar el ejercicio correcto de quien es, por ejemplo, 10 cm más alto y tiene una estructura muscular muy diferente. Para facilitar la identificación del problema técnico personal hemos reunido los errores en tres grupos de causas: acción de las extremidades inferiores, posición del cuerpo y aletas inadecuadas.

### A. Errores debidos a la acción incorrecta de las extremidades inferiores

1. Patada demasiado amplia.
2. Pausa en la máxima apertura.
3. Flexión de la cadera hacia delante.
4. Flexión de la pierna hacia la cadera.
5. Extensión de la pierna.
6. Movimiento de ida incompleto.
7. Pie sin extender en la fase de vuelta.
8. Piernas divergentes.
9. Movimiento demasiado estrecho y veloz.
10. Pie valgo.

### B. Errores debidos a la posición del cuerpo

11. Cabeza hiperextendida.
12. Posición arqueada del cuerpo.
13. Cabeza encajada en los hombros.
14. Inversión del balanceo de los hombros.
15. Error de hidrodinámica.

### C. Ineficacia de las aletas

16. Calzante ancho.
17. Calzante blando.
18. Falta de canalizaciones laterales.
19. Unión entre pala y calzante.
20. Ineficacia de la pala.

Analizaremos ahora los errores describiendo primero su dinámica, luego las causas y finalmente sugerimos las correcciones a adoptar.

trario, el temor, el ansia, las contracciones musculares inoportunas y otros síntomas del estrés dependerán también de la confianza en la pareja y de su valía. Si la inmersión es a una cota profunda irá bien alcanzar al compañero entre los -10 y los -15 metros. Esto garantiza mayor seguridad al apneísta, que asciende durante la fase más crítica. A propósito, recuerden que el contacto visual baja de forma notable el nivel de estrés y favorece el control de la situación justo en los momentos de mayor riesgo, por ello, es importante subir junto al buceador manteniendo la misma velocidad. De este modo, el compañero podrá pedir el OK, mirarlo a los ojos, observar la expresión del rostro y el comportamiento general para detectar cualquier problema. Una vez en la superficie, el procedimiento de la seguridad prevé que el asistente controle que el apneísta:

- responda al OK solicitado
- se quite la máscara de la cara
- respire correctamente

Los síntomas presincopales pueden manifestarse, en algunos casos, después de varios segundos, cuando todo parecía ir bien. Asegurémonos, por tanto, que todo prosigue adecuadamente incluso tras haber realizado los gestos de rigor.



Se desaconseja la inmersión si el apneísta se encuentra en una de las siguientes condiciones:

- *Cansancio excesivo*
- *Exceso alimenticio o de alcohol en las 12 horas precedentes*
- *Digestión en curso*
- *Debilidad física debida a la ingestión de fármacos*
- *Patologías (bronquitis, otitis, etc.)*
- *Condiciones meteorológicas adversas*
- *Ausencia del asistente*
- *Falta de la preparación necesaria o de los medios técnicos adecuados para la inmersión programada*

SABER RENUNCIAR A LA INMERSIÓN ES UN SIGNO DE MADUREZ

Poco después, en Siracusa, **Enzo Maiorca**, el hombre que habría de dominar la historia de la apnea en los treinta años siguientes, baja a -45 m. Americo Santarelli se desplaza a Santa Margherita, en Liguria, y alcanza los -46 m. Maiorca, nada impresionado, pone tres metros entre él y el brasileño con una inmersión a -49 m, siempre en aguas locales. Por fin, en 1961, **Enzo Maiorca alcanza por primera vez en la historia la emblemática cota de -50 m**. Y en 1962, en Ústica, para rebatirse, el siciliano arranca el testigo de -51 m. La ciencia ha sido clamorosamente desmentida. Quién sabe cuál sería el estado de ánimo de Maiorca en el momento en que efectuaba el golpe de riñón que precede al descenso, con toda la medicina dándole por acabado; en tales circunstancias se ve la grandeza del hombre. Americo Santarelli se retira y Maiorca, sin adversarios, registra un -53 m en Siracusa en agosto de 1964 y un -54 m en Acireale en julio del año siguiente. La paz para Maiorca dura poco, pues en 1965 aparecen en el horizonte tres nuevos adversarios: **Teteke Williams, Robert «Bob» Croft y Jacques Mayol**. Un periodista del momento dijo de estos tres atletas que fueron para Maiorca un rayo en el cielo sereno el primero, un trueno ensordecedor el segundo y una tormenta infinita el tercero.

#### Jacques Cousteau funda la CMAS

La CMAS, *Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques*, se funda en Mónaco en 1959 bajo la presidencia del comandante Jacques Cousteau. Reagrupa las federaciones, las asociaciones y los organismos nacionales que operan en el sector de las actividades subacuáticas. Sustituye al Comité de deportes subacuáticos de la Confederación internacional de pesca deportiva fundado en 1952. La lengua oficial de la CMAS es el francés. Hasta aquí la *Confédération* había homologado todos los récords. La llegada de los nuevos aspirantes coincide con una política más severa: los -59 m de Williams, en Polinesia en septiembre de 1965; los -60 m de Mayol, establecido en las Bahamas en junio de 1966, y los -64 m de Robert Croft (Florida, febrero de 1967) no fueron aceptados como válidos aunque sí entren, por derecho, en la historia de la inmersión. Enzo Maiorca, por su parte, no se duerme en los laureles y en noviembre de 1966, desciende en las aguas de su Siracusa natal a -62 m con todos los honores de la oficialidad. El hecho de que Croft haya llegado a -64 m no lo desalienta: en Cuba, en septiembre de 1967, baja a la misma profundidad.

#### Maiorca y Mayol: el desafío

Las técnicas de inmersión son diferentes: Croft, fuerte y con una capacidad pulmonar impresionante (nueve litros y medio), se zambulle desnudo, sin aletas ni gafas, y cuando regresa lo hace escalando por el cabo guía. Mayol, en cambio, introduce las técnicas yoga, y trata de sustituir con la concentración psíquica un físico que no es precisamente de Tarzán. En cuanto a Enzo Maiorca, constancia y determinación constituyen los elementos fundamentales de su modo de meterse *a capofitto nel turchino*, o «de cabeza en el turquesa»<sup>1</sup>. Croft, que evidentemente no da mucha importancia a la

<sup>1</sup> Título que da nombre al libro de Maiorca, Enzo. *A capofitto nel turchino*. Rizzolo. N. de la T.

## Anatomía y fisiología del oído

El oído puede ser dividido en oído externo, medio e interno. El **oído externo** está formado por el pabellón auricular, que, con su forma cóncava, tiene la función de recoger los sonidos y conducirlos al canal auditivo externo. Se trata de un conducto que se introduce con recorrido levemente tortuoso y está cerrado en su extremidad interna por el **tímpano**, una fina membrana, elástica, semicircular y oblicua, con un diámetro de cerca de 1 cm, que separa herméticamente el oído externo del medio. Su función es amplificar las vibraciones acústicas que, junto a las estructuras del oído medio, son transformadas en estímulos mecánicos precisos, de ondas sonoras en movimiento.

El **oído medio** está situado en una pequeña cavidad del hueso temporal llamada también caja timpánica. Presenta tres orificios cerrados, uno hacia el exterior –que cierra la membrana del tímpano– y dos hacia el interior –ventanas oval y redonda. También establece comunicación con la nasofaringe mediante la **trompa de Eustaquio**, un canal osteocartilaginoso que se abre al tragar y equilibra la presión en ambos lados del tímpano. Cruzando la caja timpánica hay una cadena de tres huesecillos, el martillo, el yunque y el estribo; el primero está en contacto con el tímpano, el último cierra la ventana oval. La cadena de huesecillos o **cadena osicular** debe tener la máxima libertad de movimiento para suministrar una fiel transmisión del sonido, por ello es necesario que el oído medio esté siempre libre y limpio, función de la trompa de Eustaquio. Las vibraciones procedentes del oído externo son recoge-

