

22



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MÉXICO

---

---

FES IZTACALA

VALORACIÓN Y COMPARACIÓN DEL REFLEJO  
DE INMERSIÓN EN PRACTICANTES DE NADO SINCRONIZADO  
VS PERSONAS SEDENTARIAS

298492

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

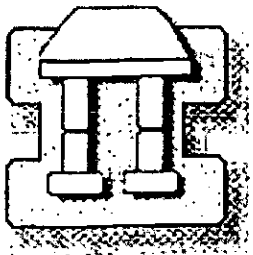
**B I O L O G O**

P R E S E N T A

**JOSÉ OSCAR CORONADO ROSAS**

ASESOR: Dr. Rafael Angel Urrutia Zamudio

OCTUBRE 2001





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

Resumen	3
Introducción	4
Antecedentes	6
Objetivos	9
Material	10
Metodología	11
Resultados	12
Análisis de resultados	13
Discusión	15
Conclusiones	18
Sugerencias	19
Bibliografía	20
Anexo 1 (Actividad eléctrica y fisiológica del corazón)	24
Anexo 2 (Nervio trigemino)	28

## RESUMEN

La transferencia de energía en los seres vivos depende en mucho de los procesos 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 en las células excitables del sistema nervioso. Por lo cual, prácticamente todos los seres vivos cuentan con mecanismos de adaptación y protección contra la hipoxia.

Dentro de los mecanismos más conocidos se encuentra el reflejo de inmersión: este reflejo consiste en la aparición de bradicardia, hipertensión arterial sistémica y vasoconstricción periférica consecutiva a la inmersión de la cara.

En el presente trabajo se estudio como cambia el trazo electrocardiográfico del reflejo de inmersión con el entrenamiento del deporte de nado sincronizado encontrándose que el reflejo se incrementa un 200 % más en intensidad y duración en comparación con los sedentarios, así como migración del marcapaso del nodo seno auricular hacia el auriculoventricular ( Variación en la onda "p" el segmento "p-r") hasta tomar un ritmo nodal. En este momento son frecuentes los escapes ventriculares. Demostrándose que la estimulación y ejercitación del reflejo incrementa él limite de supervivencia.

## INTRODUCCION

La investigación de fenómenos fisiológicos en el campo deportivo en nuestro país es poco valorada tanto en el ambiente deportivo como en el científico, dicha postura asumida se evidencia en las pasadas olimpiadas pues entre otros muchos factores el bajo rendimiento de nuestra delegación deportiva se desvió a la falta de aclimatación, a las condiciones ambientales existentes en Sydney. Cuestión que pudo ser determinada por los fisiólogos deportivos en nuestro país y plantearse expectativas reales y sugerírseles métodos de aclimatación y entrenamientos para un mejor desempeño.

Algunos fenómenos fisiológicos que ocurren en la práctica deportiva son desconocidos por entrenadores y deportistas. (*Carretelli P. 1972*). Tal es el caso del reflejo de inmersión, el cual es una respuesta natural del cuerpo para conservar la vida ante la privación del suministro de oxígeno que consta en bradicardia, vaso constricción periférica, hipertensión arterial sistémica consecutiva a la inmersión del cuerpo en el agua. Este fenómeno se presenta en diversas disciplinas deportivas como el nado sincronizado, los clavados, el nado de velocidad, el buceo y casi todos los deportes acuáticos en los cuales se presentan períodos de apnea. Así como actividades acuáticas tal es el caso las buceadoras de perlas del Japón.

Debido a la falta de interés por este tipo de investigación se tiene poca información sobre su comportamiento fisiológico, lo cual da como resultado la práctica de estos deportes en condiciones de poco control.

En el caso de nado sincronizado, deporte en el cual la combinación de ejercicio y apnea consecutiva y prolongada van de la mano, fue de gran interés caracterizar la frecuencia cardiaca y la morfología del trazo electrocardiográfico durante el reflejo en practicantes de esta disciplina, lo anterior aporta datos para que en un futuro la preparación y diagnóstico del estado del deportista sean más científicos.

Es bien sabido que el seguimiento de la vagotonía del atleta de alto rendimiento es un indicador importante del estado de entrenamiento que guarda el atleta. El reflejo de inmersión es un reflejo netamente vagotónico por lo cual puede ser utilizado.

## ANTECEDENTES

La respiración en el deporte es de una importancia innegable y ésta es definida como el transporte de oxígeno de la atmósfera a las células y a la inversa transporte de bióxido de carbono de las células a la atmósfera. La supresión de la función cardio-pulmonar produce rápidamente anoxia en los tejidos corporales produciendo lesiones irreversibles particularmente en las células del sistema nervioso. Si se considera que la variación del contenido de oxígeno de un compartimiento, en función del tiempo es igual a la diferencia del cociente de entrada y el de salida, la capacidad de almacén de oxígeno nos dará el límite de supervivencia o capacidad vital. Lo cual protege al sistema nervioso central ante la falta de oxígeno para que no sufra daño por lo que se desatan una serie de reacciones fisiológicas, entre ella se encuentra el reflejo de inmersión.

El reflejo fue descrito originalmente por Paul Bert. en 1870. en el pato *Anas boschas*, el cual disminuía su frecuencia cardiaca de 100 a 14 latidos por minuto después de la inmersión. Esta respuesta esta influenciada por la capacidad fisiológica de transporte de oxígeno que en el hombre es de 14-15 centímetros cúbicos por Kg de peso, en comparación con otros mamíferos buceadores como la foca *Histrophoca fasciata*, que es de 39 centímetros cúbicos por Kg de peso. El reflejo desaparecía después de efectuar la vagotomía. *Rchet* en 1889 mostró mediante secciones tronculares del trigémino, que éste nervio era la vía para la

transmisión de los impulsos aferentes. *F.M. Huxley* en 1913 describe que las ramas oftálmicas y mandibulares son las de mayor dominio para la aparición del reflejo, así como la persistencia del reflejo aún estando el pato descerebrado.

*Detly y Gessel* (1920,1927) expusieron que el reflejo de inmersión causaba vasoconstricción e hipoxia muscular mientras la circulación cerebral permanecía igual o mejoraba debido a una redistribución circulatoria. Este reflejo fué caracterizado en otros animales por *H. T. Andersen*, en 1961 quien lo reportó en lagartos. *Murdaugh y Jakson* en 1962 en serpientes. *Mitchele* lo describió en focas en 1961 y *J. H. Mortner* en 1977 en los gatos. Los modelos animales más estudiados actualmente son los mamíferos buceadores. De 1930 a 1934 *Irwin* estudió animales buceadores y no buceadores, encontrando mayor resistencia a la asfixia en los buceadores. Otra particularidad reportada es que los peces presentan el mismo comportamiento fisiológico pero a la inversa, sacándolos del agua, con excepción de los peces pulmonados los cuales lo tienen igual que el hombre. *Scholander* caracterizó el reflejo como un mecanismo "Conservador de oxígeno " y explicó que la bradicardia e hipertensión implicaban una notable redistribución circulatoria que permitía ofrecer y entregar el oxígeno almacenado al sistema nervioso y al miocardio estableciendo prácticamente un preparado circulatorio corazón-cerebro.

*P. McBride* fué el primero en describirlo en el hombre, encontrando que la estimulación mecánica de las fosas nasales producía bradicardia. Sin embargo, las observaciones sistematizadas se iniciaron en la década de los



60's. *Brik* en 1966 separó el efecto de la apnea y el de los mecano receptores faciales, utilizando el snorkel para respirar en condiciones de inmersión de la cara. En 1978 *Spech* demostró que el reflejo se precipita por frío. *Allison* en 1977, encontró mayor respuesta refleja en individuos jóvenes que en adultos y en niños prematuros que nacidos a término. *Rohan* utilizando a los buceadores de perlas del Japón demostró que durante la temporada de colecta se encontraron variaciones en funciones metabólicas.

*Urrutia* 1982, en este mismo laboratorio, encontró que la respuesta del reflejo es más intensa en los atletas que en los sedentarios y en nadadores de fondo que en nadadores de velocidad. Así como la inhalación del humo de tabaco la afecta al reflejo tomándolo menos potente. En el deporte, este reflejo se presenta en diversas disciplinas como los clavados, el buceo, el nado de velocidad y el nado sincronizado por ser inminente la entrada de la cara en el agua.

En el nado sincronizado, el 80 % de los movimientos presentan la inmersión de la cara en el agua. Ejemplos de esto son la salida de delfín, el delfín adentro invertido, el delfín adentro marsopa, vuelta múltiple, múltiple invertido, cola de pescado, etc. Siendo esta disciplina de los únicos deportes de conjunto en el que México destacó en las pasadas olimpiadas de Atlanta, resulta de interés caracterizar como se expresa este reflejo en personas que lo han estimulado por más de 6 años, aproximadamente 30 horas a la semana.

## OBJETIVOS

Determinar el trazo electrocardiográfico característico del reflejo de inmersión en practicantes de nado sincronizado.

Comparar el trazo electrocardiográfico de los practicantes de nado sincronizado con el obtenido de personas sedentarias.

Demostrar que el entrenamiento de nado sincronizado modifica la morfología del trazo electrocardiográfico del reflejo de inmersión.

Valorar la respuesta del reflejo de inmersión en intensidad y duración en los dos grupos estudiados.

Aportar datos para determinar si el hombre debe ser considerado un mamífero buceador.

## MATERIAL HUMANO

- 10 practicantes de nado sincronizado.
- 10 personas sedentarias.
- (sexo femenino y edades entre los 15 y 20 años )

## INSTRUMENTACION

- Electrocardiógrafo portátil.
- Módem acústico y computadora con interfase para conversión analógica digital.
- Electrocardiógrafo clínico.

## MATERIAL DIVERSO

- Regla para medición de frecuencia.
- Papel para electrocardiografía.
- Gel para electrodos.
- Torundas en alcohol.
- Cuba para la inmersión de la cara.
- Diván médico.
- Formatos para historia clínica.

## METODOLOGIA

Se estudiarán 20 individuos del sexo femenino con edades comprendidas entre 15 y 20 años de edad, a las cuales se les realizará historia clínica y médico deportiva, basándose en esto se dividirán en dos grupos experimentales, uno de atletas de nado sincronizado (equipo representativo del CAAN) y otro de sujetos sedentarios.

Se procederá al registro electrocardiográfico completo en reposo en la posición decúbito ventral, en la misma posición se tomó el registro del reflejo (inmersión de la cara en una cuba de agua) indicando la conveniencia de que la apnea sea máxima, se registrará dos minutos antes durante toda la apnea y dos minutos después. El proceso se repetirá en tres ocasiones.

Con el propósito de la puesta en marcha del sistema de transportación de señales biológicas, los registros electrocardiográficos obtenidos serán digitalizados por un módem acústico para su envío desde el CAAN del IMSS al laboratorio de fisiología del esfuerzo de la FES-Iztacala, UNAM todos los estudios se efectuaran a la misma hora para evitar variaciones por el ciclo circádico. Así como el estado postabsortivo de la digestión y sin ninguna carga física previa, la temperatura del agua de la cuba será la misma de la alberca 27° C.

## RESULTADOS

# REFLEJO DE INMERSIÓN SEDENTARIA

Nombre: Guadalupe López

2

INDOS	E I	E II	E III	I	II	III	S I	S II	S III	Promedio
-30	89	89	88							88.67
-27	88	88	88							88.00
-24	87	88	88							87.67
-21	87	88	85							86.67
-18	87	87	86							86.67
-15	87	87	86							86.67
-12	88	87	88							87.67
-9	88	88	88							88.00
-6	88	88	89							88.33
-3	97	95	95							95.67
0	107	107	107	107	107	107				107.00
3				115	115	105				111.67
6				115	99	110				108.00
9				88	71	110				89.67
12				78	71	89				79.33
15				78	71	80				76.33
18				83	71	82				78.67
21				75	65	82				74.00
24				68	65	69				67.33
27				83	65	68				72.00
30				78	78	66				74.00
33				78	75	77				76.67
36				78	75	75				76.00
39				78	75	75				76.00
42				78	75	75				76.00
45				78	75	79	78		79.00	77.33
48					65		96		95	85.33
51					65		100		99	88.00
54					65		97		99	87.00
57					65		105		99	89.67
60					65		110		99	91.33
63					75		100		95	90.00
66					75		88		94	85.67
69					75		85		86	82.00
72					75		96		86	85.67
75					75		95	75	86	82.75
78							98	95	93	
81							86	98	93	
84							88	98	93	
87							87	100	89	
90							88	100	88	
93							87	86	88	
96							88	88	86	
99							87	89	85	
102							85	90	87	
105							87	95	85	
108								95	88	
111								98	88	
114								98	88	
117								95		
120								95		
123								90		
126								90		
129								88		
132								85		
135								88		
138								87		
141								87		
144								87		
147								87		
150								88		

# REFLEJO DE INMERSIÓN NADO SINCRONIZADO

Liliana Villanueva

9

SEGUNDOS	E I	E II	E III	I	II	III	S I	S II	S III	Promedio
-30	66	65	63							
-27	66	65	63							
-24	65	64	66							
-21	66	65	68							
-18	66	66	65							
-15	65	66	64							
-12	65	65	65							
-9	65	65	66							
-6	66	64	65							
-3	74	75	75							
0										
3	78	78	80		78	78	80			78.67
6					107	88	115			103.33
9					83	99	90			90.67
12					75	93	95			87.67
15					78	93	93			88.00
18					75	99	98			87.33
21					65	71	85			73.67
24					65	71	88			74.67
27					78	75	79			77.33
30					62	78	78			72.67
33					62	68	78			69.33
36					62	68	78			69.33
39					62	62	78			67.33
42					62	75	78			71.67
45					62	41	78			60.33
48					75	41	67			61.00
51					75	41	67			61.00
54					75	41	67			61.00
57					75	41	67			61.00
60					60	72	50			60.67
63					60	72	50			60.67
66					60	72	50			60.67
69					60	72	50			60.67
72					60	72	50			60.67
75					60	57	50			55.67
78					60	57	50			55.67
81					60	57	50			55.67
84					60	57	50			55.67
87					60	57	50			55.67
90					60	41	75			58.67
93					46	41	75			54.00
96					46	41	75			54.00
99					46	41	75			54.00
102					46	41	75			54.00
105					46	46	75			55.67
108					46	46	75			55.67
111					46	46	75			55.67
114					46	46	75			55.67
117					46	46	75			55.67
120					60	50	80			63.33
123					60	50	82		82	64.00
126					60	50			99	55.00
129					60	50			98	55.00
132					60	50			98	55.00
135					60	80			97	70.00
138					88	80	88		97	84.00
141						80	100		97	80.00
144						98	98	98	97	98.00
147							98	99	89	
150							99	99	89	
153							95	98	87	
156							90	97	86	
159							88	96	90	
162							86	95	90	
165							80	90	89	
168							82	88	85	
171							80	88	80	
174							78	87	80	
177							78	89	75	
180							74	92	74	
183							74	90	70	
186							72	77	68	
189							72	78	65	
192							68	77	66	
195							70	75	66	
198							66	73	65	
201							66	68		
204							65	65		
207							66	66		
210							66	66		
213								66		







## TABLA DE PROMEDIOS

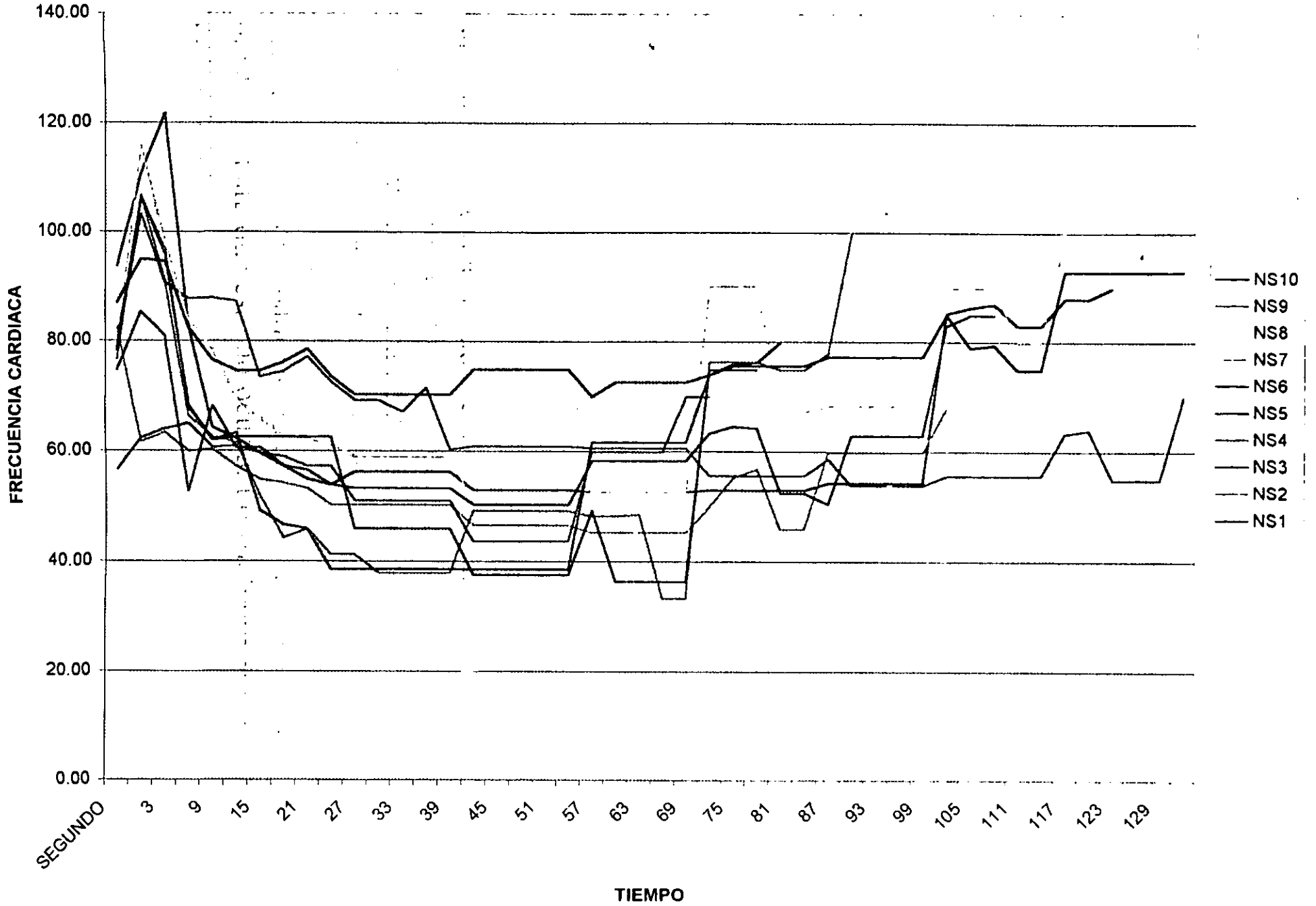
SEGUNDOS	SEDEN.	N.SINC.
0	63.57	78.73
3	68.53	95.33
6	63.17	89.70
9	56.07	71.67
12	52.08	68.37
15	50.50	66.07
18	51.30	61.33
21	51.20	59.57
24	53.50	59.53
27	51.30	56.60
30	50.90	53.57
33	50.00	53.23
36	57.07	53.03
39	57.07	53.47
42	58.50	52.33
45	69.57	50.60
48	97.67	50.60
51	88.00	50.60
54	87.00	50.60
57	89.67	50.60
60	91.33	55.90
63	90.00	54.88
66	85.67	54.92
69	82.00	53.40
72	85.67	54.40
75	82.75	68.18
78		69.13
81		69.31
84		63.17
87		60.76
90		63.90
93		68.17
96		62.86
99		62.86
102		62.86
105		77.83
108		79.20
111		79.43
114		73.42
117		73.42
120		86.08
123		81.67
126		79.33
129		74.00
132		74.00
135		81.50
138		84.00
141		80.00
144		98.00



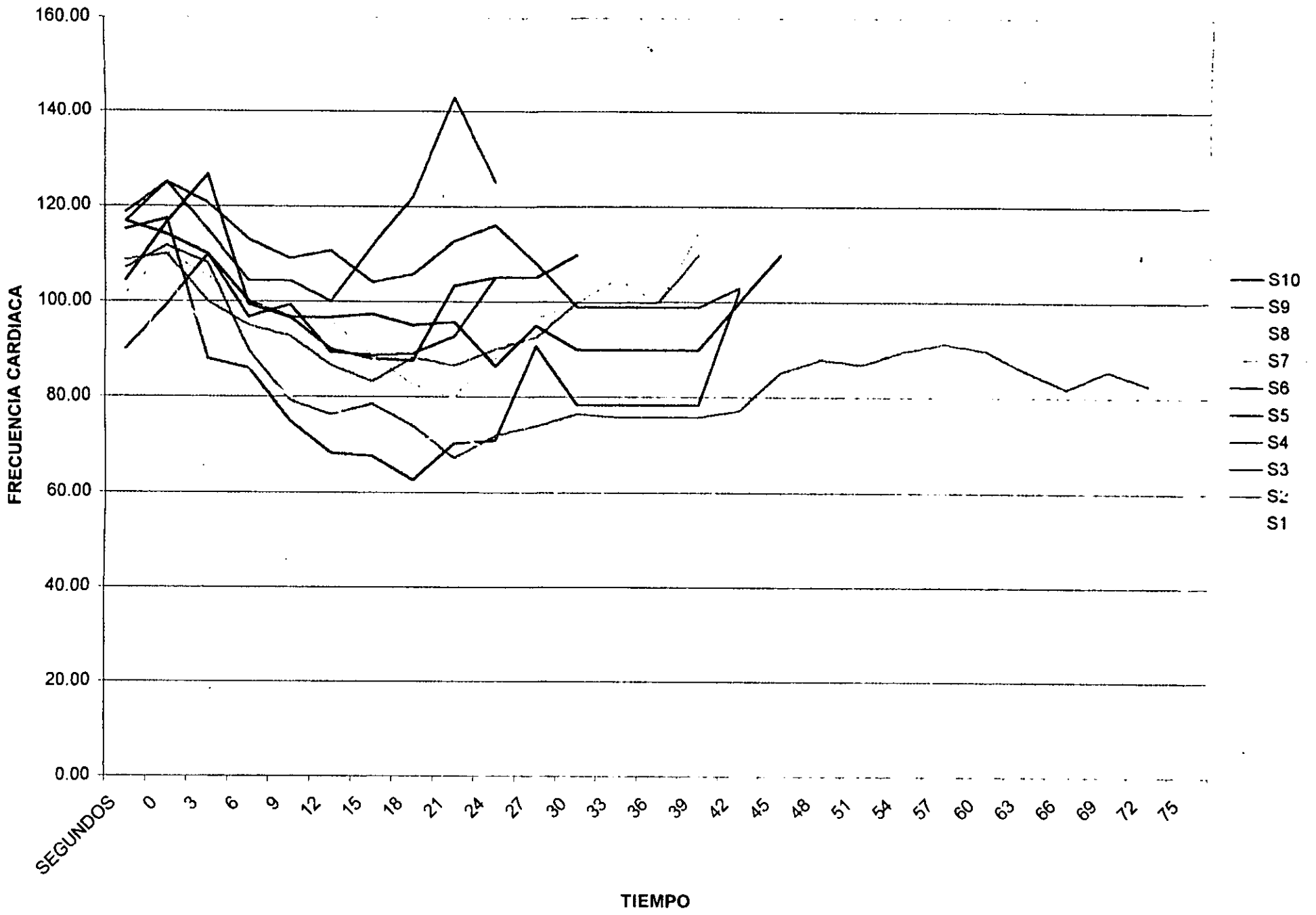




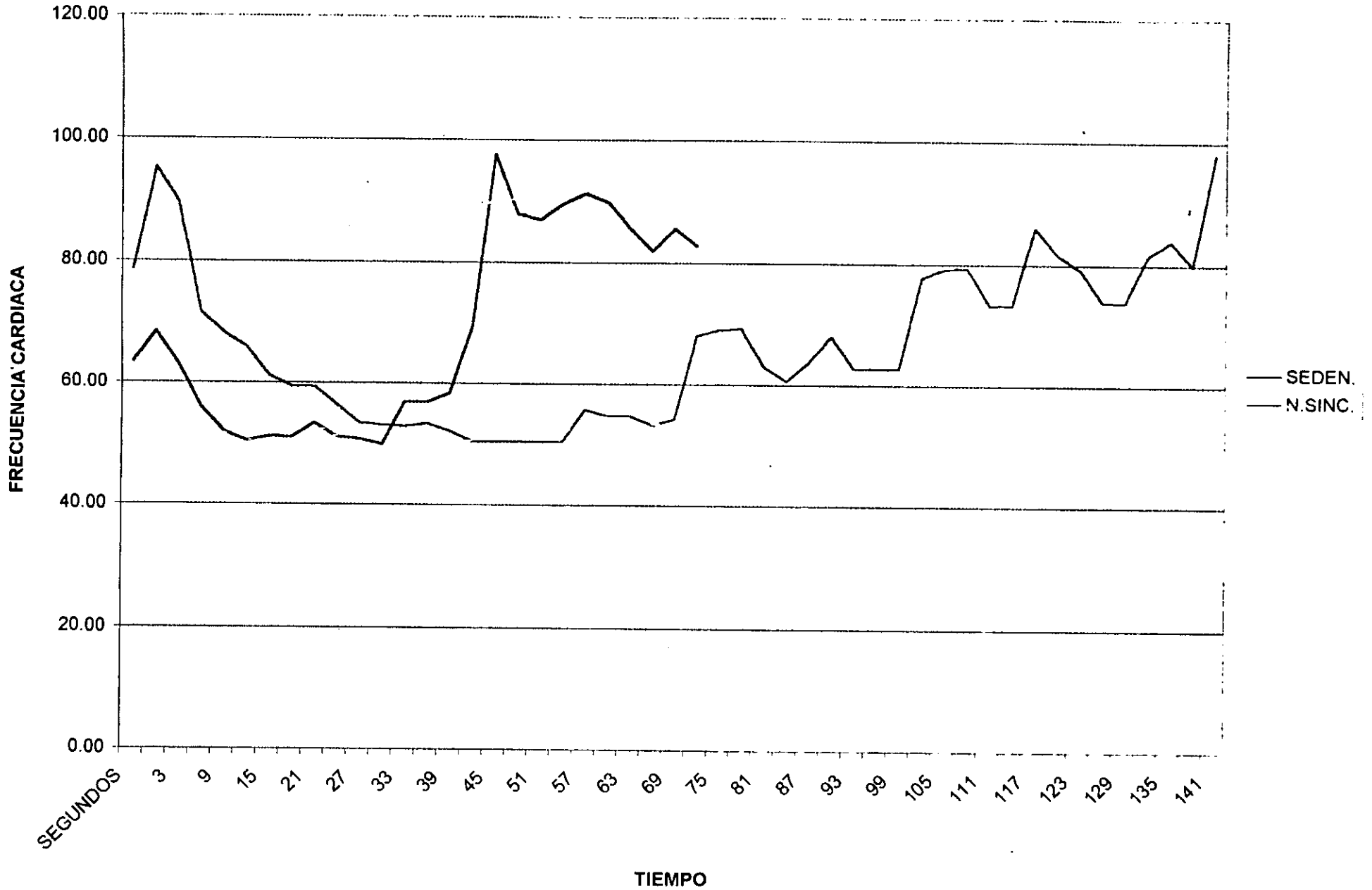
# PROMEDIOS NADO SINCRONIZADO



# PROMEDIOS SEDENTARIOS



PROMEDIO NADO SINCRONIZADO  
Vs  
PROMEDIO SEDENTARIOS





## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se encontró que tanto en sedentarios como en nadadores siempre se presenta el reflejo de inmersión (Tabla 1,2).

Al inicio de la inspiración profunda, previa a la inmersión de la cara en el agua, se incrementa la frecuencia cardiaca producto del reflejo de *Hering Brever* en ambos grupos (grafica 5).

Todos los sometidos al reflejo, al termino del mismo, recuperan su frecuencia cardiaca original en menos de un minuto (grafica 1,2).

Se presentó similitud en los patrones del reflejo en tres repeticiones (grafica 1,2).

La bradicardia máxima se presentó para los sedentarios en 61.7% y para las nadadoras en un 62.44% con respecto a su tiempo total de apnea tomando este como el 100%. (tabla 3, 4).

La bradicardia máxima presentada por las sedentarias fue de 80.2 latidos por minuto en promedio (tabla 3).

La bradicardia máxima presentada por las nadadoras fue de 40 latidos por minuto en promedio. (tabla 4).

El tiempo total de apnea fué en promedio para las sedentarias de 32.7 segundos mientras que para las nadadoras fue de 86 segundos (tabla 3, 4 y gráfica 5).

Los efectos observados en el trazo electrocardiográfico fueron: bradicardia sinusal, migración del marcapaso nodo senoauricular hacia el auriculoventricular, variaciones en la forma de la onda P y el segmento P-R, hasta tomar un ritmo nodal presentándose escapes ventriculares. Todos estos cambios se encontraron en el grupo de nadadores.

## DISCUSIÓN

Las gráficas y los valores obtenidos de bradicardia y tiempo de apnea para sedentarios se ajustaron a las reportadas por *Irving L.* 1964. Los patrones finos de la morfología del reflejo encontrado no corresponden a lo reportado por *Irving* como alternancia de frecuencia entre los 80 y 90 latidos por minuto, mantenidos mediante la fase final de la apnea la cual muestra las influencias entre los impulsos vágales y parasimpáticos.

Lo encontrado en el grupo de nadadores muestra como este reflejo al ser estimulado frecuentemente modifica su morfología primaria en casi el doble de intensidad y duración, coincidiendo con *Urrutia* 1978. Lo anterior se explica debido que los almacenes de oxígeno son: Oxígeno disuelto en el plasma, oxihemoglobina, número de glóbulos rojos, alvéolos pulmonares, espacio muerto y sangre venosa. Todos estos almacenes para ser utilizados como aporte de oxígeno requieren ordenes específicas, las cuales se pueden entender como mecanismos para la competencia de la vida que podríamos reducir al concepto de competencia por la energía, lo cual en los seres heterótrofos provienen de sustratos que son distribuidos por la circulación en base a la relación oferta–demanda operando un sistema costo-beneficio.

Durante el reflejo se tiene que optimizar y agudizar todos los informadores aferentes como son los del cuerpo carotideo, que por ser el sitio más irrigado del cuerpo es

capaz de detectar pequeños cambios en la concentración y presión de oxígeno en la circulación, promoviendo la respuesta oportuna vía el reflejo, el cual, cuenta con más informadores como son los mecanismos presorreceptores del arco aórtico, del trigémino y alveolares (estos últimos desencadenan el reflejo de *Hering Breues*) sumando esta información a los quimiorreceptores centrales y al cambio de pH del líquido cefalorraquídeo.

Todas estas informaciones promueven las respuestas eferentes mediadas por el nervio vago que son bradicardia, vasoconstricción periférica y explecnica, promoviendo en la circulación abierta una respuesta presora en el sistema de circulación corazón-cerebro, así como, la desviación de la curva de saturación de oxihemoglobina promoviendo una entrega facilitada de oxígeno. Esto es debido a que en la microcirculación, el eritrocito se deforma liberando expectrina la cual se encarga de cambiar la afinidad por el 2,3-Difosfoglicérido. Entendiéndose como sistemas informadores de una sola señal (de esta manera se denota la importancia que tiene para el organismo la supresión del suministro de oxígeno) que requieren estabilizarse por todos sus medios estos cambios ya que de no desarrollar una respuesta rápida y expedita se podrían tener daños irreversibles en los tejidos y células excitables. Ejemplo de esto es el pH que cambia de 7.4 (que es el pH fisiológico) a 7.1, esto significa para el organismo una variación muy drástica y para que esto no ocurra, utiliza todos sus recursos para estabilizarse.

Los anteriores ajustes incrementan el límite de supervivencia que ante la apnea, paro respiratorio o condiciones de buceo conserven la integridad del individuo.

La telemetría del E.C.G. se efectuó en tiempo real y con análisis del espectro de frecuencias de manera óptima demostrando lo versátil del equipo y su buen funcionamiento.

## CONCLUSIONES

La práctica del nado sincronizado incrementa en duración e intensidad el reflejo de inmersión así, mejora la relación oferta–demanda y costo-beneficio poniendo de manifiesto que el hombre debe ser catalogado firmemente como un mamífero buceador.

El presente trabajo sienta las bases para que el reflejo de inmersión pueda ser utilizado en un futuro por los entrenadores de la disciplina para conocer el estado de desarrollo y adaptación de sus deportistas.

La expresión del reflejo de inmersión resulta clave en la reanimación del ahogado y la cardiopulmonar para no sufrir daño cerebral.

Dada la naturaleza del reflejo es útil para el tratamiento de arritmias cardíacas.

## SUGERENCIAS

Seria de gran interés tomar el registro electrocardiográfico del reflejo de inmersión en condiciones de inmersión total y durante el entrenamiento en la alberca.

Realizar un seguimiento de los cambios presentados en el reflejo por principiantes ya que nos indica su tono neurovegetativo patrón clave para seleccionar individuos con potencial.

Aplicar los conocimientos del reflejo de inmersión en el tratamiento de arritmias rápidas.

Dada la universalidad de los sistemas de protección y amortiguamiento para ambientes adversos seria de gran interés estudiar en especies como insectos acuáticos y terrestres este tipo de reflejo

ESTA TESIS NO ESTÁ  
DE LA BIBLIOTECA

## BIBLIOGRAFIA

--Allison D.J. 1977 "Dangerous reflex from the nose" The lancet . Abril 23 p.p. 909

--Allison D.J. "Paroxysmal atrial tachycardia and the diving reflex " The Lancet I Junio 10 p.p. 1261

--Andersen H. T. 1996 "the reflex nature of Physiological adjustments to diving and their afferent pathwag" Acta Physiol .Secand V.1 p.p. 215-226

--Bader M.E. and Macht. M.B. 1949 "Indirect peripheral vasodilatation prodused by the norming of various body areas" J.Appl. Physiol .V 1 p.p.33-36.

--Brik I. 1969 "Circulatory response to inmersing the man in water" J. Appl. Physiol V.21 p.p.33-36.

--Carreteli P. 1972 "Pysiol the sport" Cap. 11 Acta Pysiol. V. 70 p.p. 126

--Cooper K.E. Martin S. and Riben P.1975 " Respiratory and other respònes in subets immersed in cool water " J. Appl. Pysiol V:40 p.p. 265-274.

--Coorriol J. and Rohuner J. 1970"Role dela temperature de lleurdans la bradicardie dinmersion de la fase " Arch Sci Pysiol V:22 p.p. 903-910



--Elsner R.W. and Natanson N. 1964 "Circulatory adaptations in diving mammals" The Alaskan Societies Div. AAAS Abstract No.30

--Elsner R.W., Hana N. and Hammond D. 1971 "Angiography of the inferior vena cava of the harbor seal during simulated diving. Amer. J. Physiol. p.p. 220-1155

--Ferrante F.L. and Frankel H. 1975 "Cardiovascular responses during protected apnea in a non-diving mammal." Fed Proc 24 p.p. 704-705

--Folk G. 1974 "Textbook of environmental physiology." Library of Congress Cap. 9 p.p. 352-371.

--Harrison R.L. and Tomlinson J.D. 1963 "Anatomical and physiological adaptations in diving mammals" P.II in Viewpoints in Biology. Carthy and Duddington Eds. Butterworths. London.

--Huxley F.M. 1977 "On the reflex nature of apnoea in diving the reflex nature of submersion apnoea" Quart.J. Exp. Physiol. Vol. 6 p.p. 476-480.

--Martner J.H. 1977 "Apnoea and Bradicardia from submersion apnea and from submersion." Acta Physiol Scand 101 p.p.470-475.

--Miles S. 1962 "Under water medicine lippincott" Philadelphia p.p.328-329

--Morrison J.B. and Floria J.T. 1971 "Respiratory functions during simulated saturation dive to isooft " J. Appl. Physiol . No. 30 p.p. 724-732-

--Nadel E. R. 1976 "Thermal and energetic exchanges during swimming " In Nadel E.R. Ed. Problems With. temperatic regulation durin exercise . N Y. Academic Press. Q.T. p.p. 91-125.

--Pranpero P.E. and Rennie D.W. "Energetics of swimming in man " J.A.Physiol No. 37 p.p. 1-5.

--Rohan H. D. 1965 "Physioogy of breath hold diving and the ama of Japan " Nat. Acad. Sci-Nat. Res Coucil Pub. No.1340.

--Richet C. 1978 " De la resistense de la asfixie " J. Physiol. Vol.1 p.p. 641-650-

--Shaefer K.E. 1963 "Effect of prolonged diving training. Proc. II Symp. Underwater physiol." Nat Acad. Sci. Pub. 1181 p.p. 271-278.

--Scholonder P.F. 1964 "Animals in aguatic environments diving mammals and birds " In Handbook of physiology Sec. 4. Adaptations to the Enviroments." D.B. Dill (Sec. Ed.) Amer. Physiol. Soc. Washington D.C: No. 1056. p.p. 729-741.

--Shilling C.W. and Werts M. F. 1971 "An annotated bibliography on diving and submarine medicine" Gordon and Breach Science Pub. New York p.p. 622-6725.

--Van Citters ,Warson N.W. and Elsner R.W. 1964."Cardiovascular responses of elephant seals during diving studied by blood flow telemetry " Is the Alaska Sci. Conf. Alaska Div.AAAs Abstract No. 106 p.p. 235-243

. --Woods J.T. and Lytgue J.N. 1971 "Underwater Science : An introduction to experiments by divers. " Oxfor Univ. Press: New York p.p. 330.

## ANEXO 1

### Actividad Fisiológica y Eléctrica del Corazón.

En condiciones normales, las partes del corazón laten en secuencia ordenada. La contracción de las aurículas (sístole auricular) es seguida por la de los ventrículos (sístole ventricular ), y durante la diástole, se relajan las cuatro cavidades. El latido cardiaco se origina en un sistema cardiaco especializado de conducción, y se propaga a través de ese sistema a todas partes del miocardio. Las estructuras que constituyen el sistema de conducción son: nodo senoauricular (nodo SA), vías auriculares internodales, nodo auricoventricular (nodo AV), haz de His y sus ramas, y sistema de Purkinje. El marcapaso cardiaco normal es el nodo senoauricular; su frecuencia de descarga determina la frecuencia del corazón. Los impulsos generados en el nodo SA pasan, a través de vías auriculares, hasta el nodo AV, por intermedio de este nodo, el haz de His y por medio de las ramas del haz de His al músculo ventricular, a través del sistema de Purkinje.

En el corazón humano el nodo SA está situado en la unión de la vena cava superior con la aurícula derecha. El nodo AV está situado en la porción posterior derecha del tabique interauricular. En el adulto el nervio vago derecho está distribuido de modo principal en el nodo SA y el izquierdo, en el nodo AV. De manera similar, la inervación simpática del lado derecho se distribuye de modo primordial al nodo SA y la del lado izquierdo, al nodo AV. A cada lado, la mayor parte de las fibras simpáticas procede del ganglio estrellado. También debe notarse que hay conexiones para

los efectos inhibitorios recíprocos de las inervaciones simpáticas y parasimpáticas del corazón.

La despolarización iniciada por el nodo SA se propaga de manera radial a través de las aurículas y luego converge en el nodo AV; la despolarización auricular se completa en cerca de 0.1 seg. Debido a que la conducción en el nodo AV es lenta, hay un retraso de casi 0.1 seg. (Retardo nodal AV) antes de que la excitación se propague a los ventrículos. Esta demora se acorta por la estimulación de los nervios simpáticos del corazón y se alarga por la estimulación de los vagos. Desde la parte superior del tabique, la onda de despolarización se propaga en las fibras de Purkinje, que son de conducción rápida, a todas las partes de los ventrículos en 0.08 a 0.1 seg. En el ser humano, la despolarización del músculo ventricular se inicia del lado izquierdo del tabique interventricular y se desplaza primero hacia la derecha, a través de la parte media del tabique; a continuación, la onda de despolarización se propaga hacia abajo por el tabique hasta el vértice del corazón. Retorna a lo largo de las paredes ventriculares al surco AV, dirigiéndose desde el endocardio hasta la superficie epicárdica. La última parte del corazón que se despolariza son la porción posterobasal del ventrículo izquierdo, el cono pulmonar, y la porción más superior del tabique.

## ELECTROCARDIOGRAFÍA

Como los líquidos corporales son buenos conductores, las fluctuaciones de potencial que representan la suma algebraica de los potenciales de acción de las fibras miocárdicas se pueden registrar extracelularmente y dicho registro se conoce como electrocardiograma, el cual se puede registrar con el uso de un electrodo activo o explorador conectado a un electrodo indiferente en potencial cero. En un conductor de volumen, la suma de los potenciales en los puntos de un triángulo equilátero, con una fuente corriente en el centro, es cero en todo momento. Un triángulo con el corazón en el centro (triángulo de Einthoben) puede construirse de manera aproximada colocando electrodos en ambos miembros superiores y en el miembro inferior izquierdo.

Por convención, se inscribe una deflexión hacia arriba cuando el electrodo activo se vuelve positivo en relación del electrodo indiferente, y se inscribe una deflexión hacia abajo cuando el electrodo activo se vuelve negativo. La onda P es producida por la despolarización auricular, el complejo QRS por despolarización ventricular, y el segmento St y la onda T por repolarización ventricular.

## SISTEMA TRANSTELEFÓNICO

El E.C.G. suele registrarse de manera continua en las unidades de cuidados coronarios de los hospitales y por dispositivos de registros en cinta portátil pequeña (Holter) en pacientes ambulatorios o por equipos transtelefónicos. Los últimos son de costo muy elevado. En el presente trabajo se probó un prototipo de transmisor transtelefónico y decodificador así como una tarjeta registradora para computadora PC de fabricación nacional, la cual obtuvo el Premio Nacional de Instrumentación Biomédica en 1995 y su costo de construcción es económico.

## ANEXO 2

### Nervio Trigémino

Es el más grueso de los nervios craneales, emerge en la cara anterior de la Protuberancia Anular más cerca del borde superior que del inferior. Inmediatamente por fuera de él, pasa el corte imaginario que separa la protuberancia del pedúnculo cerebeloso medio. Presenta dos raíces: una externa mucho más gruesa, sensitiva y una interna más delgada, principalmente motora.

Encontramos en él dos tipos de fibras: aferentes somáticas generales y eferentes viscerales especiales. Las primeras, traen al encéfalo las sensibilidades:

- a) Exterioceptivas.
- b) Propioceptivas.

Las exteroceptivas traen sensibilidad desde la piel de la cara y de la frente, de las mucosas de la cavidad nasal, senos paranasales, cavidad bucal, dientes y duramadre. A su vez, podemos dividir sus fibras en:

- a) Las que traen sensibilidad al dolor y a la temperatura.
- b) Las que tienen el tacto y la presión.

Las aferentes esteroceptivas, nacen en neuronas ubicadas en el Ganglio de Gasser. Pertenecen a las fibras sensitivas o trigéminas primarias, es decir, nacen de neuronas ganglionares que envían una rama a la periferia



(funciones de la dentrita) y la otra, al sistema nervioso central (axon).

Las fibras trigeminales primarias que entraron a la protuberancia por la raíz gruesa del trigémino y que no siguieron un trayecto descendente sino que se dirigieron directamente hacia atrás o hacia arriba, van a un núcleo especial que se llama núcleo especial del trigémino, llevan la sensibilidad táctil y de presión.

El ganglio de Gasser se encuentra en la cara anterosuperior del peñasco, en una fosita que presenta este hueso cerca del vértice. La dura madre se desdobra a este nivel para formar una celda llamada cavum de Meckel. Es voluminoso, mide dos centímetros de largo por un centímetro de ancho y tiene forma de media luna o de un poroto aplastado de arriba. Por su origen convexo, da origen a tres gruesos nervios: el oftálmico, el maxilar superior y el maxilar inferior.

Además, de las fibras procedentes del ganglio de Gasser encontramos fibras de otros orígenes en el haz espinal del trigémino. Son como ya lo vimos oportunamente, las fibras aferentes somáticas generales que llegaron al neuro-eje por los nervios faciales, glossofaríngeos y neurogástrico y que también terminan en el núcleo espinal del trigémino.

La sensibilidad estereoceptica al tacto y a la presión son funciones de las fibras trigeminales primarias que entraron a la protuberancia por la raíz gruesa del trigémino y que no siguieron un trayecto descendente sino que se dirigieron

directamente hacia atrás o hacia arriba, van a un núcleo especial que se llama núcleo especial del trigémino. Llevan la sensibilidad táctil y de presión.

El núcleo principal del trigémino, está en plena protuberancia un poco por debajo del nivel de entrada del trigémino y vecino del cuarto ventrículo. Es ovoideo, como ya dijimos, su límite de separación con el núcleo espinal es poco claro.

Reflejos en que participa el nervio trigémino, como hemos visto, las fibras trigeminales primarias y secundarias envían colaterales a los núcleos motores de los nervios craneales, en su mayoría directa, es decir, no cruzados. Sirven para la producción de una serie de reflejos cutáneos, mucosos, musculares, tendinosos y óseos de la cara, cavidades y órganos anexos. Tales son por ejemplo: El reflejo corneal, el lagrimal, el del vómito, los reflejos salivales, el óculo cardiaco y el **Reflejo de inmersión**.