ACTA MEDICA, Vol. XVIII, Núms. 69-70,
1o. y 2o. trimestres de 1982,
páginas 43-48

REFLEJO DE INMERSION

*Rafael A. Urrutia Zamudio**
*Ma. de Lourdes Durán Ch.****
*Jorge Rodríguez González**
*Rodolfo Limón Lason***

La transferencia de energía en los seres vivos depende en mucho de los proceso de oxidación biológica; estos procesos son universales y toda actividad viviente depende en mayor o menor grado de su acción. Los almacenes de oxígeno en el hombre son pequeños (70 ml/kg de peso). La supresión de la función cardiopulmonar produce rápidamente lesiones irreversibles particularmente graves en las células excitables. Si se considera que la variación del contenido de oxígeno de un compartimiento en función del tiempo es igual a la diferencia entre el flujo de entrada y el de salida, la capacaidad del almacén de oxígeno nos dará el límite de supervivencia.

El consumo de oxígeno durante la marcha y carrera leve es tres veces menor que en el nado sobre la superficie y seis veces menor que en el buceo a pulmón.[7] Debido a las condiciones expuestas, prácticamente todos los seres vivos cuentan con poderosos mecanismos de adaptación y protección contra la hipoxia.

Dentro de los mecanismos de adaptación más conocidos se encuentra el llamado "reflejo de inmersión", que consiste en la aparición de bradicardia, hipertensión arterial sistémica y vasoconstricción periférica, consecutiva a la inmersión de la cara en agua. Fue descrito originalmente en el pato *(Anas boschas)* en 1870 por Paul Bert, quien además demostró su desaparición después de la vaguectomía.[3,5]

En 1889, C. Richet mostró mediante secciones tronculares del trigémino, que este nervio es la vía para los impulsos aferentes.[15] F.M. Huxley en 1913,[10,11] encontró que las ramas oftálmicas y mandibular son las más importantes, además demostró la conservación del reflejo en el pato descerebrado.[10]

Detley W. Bronk y Gessel (1920 y 1927 respectivamente) demostraron que el reflejo de inmersión causaba vasoconstricción e hipoxia muscular, mientras la circulación cerebral permanecía igual o mejoraba debido a redistribución circulatoria.[4,16]

Posteriormente, este reflejo fue caracterizado en otras especies animales: en 1961, H.T. Andersen lo estudio en lagartos; Murdaugh y Jakson, en 1962, en serpientes;[4,6,14] Mitchele, en 1961, lo estudió en focas y J.H. Martner, en 1977, en gatos.[3,11]

Los modelos animales más estudiados actualmente, son los llamados mamíferos buceadores. Irwing (1930-1934) estudió animales buceadores y no buceadores, encontró mayor resistencia a la asfixia en los primeros. En ellos, Scholander caracterizó el reflejo como "conservador de oxígeno"; explicó que bradicardia e hipertensión implicaban una notable redistribución circulatoria que permitía ofrecer y entregar el oxígeno almacenado al sis-

* Departamento de Medicina del Deporte del I.M.S.S.
** Sección de Postgrado E.N.E.P.I. - U.N.A.M.
*** Ponente de tesis para obtención de grado de Maestro en Ciencias en Medicina del Deporte (Escuela Superior de Medicina, I.P.N.) cuyo resumen constituye este artículo.

tema nervioso y al miocardio, estableciéndose prácticamente un preparado circulatorio corazón-cerebro.[6,13,16,17]

Los antecedentes de esta línea de investigación en el hombre arrancan con P. McBride en 1887,[12] quien encontró que la estimulación mecánica de las fosas nasales producía bradicardia. Sin embargo, las observaciones sistematizadas se iniciaron hasta la década de los sesentas. En 1966 Brick separó el efecto de la apnea y el del estímulo de mecanorreceptores faciales, utilizando *snorkel* para respirar en condiciones de inmersión.[6,8,9] En 1978 Speck[17] demostró que el reflejo de inmersión se precipitó por el frío en la cara y no por el contacto directo con el agua; observó también que se producía bradicardia con la exposición de la cara al viento frío. Allison en 1977[2] encontró mayor respuesta refleja en jóvenes que en adultos, y en niños prematuros que en nacidos a término.[1,2,3]

Los modelos biológicos humanos más estudiados son los buceadores de perlas del Japón; Rahan en 1967 demostró inclusive variaciones metabólicas y nutricionales congruentes con la temporada de buceo.[18]

Con el propósito de ampliar las observaciones sobre este reflejo y asociar esta respuesta fisiológica con el comportamiento clínico de algunos procesos patológicos cardiovasculares, se inició en la E.N.E.P.I.* de la U.N.A.M.,+ un estudio que incluye la observación del comportamiento reflejo en 60 individuos sanos, 40 hombres y 20 mujeres, entre ellos ocho nadadores con edades entre 15 y 30 años. Previamente se elaboró historia médico-deportiva, historia clínica que incluyó exámenes de laboratorio de rutina, telerradiografía de tórax, electrocardiograma y espirometría.

El procedimiento experimental consistió en la inmersión exclusiva de la cara durante 40 a 60 segundos y monitoreo del electrocardiograma y la presión arterial.

Los resultados de nuestras observaciones fueron los siguientes:

1) Encontramos disminución de la frecuencia cardiaca de más del 50% en todos los casos e incrementos discretos en la presión arterial sistólica.
2) Utilizando *snorkel* para respirar durante la inmersión, fue posible descomponer la respuesta refleja en su componente apneico (reflejo de Hering-Breuer) y el de punto de partida trigeminal; se encontró que en condiciones de inmersión y respirando por el *snorkel*, la respuesta seguía presente.
3) La inmersión en agua fría aumenta la respuesta refleja (fig. 1).
4) La actividad física previa produjo respuesta refleja más intensa, dándose prioridad al reflejo sobre la descarga simpaticoadrenal promovida por el ejercicio y retardando el pago de la deuda de oxígeno contraída (fig. 2).
5) La aspiración de humo de cigarro disminuye notablemente la respuesta refleja. Lo mismo que el bloqueo vagal farmacológico con atropina (fig. 3).
6) En los nadadores el reflejo se encuentra más desarrollado que en el resto de los individuos, sobre todo en aquellos que hacen trabajo de resistencia.
7) Los efectos sobre el ritmo cardiaco son: bradicardia sinusal, migración del marcapaso del nodo senoauricular hacia el aurículo-ventricular (variaciones en la forma de la onda *P* y en el segmento *p-r*) hasta tomar un ritmo nodal, en este momento son comunes los escapes ventriculares; esta respuesta electrocardiográfica varía en poco de la obtenida por estimulación eléctrica del vago; de hecho parece ser que este reflejo es el que produce el efecto vagal más intenso sobre el ritmo cardiaco (fig. 4).

Se ensayaron los efectos terapéuticos de este reflejo en pacientes cardiópatas con arritmias cardiacas rápidas: fibrilación auricular, *flutter* auricular, taquicardia paroxística supraventricular y en el síndrome de Wolf-Parkinson-White (W-P-W). Excepto en el último tipo de arritmias, en todos los casos el reflejo de inmersión disminuyó y normalizó la frecuencia cardiaca. La escasez de terminaciones vagales en las bases ventriculares podría explicar el comportamiento del síndrome de W-P-W ante el reflejo.

---

* Escuela Nacional de Estudios Profesionales. Ixtacala.
+ Universidad Nacional Autónoma de México.

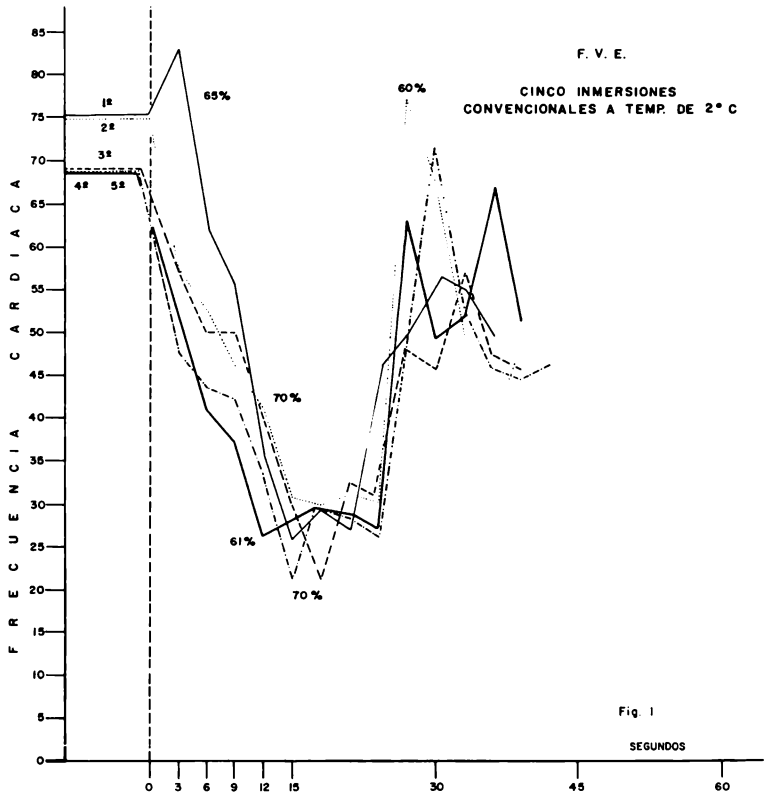

F. V. E.
CINCO INMERSIONES
CONVENCIONALES A TEMP. DE 2° C
FRECUENCIA CARDIACA
SEGUNDOS
1ª
2ª
3ª
4ª
5ª
65%
60%
70%
61%
70 %

Fig. 1

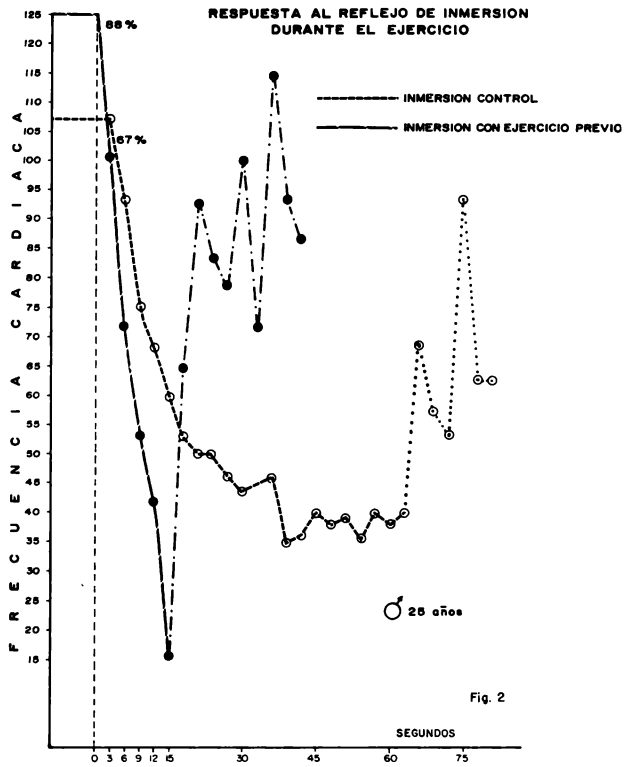

RESPUESTA AL REFLEJO DE INMERSION
DURANTE EL EJERCICIO
INMERSION CONTROL
INMERSION CON EJERCICIO PREVIO
FRECUENCIA CARDIACA
SEGUNDOS
88 %
67 %
♂ 25 años

Fig. 2

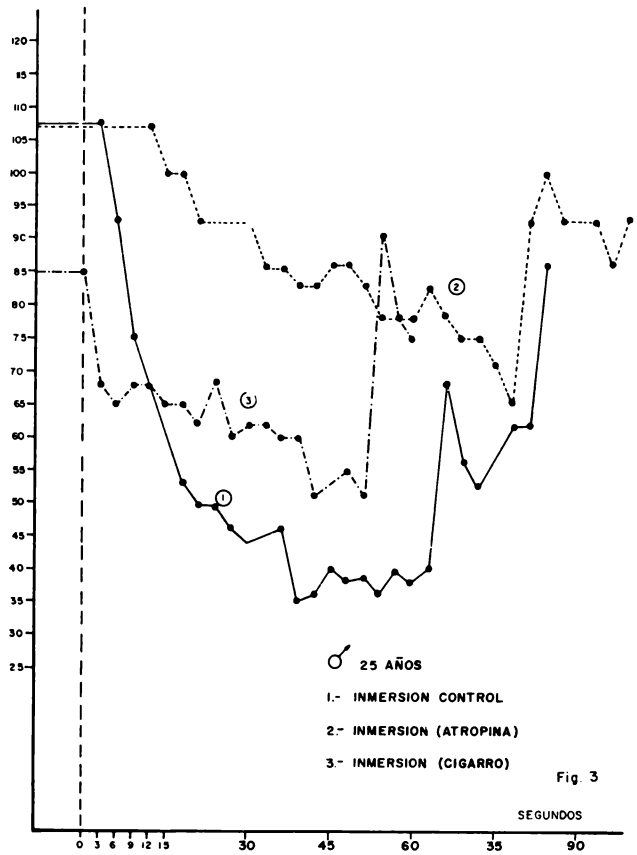
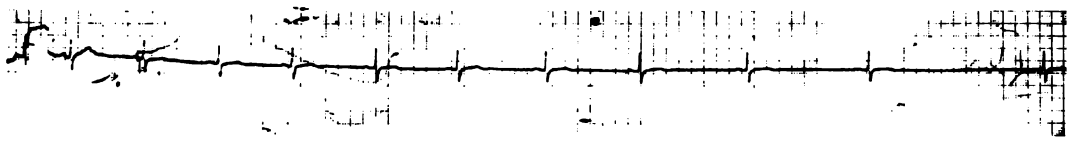
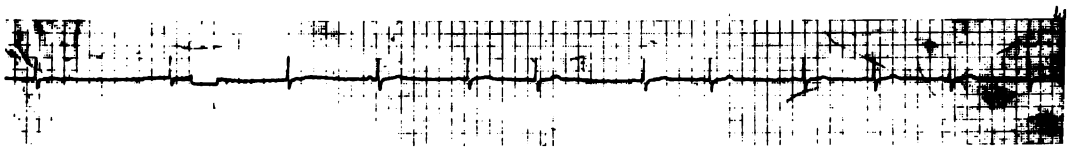


Fig. 3

ELECTROCARDIOGRAMA DE REFLEJO DE INMERSION



PRESENCIA DE BRADICARDIA AL DESENCADENARSE EL REFLEJO DE INMERSION



AL SUSPENDER EL REFLEJO, LA FRECUENCIA CARDIACA VUELVE A SU ESTADO NORMAL

Fig. 4

RESUMEN

Debido a falta de interés en nuestro medio para el estudio científico del deporte, se ha permitido la práctica del mismo en condiciones de control mínimo. El deporte acuático no es la excepción, la investigación es reducida a pesar de que este deporte se ha incrementado en los últimos años.

El desconocer sus características fisiológicas, expone a una serie de peligros que con frecuencia producen accidentes graves; por esta razón se estudió el reflejo de inmersión que promueve una serie de variaciones fisiológicas en la esfera cardiopulmonar tanto en animales buceadores como en el hombre; este reflejo actúa como mecanismo de adaptación y protección contra la hipoxia.

En este estudio se caracterizó dicho reflejo investigándolo en 60 individuos de ambos sexos y se encontró que su respuesta es más intensa en los jóvenes que en ancianos, en los atletas que en los sedentarios y en nadadores de fondo que en los de velocidad.

Se confirmó que la vía aferente es trigeminal, la integración mesencefálica, y la vía eferente vagal; se demostró también la prioridad del reflejo sobre la deuda de oxígeno que crea el ejercicio.

A través de algunos ensayos terapéuticos, utilizando este reflejo, se han corregido algunas arritmias cardiacas clínicas.

SUMMARY

Due to lack of interest in our environ to cientific study of sports, its practice has been permited in conditions of minimum control. Aquatic sports are not an exception, investigation is reduced eventhough this sport has increased in last years.

Not knowing its physiological characteristics, exposes to a series of dangers which frequently produce serious accidents; because of this, the inmersion reflex which brings about a series of physiologic variations in the cardiopulmonary area, was studied, in both, diving animals and man; this reflex acts as a mechanism of adaptation and protection against hypoxia.

In this study, such reflex was characterized, investigating it in 60 subjects of both sexes and was found more marked in young individuals rather than in the aged, in athletes rather than in the sedentary and in the endurance swimmers rather than in the speedy.

It was confirmed that the afferent way is the trigeminal nerve, integration is mesencephalic; the efferent way is vagal; it was also demostrated the priority of this reflex over the oxygen debt due to exercise.

Through some therapeutic essays using this reflex, some cardiac arrhythmias have been corrected.

BIBLIOGRAFIA

1 **Allison, D.J.**, "Dangerous reflexes from the nose", *The Lancet*, April 23, pp. 909, 1977.
2. **Allison, D.J.**, "Paroxismal atrial tachycardia and the diving reflex (letter), *The Lancet* I (8076), June 10, pp. 1261, 1978.
3. **Andersen, H.T.**, "The reflex nature of physiological adjustments to diving and their afferent pathway", *Acta Physiol. Scand* V. 58, pp. 263-273, 1963.
4. **Bader, M.E.** and **M.B. Macht**, "Indirect peripheral vasodilatation produced by the norming of various body areas" *J. Appl. Physiol*, V.I., pp. 215-226, 1948-1949.
5. **Bert, P.**, "Lecons sur la phisiologie compare e de la respiration", *Paris* Bailliere, 1870.
6. **Brick, I.**, "Circulatory response to inmersing the face in water", *J. Appl. Physiol.*, V. 21 (1), pp. 33-36, 1966.
7. **Cerreteli, P.**, "Fisiologia del lavoro e dello sport", Cap. 11.
8. **Cooper, K.E.**, **S. Martin** and **P. Riben**, "Respiratory and other responses in subjects immersed in cold water". *J. Appl. Physiol.*, 40 (6), pp. 903-910, 1975.
9. **Corriol, J.** and **J.J. Rohner**, "Role de la temperature de L'eau dans la bradicardie d'inmersion de la face", *Arch. Sci. Physiol.*, V. 22, pp. 265-274, 1968.
10. **Huxley, F.M.**, "On the reflex nature of apnoea indiving: 1. The reflex nature of submersion apnoea", *Quart. J. Exp. Physiol.*, Vol. 6, pp. 147-157, 1913.
11. **Martner, J.H.**, **Wadwnvick** and **B. Lisander**, "Apnoea and Bradycardia from submersion in chronically descerebrated cate", *Acta Physiol. Scand* 101, pp. 476-480, 1977.
12. **McBride, P.**, *Br. Med. J.*, Vol. 1, pp. 205, 1887.
13. **Nadel, E.R.**, "Thermal and energetic exchanges during swimming", *In Nadel E.R. Ed. Problems with temperature regulation during exercise*, N.Y. Academic Press Q.T., pp. 91-127, 1977.
14. **Prampero (Di Prampero), P.E.**, **D.R. Pendergast**, **D.W. Wilson**, and **D.W. Rennie**, "Energetics of swimming in man" *J. Appl. Physiol.*, 37 (1), pp. 1-5.
15 **Richet, C.**, "De la resistance de canards á l'ásphyxie",

J. Physiol. Path. Gén. Vol. 1, pp. 641-650, 1978.

16. **Scholander, P.F.,** "The master switch of life", *III' Gas exchange and the lungs,* Cap. 17, Dec., pp. 176-184, 1963.
17. **Speck, D.F.** and **D.S. Bruce,** "Effects of varying thermal and apneic conditions on the human diving reflex", *Undersea Biomed.,* Res. 5 (1), pp. 9-14, 1978.
18. **Suk Ki Hong,** and **Herman Rahan,** "The diving women of Korea and Japan", III Gas exchange and the lungs, Cap. 18, May., pp. 185-194, 1967.