

# Visión clásica del Sistema Nervioso Autónomo

Mario Estévez Báez<sup>1</sup>

Material publicado originalmente en formato html en:  
librosabiertos:vision\_clasica\_del\_sistema\_nervioso\_autonomo. InfoWiki. October 14, 2007, 11:00 CDT. Available at:  
[http://infomed20.sld.cu/wiki/doku.php?id=librosabiertos:vision\\_clasica\\_del\\_sistema\\_nervioso\\_autonomo&rev=1192374032](http://infomed20.sld.cu/wiki/doku.php?id=librosabiertos:vision_clasica_del_sistema_nervioso_autonomo&rev=1192374032).  
Accessed November 3, 2007.

## Regulación nerviosa visceral

En el punto más elevado de la escala filogenética, ocupado por el hombre, el sistema nervioso alcanza su máximo desarrollo y se convierte en el integrador de todas las funciones del organismo. Entre los principales sistemas integradores se encuentran, en una escala ascendente en el desarrollo filogenético: el *sistema músculo-esquelético*, que resulta esencial para la integración anatómica; el *sistema circulatorio*, que es fundamental para la integración química; el *sistema endocrino*, que coordina la función de diversos órganos para mantener un medio interno normal y constante para todas las células del organismo (homeostasis) y por último el *sistema nervioso*.

En la Medicina Tradicional Asiática (Zhaowei M., 1988) se reconoce la existencia de cuatro principales sistemas de equilibrio del organismo, que son:

- el vinculado al sistema nervioso somático general.
- el asociado a la parte vegetativa del sistema nervioso.
- el sistema de meridianos de acupuntura.
- el integrado por las glándulas de secreción interna.

C. Timo-laria (1983) resume las funciones básicas del sistema nervioso en dos:

- la regulación específica de los mecanismos que mantienen la estabilidad intrínseca del organismo, impidiendo la desorganización de las funciones vegetativas fundamentales.
- la sobrevivencia del organismo como individuo y como especie.

Esta última se logra mediante diferentes comportamientos del individuo y en ellos podemos observar manifestaciones motoras y vegetativas, que se asocian indefectiblemente. Es muy poco probable, que un comportamiento dado pueda carecer de manifestación vegetativa. Sin embargo, podemos concebir un comportamiento de un sujeto, en el cual no encontremos manifestaciones motoras evidentes. Un ejemplo de esto último son los comportamientos de carácter psíquico del individuo.

---

<sup>1</sup> Doctor en Medicina, Especialista de Fisiología de Segundo Grado, Investigador Titular, Profesor Consultante, Doctor en Ciencias Médicas, Académico Titular AIA, Instituto de Endocrinología y Enfermedades Metabólicas MINSAP.

Existen tres vías principales a través de las cuales el sistema nervioso acondiciona al organismo para responder a las situaciones o factores del medio ambiente que influyen sobre el mismo. La primera vía es de carácter netamente neural, mediada por el sistema nervioso autónomo y permite disponer un comportamiento específico del organismo en pocos segundos. Estas respuestas, sin embargo, son de corta duración y cuando debe prolongarse su acción, una segunda vía está disponible por la estimulación simpato-adrenal, la cual produce una descarga principalmente de adrenalina al torrente circulatorio y posibilita mantener un tipo de respuesta que puede calificarse de duración intermedia. Cuando la duración de la respuesta requiere una duración más prolongada (días, meses, años), el sistema nervioso emplea una tercera vía, que a través de la influencia hipotálamo-hipofisaria moviliza un gran número de hormonas, entre ellas las de la corteza suprarrenal, del tiroides, del páncreas, de las paratiroides, etc.

Una importancia especial se le ha dado a los estudios en el eje hipotálamo-hipófiso-córtico-suprarrenal, y como expone en su monografía M. Álvarez González (1989), esta vía de acción del sistema nervioso en respuesta al estrés es muy amplia y abarca una gran complejidad de la respuesta endocrinológica.

Las estructuras del sistema nervioso que participan en la regulación visceral, como puede suponerse, son sumamente variadas. De forma general, prácticamente las principales estructuras suprasegmentarias están relacionadas con estas respuestas.

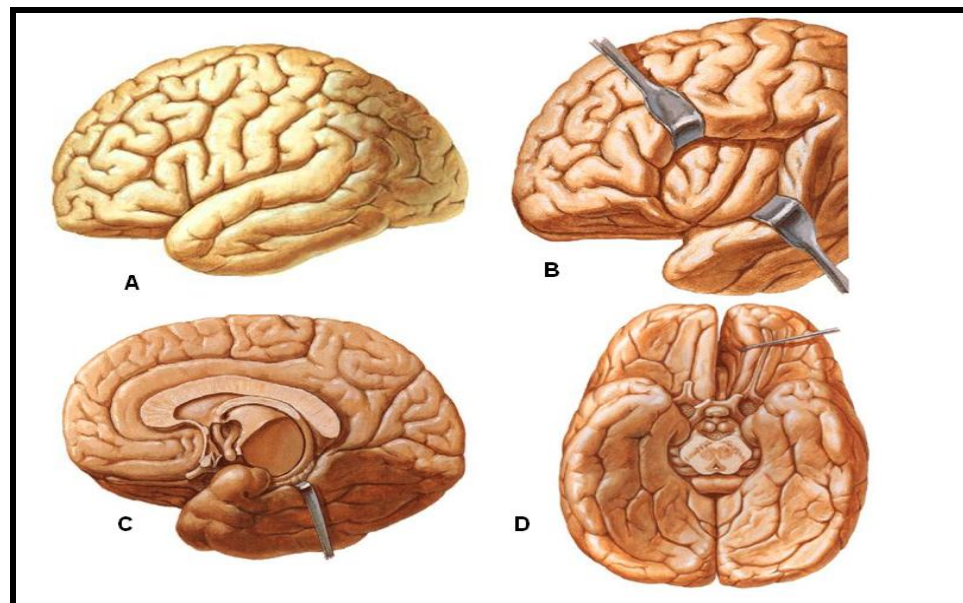


Figura 1. Esquemas de la morfología del hemisferio cerebral derecho. A\_ cara lateral (externa); B\_ cara lateral mostrando la ínsula; C\_ cara medial o interna; D\_ cara inferior.

## Control visceral suprasegmentario

### Corteza cerebral

En la corteza cerebral se integran al más alto nivel las respuestas del organismo, incluyendo las correspondientes a la actividad nerviosa superior. En ella se hacen conscientes para el individuo múltiples situaciones estresantes cuando alcanzan el nivel necesario para ser percibidas. Para nadie es desconocida la influencia de las preocupaciones, sentimientos, emociones, recuerdos, etc., en la respuesta del organismo.

La estimulación eléctrica o química de zonas muy diversas de la corteza de los hemisferios cerebrales, causa alteraciones neurovegetativas, hemodinámicas, ventilatorias, metabólicas, dilatación pupilar, incremento de la sudoración, etc. (Hoff E.C. et al., 1963). Por más de 100 años han sido acumuladas evidencias de que la corteza cerebral del hombre está vinculada en el control de las funciones del sistema nervioso autónomo. Oppenheimer SM et al. (1990) han descrito en las ratas que estimulaciones del lóbulo de la ínsula en su porción más anterior tiene un efecto cardiovascular simpático, predominantemente en cuanto a la frecuencia cardíaca. Las estimulaciones de áreas posteriores, tienen acción parasimpática. (Fig. 1).

Después de haberse producido lesiones de la corteza cerebral, se han observado variaciones de la frecuencia de la micción y trastornos en la regulación de la temperatura. Ha sido reportada hipertensión o hipotensión arterial, luego de ablaciones de la corteza prefrontal (Koizumi K. et al., 1974). Hay trabajos que demuestran el papel de la corteza en la regulación de la distribución del flujo sanguíneo en distintas regiones del cuerpo, en el control de la secreción salivar, gástrica, pancreática, biliar y entérica (Kadekaro M. et al. 1972-1975; Misher A. et al., 1966; Timolara C., 1983; Achari N.K. et al., 1978).

En condiciones basales y en estado de completa salud, de forma automática e inconsciente, se regulan prácticamente todas las funciones básicas del organismo. Cuando se lesionan determinadas estructuras del sistema nervioso que participan en el control de funciones vegetativas, son evidenciadas por un lado la importancia de las mismas para el organismo, y por otro lado las posibilidades de estructuras superiores del sistema nervioso para hacerse cargo de esas funciones en muchos casos.

Sin un adecuado funcionamiento de las estructuras vegetativas nerviosas del tronco encefálico, es imposible al individuo olvidarse de la necesidad por ejemplo, de ventilar los pulmones. Existe una antigua leyenda germana que cuenta que cuando la ninfa Ondina supo que su esposo era un adúltero, ésta lo castigó

suprimiéndole el automatismo respiratorio. El desgraciado debía, incluso durante el sueño, estar consciente de la necesidad de mantener la función ventilatoria pulmonar. En Medicina se ha denominado como síndrome de la maldición de Ondina, al cuadro clínico que se presenta en algunos pacientes, en quienes durante el sueño se produce una severa afectación del proceso respiratorio, que obliga al sujeto a despertarse para poder regular en estado de vigilia esta situación.

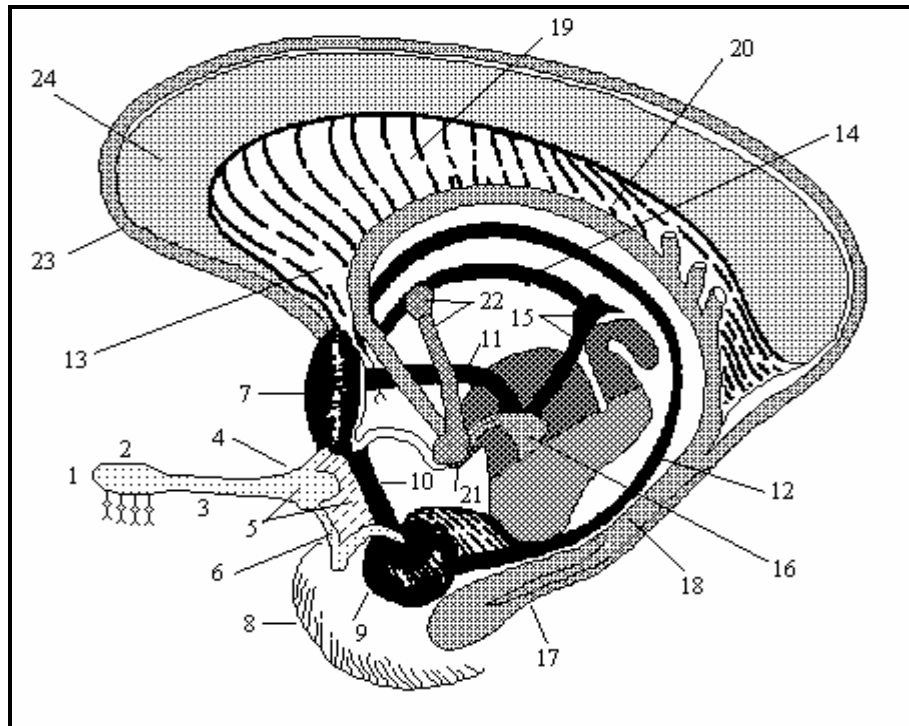


Figura 2 Representación esquemática de las estructuras fundamentales del sistema límbico: sistema rinal (punteado); sistema frontotemporal en negro; sistema hipocámpico (trama en "x"). 1. células y nervios olfatorios; 2. bulbo olfatorio; 3. cintilla olfatoria; 4. estría olfatoria medial; 5. tubérculo olfatorio y espacio perforado anterior; 6. estría olfatoria lateral; 7. región septal; 8. punta lóbulo temporal; 9. núcleo amigdalino; 10. banda diagonal de Broca; 11. haz medial del cerebro anterior; 12. estría terminalis; 13. comisura blanca anterior; 14. estría medularis; 15. núcleo de la habénula y tractus habenointerpeduncular; 16. núcleo interpeduncular; 17. formación del hipocampo; 18. fimbria; 19. fórnix; 20. comisura hipocámpica; 21. núcleo mamilar; 22. haz mamilotalámico y núcleo anterior del tálamo; 23. estría longitudinal y cuerpo de Lancisi; 24. cuerpo calloso (según Krieg).

## Sistema límbico

El sistema límbico (Fig.2) está íntimamente relacionado con el hipotálamo, anatómicamente y funcionalmente, y su actividad está asociada no sólo con la expresión de las emociones, sino probablemente además con la propia génesis de las mismas. Se reconocen en el sistema límbico tres porciones o subsistemas:

- el subsistema rinal.
- la porción fronto-temporal.
- el subsistema hipocampo-corteza supracallosa.

En el subsistema rinal se incluyen los nervios olfatorios, las cintillas olfatorias, la corteza olfatoria primaria y la comisura blanca anterior.

Aquí se integran en el hombre y los primates, patrones de conducta alimentarios, de procreación y defensa, entre otros.

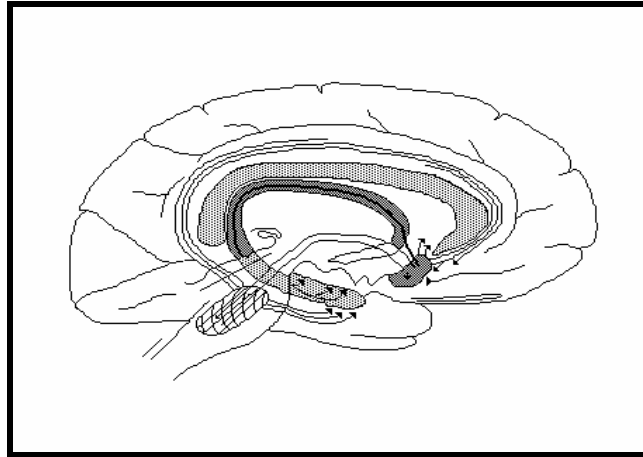


Figura 3 Circuito de Nauta y el cíngulo, en un esquema mediosagital encefálico.

En la porción frontotemporal están estructuras como el área septal, las cortezas piriforme y prepiriforme, la corteza endorrinal, el complejo amigdalino, el haz medial del cerebro anterior, la estra medularis, la estra terminalis y el núcleo y tracto habenuar. A esta porción del sistema límbico le corresponde el control de la excitabilidad de las estructuras hipotalámicas, hipofisarias y del sistema segmentario.

La estimulación de la amígdala produce reacciones simpáticas y parasimpáticas, secreción de hormonas gonadotrópicas y corticotrópicas y respuestas respiratorias. También se han reportado cambios en la presión arterial, en la frecuencia cardíaca, motilidad intestinal, defecación, micción, dilatación o constricción pupilar, piloerección, reacciones de rabia y fenómenos sexuales (Koizumi K. et al., 1974).

Los estímulos del área septal afectan la presión arterial y producen una especie de sensación de bienestar, que constituye la base de estudios con microelectrodos en animales, que se autoestiman intensamente cuando los electrodos se encuentran en esa región (Guyton A.C., 1990).

Las lesiones del septum reducen la susceptibilidad al miedo y a la ansiedad. Toda esta porción fronto-temporal está asociada con el control de la excitabilidad de las estructuras hipotalámicas, hipofisarias y del sistema segmentario.

En el subsistema hipocampo-corteza supracallosa aparecen la estría longitudinal, la formación del hipocampo, el fórnix, el circuito de Nauta, el cíngulum y la corteza cingulada (Fig.3). La estimulación del hipocampo provoca movimientos involuntarios, reacciones de rabia, fenómenos sexuales e hiperexcitabilidad. En esta zona se encuentran relaciones funcionales vinculadas al proceso de la memoria, del aprendizaje y las emociones.

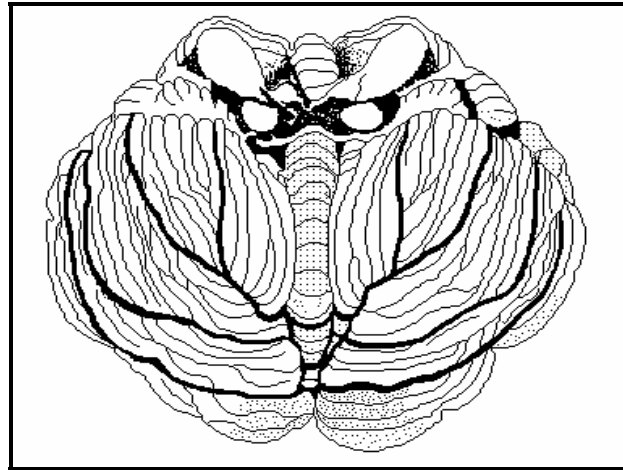


Figura 4 Morfología externa del cerebelo humano.  
Cara inferior. (versión de esquema de Jacob, 1928)

En resumen, además de jugar un papel en la olfacción y en la regulación de la conducta alimentaria, el sistema límbico está asociado con las motivaciones, el control de la conducta sexual y las expresiones de rabia y miedo. Ejerce poderosa acción sobre el hipotálamo, a través del cual son mediadas algunas de las respuestas antes descritas.

## Cerebelo

El cerebelo está vinculado en cierto grado con el control del sistema nervioso autónomo (Fig. 4). La estimulación de los lóbulos anterior y posterior produce cambios de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca. También se ha observado constricción y dilatación pupilar y alteraciones de la motilidad intestinal (Dow R. et al., 1958). La estimulación química del lóbulo posterior por aplicaciones locales de glutamato, aumenta tanto las descargas simpáticas como las parasimpáticas (Douglas W.W., 1968). Las lesiones o ablaciones del cerebelo cambian marcadamente los reflejos vesicales, incrementándose la frecuencia de la micción.

En la denominada enfermedad del movimiento se ha demostrado que la ablación del cerebelo, elimina radicalmente sus síntomas. Ello constituye otra evidencia de

su participación en respuestas a estresores específicos, como los que provocan la enfermedad del movimiento o cinetosis (Estévez M., 1989).

## Núcleos basales

P.J. Morgane (1961) describió que lesiones de la parte interna del globus pallidus son capaces de producir en ratas una afagia con muerte en los pocos días, independientemente de que el animal sea sometido a una dieta balanceada forzosa, lo que parece indicar que alguna importante función metabólica esté alterada por la lesión. En el gato, Kadekaro M. et al. (1975) demostraron que el globus pallidus participa en el proceso de regulación digestiva y en especial en la secreción gástrica. Estos hechos parecen servir de fundamento a la observación clínica de las alteraciones vegetativas en pacientes con la enfermedad de Parkinson (Mitchel D. et al., 1976).

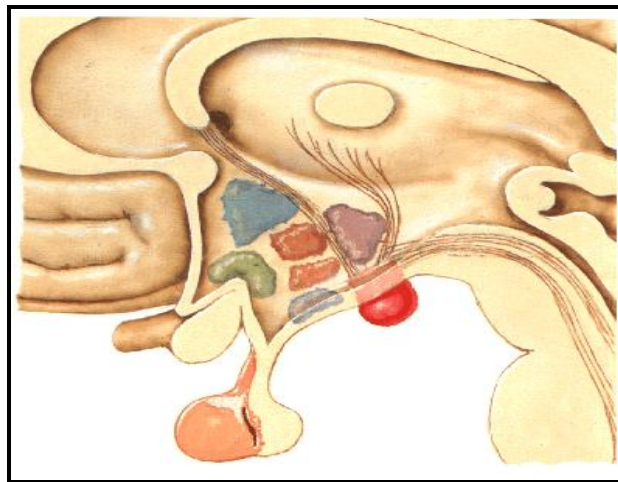


Figura 5 Esquema de principales núcleos autonómicos de la capa medial del hipotálamo: N. posterior, N. dorsal, N. paraventricular, N. preóptico, N. supraóptico, N. ventral y N. del cuerpo mamilario.

## Hipotálamo

El hipotálamo, a pesar de que ocupa un área pequeña en la región subtalámica (Fig.5), está vinculado con un gran número de funciones, entre las que pueden enumerarse las siguientes:

- Control del sistema endocrino mediante la glándula hipófisis (neurohipófisis y adenohipófisis).
- Control del hambre y la saciedad.
- Control de mecanismos básicos de la reproducción.
- Control de la sed y del balance hídrico.



- Regulación de la temperatura corporal.
- Reacciones emocionales y su control.
- Modulación del ciclo de sueño y vigilia.

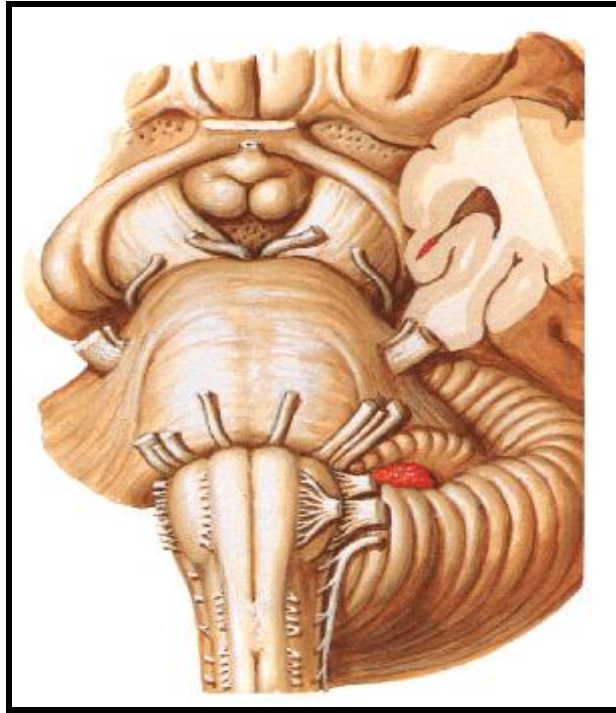


Figura 6 Diagrama de la cara anterior del tronco encefálico

Como puede observarse, por medio de estas funciones el hipotálamo controla y regula los principales mecanismos de las respuestas vegetativas, que como al principio fue señalado, están indisolublemente ligados a los distintos comportamientos (Timo-laria C., 1983). Además de estas funciones el hipotálamo participa también en el control de algunas reacciones somáticas (Koizumi K. et al., 1974). Estas funciones que han sido enumeradas, realzan el papel de las estructuras del hipotálamo en la respuesta del sistema nervioso al estrés.

En el hipotálamo pueden distinguirse de forma general tres regiones importantes para el control autonómico. Son ellas, una anterior, otra posterior y una lateral.

En la región anterior se encuentran poblaciones neurogliales que participan en las reacciones del jadeo, en la estimulación de la sudoración y en la vasodilatación de los vasos cutáneos (áreas preóptica posterior e hipotalámica anterior). En esta región anterior se encuentra también el núcleo paraventricular, que regula la liberación de la hormona oxitocina y participa en la conservación del agua en el organismo; en el área preóptica medial se ha observado acción reguladora de la contracción vesical, disminución de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial. El núcleo supraóptico participa también en la regulación del balance hídrico.



El núcleo paraventricular parece jugar un papel central en la mediación del ritmo circadiano de la actividad del Sistema Nervioso Autónomo. Este núcleo recibe información de la retina y se constituye en el mayor “oscilador” central de un grupo de ritmos neuroendocrinos, metabólicos, autonómicos y conductuales (Dqanel T. et al. 2001; Dijk D.J. et al. 2001; Glass J. D. et al. 2001; Maskrey M. et al. 2001; Perret M. et al. 2001; Seifert E.L. et al. 2002; Solberg L.C. et al. 2001; Van Reeth O. et al. 2001). De este núcleo se proyectan axones hacia el núcleo solitario, hacia el núcleo ambiguo y a la columna celular del asta intermedio-lateral de la médula espinal dorsal.

En la región posterior hipotalámica, existe el control de respuestas tales como la vasoconstricción, piloerección, descarga simpatoadrenal y los escalofríos. En esta región encontramos el área posterior hipotalámica, que actúa incrementando la presión arterial, provoca dilatación pupilar y liberación de corticotropina; el núcleo dorsomedial está relacionado con estimulación gastrointestinal; el núcleo perifornical incrementa la tensión arterial, se vincula a la respuesta de ira y eleva el apetito; el núcleo ventromedial regula la sensación de saciedad y en el cuerpo mamilar se integran algunos reflejos alimentarios (Koizumi K. et al., 1974; Guyton A.C., 1990). La región lateral hipotalámica está asociada a la regulación de forma integral de las sensaciones de sed y hambre.

## **Control visceral segmentario**

### **Tronco encefálico**

A nivel del tronco encefálico (Fig. 6) y principalmente en la región bulbar han sido localizados diferentes centros reflejos que regulan importantísimas funciones vegetativas como la respiración y el control de la presión arterial.

Además, se han encontrado zonas que participan en el control reflejo del nivel de glicemia, en la excitación de la médula suprarrenal, en la secreción salival, en el desencadenamiento del reflejo del vómito, del reflejo deglutorio y en el de la micción (Koizumi K. et al., 1974; Hell N.S. et al., 1986; Timo-laría C., 1990; Nicoelis M.A.L. et al., 1989; Franchini K.G. et al., 1992; 1993; Krieger E.M., 1964).

En las porciones más rostrales del tronco encefálico (mesencéfalo) han sido observadas funciones de control de la vejiga (inhibición o facilitación de la micción), cambios en la resistencia de la piel vinculados a la sudoración, variaciones de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca (Koizumi K et al. 1974).

## Médula espinal

En casos con secciones de la médula espinal, se han podido observar respuestas reflejas vegetativas. Después que ha pasado el período del shock espinal, aparecen primeramente respuestas reflejas somáticas y sólo más tarde las vegetativas. El denominado reflejo masivo, consistente en retirada brusca de las piernas, sudoración profusa y vaciamiento vesical y rectal, requiere varios meses para que aparezca en el hombre.

Las respuestas vegetativas durante el período del shock espinal en el hombre, que puede durar hasta 2 meses, están más suprimidas que las somáticas. La piel está seca, con ausencia de sudoración, pero la temperatura superficial se mantiene y se observa un color rosado debido a la vasodilatación (Koizumi K. et al., 1974). Este hecho lo comentaremos más adelante. El tono vascular permanece muy bajo durante el shock espinal y se recupera lentamente al igual que las otras respuestas vegetativas. Todo esto constituye una evidencia de la existencia de un control segmentario de la actividad vegetativa en la médula espinal.

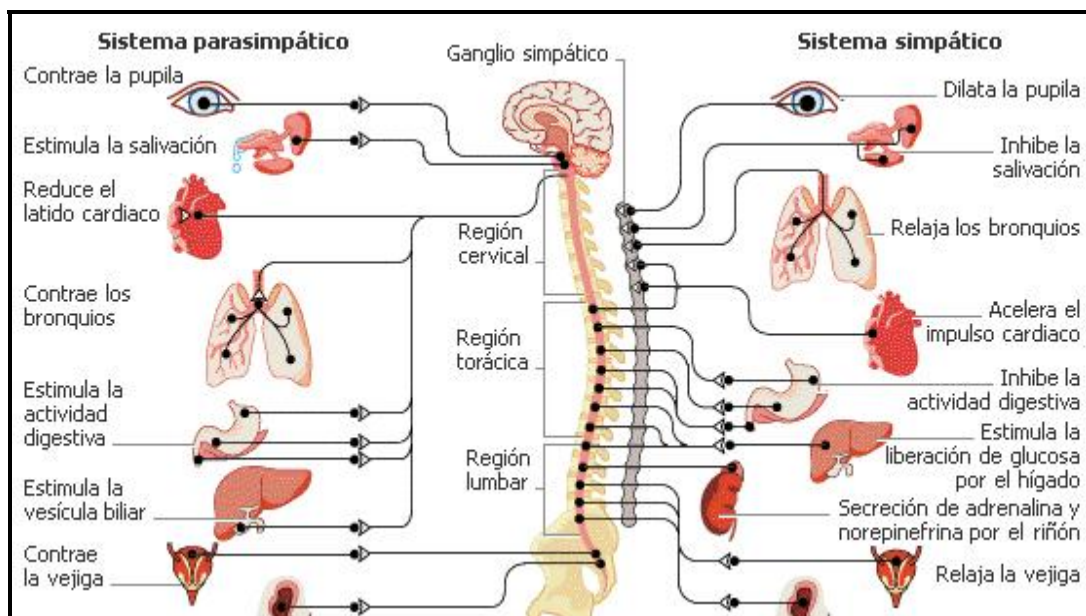


Figura 7. Diagrama ilustrativo de la disposición general del sistema nervioso autónomo. El simpático se muestra con trazos finos y punteados. El parasimpático se muestra con trazos gruesos.

## Sistema Nervioso Autónomo

El sistema nervioso posee una parte vinculada con las reacciones somáticas frente al mundo exterior y cuya acción es predominantemente extrafectoria, denominada ecotropa o de la vida de relación. Hay otra parte del sistema nervioso

íntimamente relacionada con la vida orgánica, de acción intrafactiva y que ha sido denominada idiotropa, o de la vida orgánica.

Tanto las porciones somática, como la visceral, están unidas estrechamente y obviamente no pueden existir de forma independiente. Por ello, el término de sistema nervioso autónomo, introducido por J.N. Langley (1921), a pesar de haberse empleado extensamente, es rechazado por muchos autores. Esta parte del sistema nervioso ha sido también llamada involuntaria o vegetativa.

El sistema nervioso autónomo inerva los órganos viscerales, los músculos lisos, el corazón y las glándulas del organismo. La acción del sistema nervioso autónomo ha sido mejor evidenciada en condiciones de estrés emocional, dolor y lesión corporal (Koizumi K. et al., 1974).

W.B. Cannon (1929) estudió intensamente en el primer cuarto del presente siglo, las relaciones entre el sistema nervioso autónomo y la porción medular de la glándula suprarrenal. Poco después Cannon et al. (1931) y H.H. Dale (1934) demostraron la mediación química entre el sistema nervioso autónomo y los órganos periféricos inervados por éste. Fue J.N. Langley quien introdujo el término de receptores para referirse al sitio de acción del sistema nervioso autónomo sobre los órganos inervados por el mismo.

Como hace notar A.C. Guyton (1990), las respuestas mediadas por esta parte del sistema nervioso son capaces de modificar con rapidez e intensidad las funciones viscerales. En 3-4 segundos la frecuencia cardíaca puede incrementarse al doble, la tensión arterial puede duplicarse en 10-15 segundos; en plazo de breves segundos puede vaciarse la vejiga.

Hay así múltiples ejemplos que demuestran que el sistema nervioso, al actuar a través de fibras vegetativas, es capaz de ejercer una rápida reacción de la mayoría de las funciones internas del organismo, regulando la respuesta general visceral. Estos tipos de cambios rápidos son los que son objeto de evaluación mediante el llamado polígrafo detector de mentiras (Agee Ph., 1975; Carlson S.C. et al., 1977; Bamford J., 1982; ; Gibbons J.A., 1983; Lykken D.T., 1975, 1983).

El sistema nervioso autónomo, atendiendo a razones morfológicas y bioquímicas, ha sido dividido en sistema simpático y sistema parasimpático. Existe un consenso general de que el sistema simpático está organizado para reacciones generalizadas y se plantea que se caracteriza por gastar la energía acumulada en el organismo, mientras que el parasimpático produce generalmente acciones más localizadas y su principal papel es el de protección y conservación de las reservas orgánicas.

Desde el punto de vista anatómico los núcleos motores del sistema parasimpático se encuentran ubicados en el tronco encefálico y en las astas laterales de la médula sacra a partir del segundo segmento. El sistema simpático tiene sus núcleos motores en las astas laterales, entre los segmentos T-1 y L-2 de la médula espinal (Fig. 7).

En ambos sistemas se puede definir, a diferencia de la inervación somática, una cadena formada por dos neuronas motoras. La primera de estas neuronas,

llamada preganglionar, está siempre ubicada en el interior del tronco encefálico o de la médula espinal, mientras que la segunda neurona se ubica en acúmulos ganglionares que pueden estar en la cadena ganglionar paravertebral o en pequeños ganglios en las propias paredes de los órganos viscerales efectores.

Las fibras preganglionares parasimpáticas son generalmente mucho más largas que las simpáticas, mientras que las fibras posganglionares parasimpáticas resultan muy cortas en comparación con las simpáticas.

Las fibras preganglionares simpáticas salen de la médula con las fibras de la raíz anterior conformando el nervio raquídeo. Mediante los ramos comunicantes blancos estas fibras llegan a la cadena ganglionar simpática, donde pueden hacer sinapsis con neuronas posganglionares, pasar a otros ganglios más rostrales o caudales y terminar en sinapsis con neuronas posganglionares a ese nivel (Fig. 8).

Muchas fibras posganglionares vuelven a penetrar en los nervios espinales a través de los ramos comunicantes grises, distribuyéndose por todo el cuerpo junto con las fibras somáticas. Cerca de un 8% de las fibras de un nervio esquelético son de este tipo.

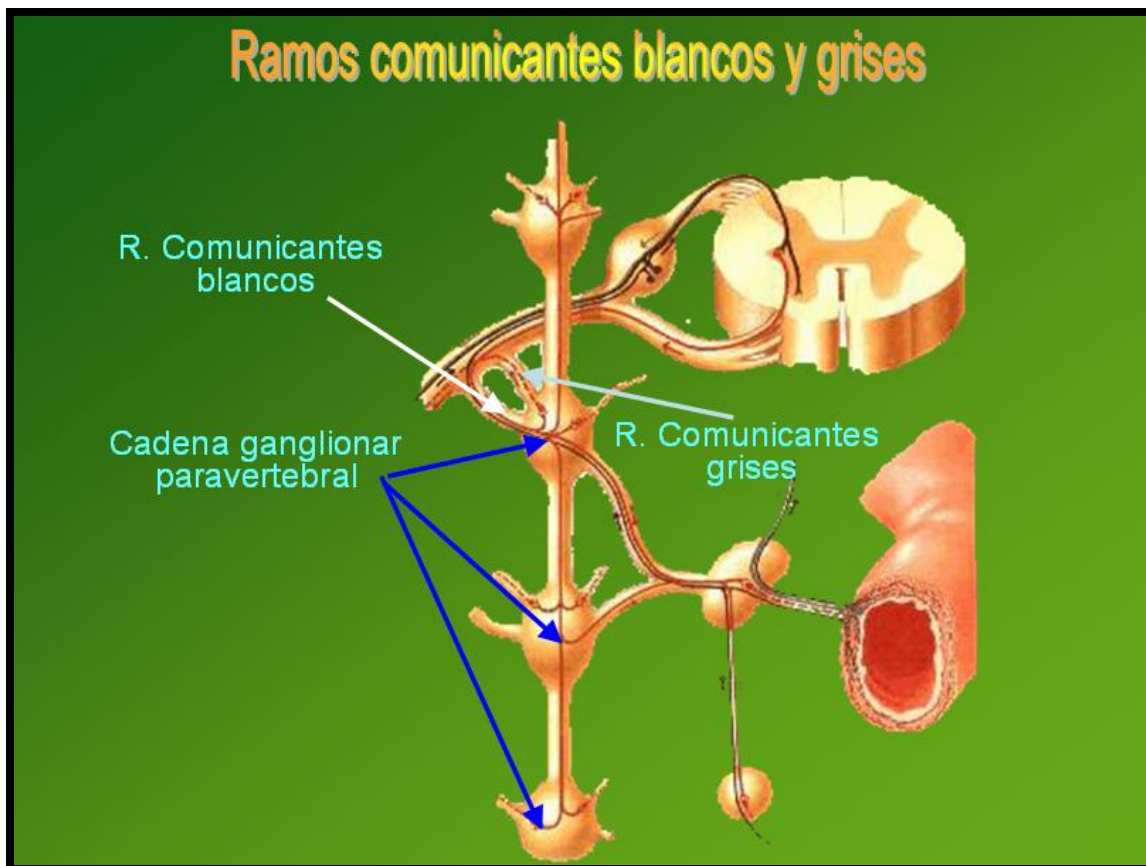


Figura 8. Diagrama de arcos neurales que corresponden al sistema simpático. Con trazo grueso las fibras aferentes viscerales. Con trazo fino o punteado las fibras preganglionares y posganglionares simpáticas.

En el sistema simpático las fibras procedentes del segmento medular T-1 inervan la cabeza, las de T-2 al cuello, las de T-3, T-4, T-5 y T-6 hacia el tórax, las de T-7, T-8, T-9, T-10 y T-11 al abdomen y las de T-12, L-1 y L-2 a las extremidades inferiores. De esta manera existe una distribución segmentaria, paralela a la somática, por parte del sistema simpático.

Una particularidad especial revisten las terminaciones nerviosas simpáticas en la médula suprarrenal. Las fibras preganglionares simpáticas, sin hacer sinapsis terminan en las células especiales de la médula suprarrenal que secretan adrenalina y noradrenalina al torrente sanguíneo. Estas células constituyen verdaderas neuronas posganglionares. La inervación simpática de los órganos está relacionada con la posición que estos órganos tenían al inicio del desarrollo embrionario. El corazón recibe mucha inervación simpática de la cadena ganglionar cervical, por haberse originado en esta zona. Los órganos abdominales la reciben de los segmentos torácicos inferiores.

Las fibras parasimpáticas craneales abandonan el sistema nervioso central siguiendo el trayecto de los nervios craneales III, VII, IX y X. El 75 % de las fibras parasimpáticas para los órganos torácicos y abdominales pasan por los nervios vagos, de aquí su importancia. Las fibras parasimpáticas sacras inervan la totalidad de los órganos pelvianos.

Entre las fibras parasimpáticas preganglionares se pueden incluir, como señala F. Orts Llorca (1960), las que se originan en los núcleos supraópticos y núcleos del hipotálamo anterior y que formando el haz supraóptico-hipofisario, van a inervar las células secretoras de la neurohipófisis. Estas células son así equivalentes a neuronas posganglionares parasimpáticas, del mismo modo que las células de la médula suprarrenal se consideran equivalentes a neuronas posganglionares simpáticas.

Las terminaciones nerviosas simpáticas y parasimpáticas secretan una de las dos sustancias neurotransmisoras: noradrenalina o acetilcolina. Las primeras se llaman adrenérgicas y las segundas colinérgicas (Fig. 1.8). Tanto las fibras preganglionares simpáticas, como las parasimpáticas son colinérgicas. Las neuronas posganglionares del sistema parasimpático son también colinérgicas. La mayor parte de las fibras posganglionares simpáticas son adrenérgicas, aunque las fibras simpáticas que inervan las glándulas sudoríparas y algunos vasos sanguíneos son colinérgicas.

Según F. Orts Llorca (1960), el nervio facial (VII par craneal) conduce fibras parasimpáticas destinadas a las glándulas sudoríparas de la cara. A.C. Guyton (1990) afirma que: "... las glándulas sudoríparas son estimuladas fundamentalmente por núcleos situados en el hipotálamo que suelen considerarse centros parasimpáticos. Por tanto, el sudor podría considerarse función parasimpática.

Estos últimos dos testimonios reflejan el hecho de que aún no se han logrado conclusiones anátomo-funcionales en cuestiones al parecer tan sencillas, ya que la inmensa mayoría de los autores simplemente se contentan con calificar las fibras vegetativas que inervan a las glándulas sudoríparas, como simpáticas colinérgicas, constatando la paradoja sin darle mayor significación.

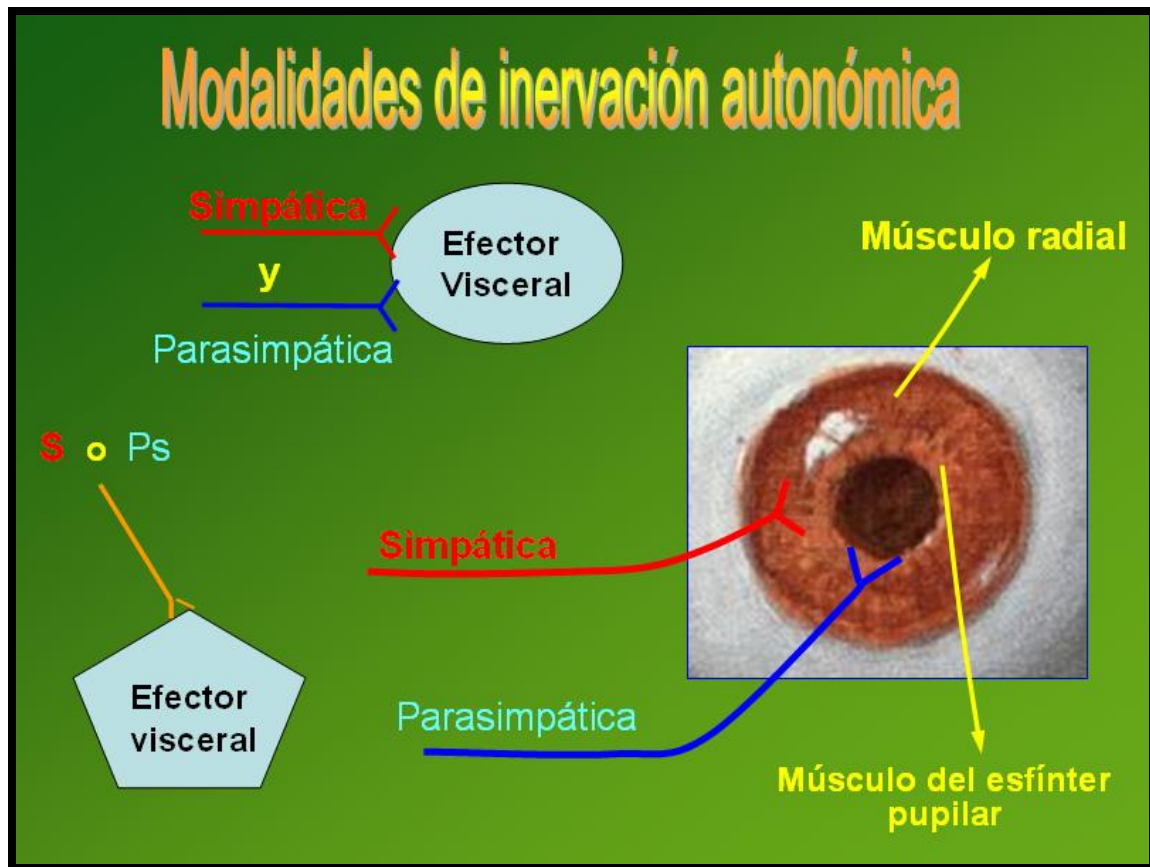


Figura 1.9 Diagrama explicativo de la acción de ambas secciones del SNA sobre los efectores autonómicos.

Las terminaciones nerviosas simpáticas y parasimpáticas secretan una de las dos sustancias neurotransmisoras: noradrenalina o acetilcolina. Las primeras se llaman adrenérgicas y las segundas colinérgicas (Fig. 1.8). Tanto las fibras preganglionares simpáticas, como las parasimpáticas son colinérgicas. Las neuronas posganglionares del sistema parasimpático son también colinérgicas. La mayor parte de las fibras posganglionares simpáticas son adrenérgicas, aunque las fibras simpáticas que inervan las glándulas sudoríparas y algunos vasos sanguíneos son colinérgicas.

Según F. Orts Llorca (1960), el nervio facial (VII par craneal) conduce fibras parasimpáticas destinadas a las glándulas sudoríparas de la cara. A.C. Guyton (1990) afirma que: "... las glándulas sudoríparas son estimuladas fundamentalmente por núcleos situados en el hipotálamo que suelen considerarse centros parasimpáticos. Por tanto, el sudor podría considerarse función parasimpática.

Estos últimos dos testimonios reflejan el hecho de que aún no se han logrado conclusiones anátomo-funcionales en cuestiones al parecer tan sencillas, ya que la inmensa mayoría de los autores simplemente se contentan con calificar las



fibras vegetativas que inervan a las glándulas sudoríparas, como simpáticas colinérgicas, constatando la paradoja sin darle mayor significación.

Los efectores autonómicos no siempre reciben una inervación dual, o sea, simpática o parasimpática. Algunos, como los músculos piloerectores, glándulas sudoríparas, vasos sanguíneos cutáneos, musculares, del hígado y del bazo, sólo reciben inervación de una de las secciones del sistema nervioso autónomo, simpática o parasimpática (Ver Fig. 1.9).

En estos casos se ha descubierto, que las fibras que inervan estas estructuras se mantienen en constante actividad, emitiendo una descarga neural que mantiene el funcionamiento del órgano efector en un nivel funcional dado. La hiperfunción o hipofunción de los órganos efectores en este caso, se alcanza por incremento de la frecuencia de estimulación o por su marcada disminución.

El grado de actividad de la inervación vegetativa en estos casos, refleja lo que se ha denominado tono simpático o parasimpático, según corresponda. En otras palabras, los órganos inervados por la división vegetativa del sistema nervioso muestran un tono que determina la actividad efectora visceral en un momento determinado. A esta forma de actuar mediante variaciones del tono, cuando un órgano solamente posee una inervación simpática o parasimpática, se le denomina en idioma inglés on-off.

Resulta curioso el hecho de que la frecuencia de estimulación vegetativa está en cifras de 1-30 Hz, mientras que la estimulación somática está entre 50-200 Hz, o sea, en cifras redondas, esta última emplea frecuencias cinco veces mayores para transmitir su información a los órganos efectores somáticos.

En muchos órganos viscerales la inervación vegetativa es dual. En estos casos, la acción de una de las secciones es generalmente antagónica a la de la otra. Por ejemplo, en el sistema digestivo la estimulación parasimpática intensa provoca incremento de la actividad peristáltica y hasta diarreas, mientras que la actividad simpática muestra un efecto opuesto. No obstante, la acción generalmente opuesta de ambas inervaciones no siempre se logra actuando precisamente sobre un mismo órgano simultáneamente.

Podemos observar el caso del iris. En este caso, las fibras parasimpáticas provocan contracción del músculo esfinteriano (circular) del iris, mientras que las simpáticas inervan las fibras radiales de los músculos del iris que provocan dilatación de la pupila al contraerse. El efecto de la estimulación aislada de cada sección del sistema nervioso autónomo en el iris provoca acciones opuestas del órgano inervado (el iris en este caso). Una hiperactividad simpática provocaría una dilatación de la pupila y una hiperactividad parasimpática tendría una acción opuesta.

Debemos notar sin embargo, que el efecto contrario se produce en la pupila por acción de cada una de las partes (simpática y parasimpática) en un músculo diferente y por lo tanto, la dilatación pupilar no será siempre el resultado necesariamente de la actividad simpática, ya que sin variar el tono simpático, una reducción del tono del músculo del esfínter pupilar (parasimpático) puede lograr un resultado semejante. Este fenómeno resulta parecido al que observamos en la



inervación esquelética entre músculos flexores y extensores que tienen acción antagónica. En este sentido, la pupila no resulta entonces un órgano ideal para el estudio de la actividad integral combinada (equilibrio) de las secciones simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo.

El corazón, afortunadamente, brinda una interesante posibilidad de observar mediante su actividad cronotrópica el control antagónico de la actividad simpática y parasimpática. Ambas ejercen una acción antagónica sobre el nódulo sinoauricular (sinusal), lo que hace posible emplear al ritmo cardíaco como una medida del efecto antagónico integrado neuroautonómico.

## **Inervación Cardíaca**

El corazón recibe inervación vegetativa simpática y parasimpática. La acción parasimpática posee carácter inhibitorio, en tanto la simpática posee carácter excitatorio. Independientemente de ello, ambas secciones del sistema nervioso vegetativo ejercen un efecto tónico sobre la actividad cardíaca. A continuación serán expuestas las vías nerviosas que inervan las estructuras del corazón.

### **Inervación simpática cardíaca**

La inervación simpática cardíaca proviene de fibras posganglionares que tienen su origen en los tres ganglios simpáticos cervicales y los primeros cinco o seis ganglios torácicos. Las fibras que provienen del ganglio cervical superior descienden por dentro de la carótida interna, dirigiéndose al tórax. En el lado derecho las fibras nerviosas, constituyendo el nervio cardíaco superior, se desplazan por detrás del tronco braquiocefálico hasta alcanzar el cayado aórtico. En el lado izquierdo, descienden entre la arteria carótida y la subclavia y se dirigen al plexo cardíaco. Los nervios cardíacos superiores emiten ramos anastomóticos hacia los nervios cardíacos medios correspondientes (derecho o izquierdo).

Las fibras que provienen del ganglio cervical medio, siguen un trayecto paralelo a las que conforman al nervio cardíaco superior y constituyen el nervio cardíaco medio. Terminan igualmente en el plexo cardíaco (Ver Fig. 10).

Procedentes del ganglio estrellado (ganglio cervical inferior), las fibras simpáticas posganglionares se disponen por detrás del tronco braquiocefálico a la derecha y por detrás de la carótida común en el lado izquierdo, terminando todas estas fibras en diferentes zonas del plexo cardíaco.

Las fibras que proceden de los ganglios torácicos superiores y que se dirigen al plexo cardíaco, han ido ganando en importancia, con respecto a lo que se consideraba en otras épocas, cuando se atribuía el papel fundamental a la eferencia simpática procedente de los tres ganglios simpáticos cervicales. Muchas

de estas fibras se adosan y anastomosan incluso a las de los nervios cardiacos medio e inferior y algunas llegan directamente al plexo cardiaco.

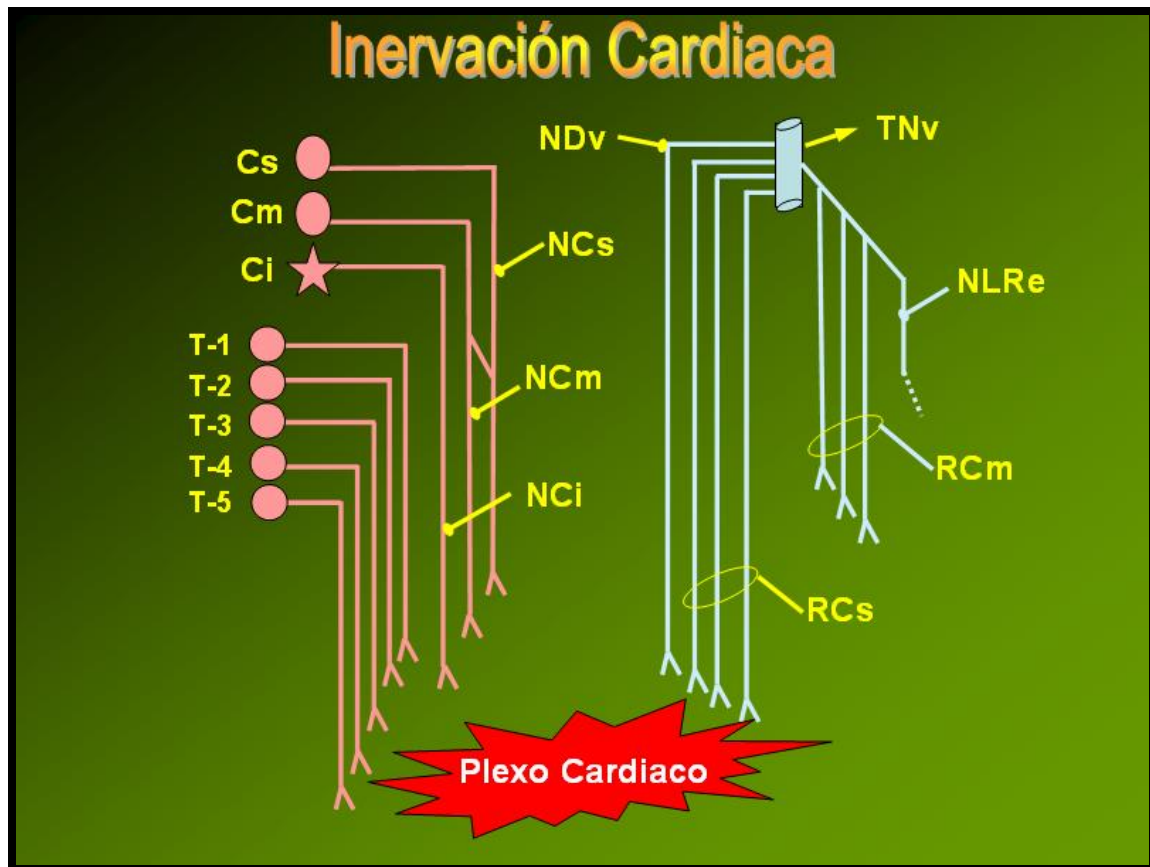


Figura 1.10 Diagrama acerca de la inervación cardíaca.

## Inervación parasimpática cardíaca

La inervación eferente parasimpático cardíaca proviene del nervio vago. En su porción cervical el vago emite diferentes ramos, destacándose para la inervación cardíaca el nervio depresor, constituyente del ramo cardíaco vagal cervical superior. Algo más adelante, surgen dos o tres ramitos del nervio vago, que corriendo a lo largo de la arteria carótida contribuyen al engrosamiento de los ramos cardíaco cervical superior. Una rama del vago da origen a los nervios laríngeos y de este nervio se independizan fibras que van a constituir los ramos cardíacos medios del vago. Existe un ramo anastomótico procedente del nervio larígeo inferior (rama del vago) que establece vínculo con el ganglio cervical inferior simpático (estrellado).

Todas las fibras preganglionares parasimpáticos cardiacas van a terminar en el plexo cardiaco, en cuyas redes encuentran las agrupaciones neuronales parasimpáticos posganglionares.. Estas neuronas posganglionares forman acúmulos en algunas zonas, lo que ha permitido la identificación morfológica de algunos agrupaminetos celulares. Es el caso del denominado ganglio de Wrisberg.

## **Plexo cardiaco**

Está constituido por fibras nerviosas posganglionares simpáticas procedentes de los ganglios cervicales y torácicos, por fibras preganglionares parasimpáticos, por fibras eferentes posganglionares parasimpáticos, por fibras aferentes viscerales y por fibras y somas neuronales que tienen neuromedidores no colinérgicos y no adrenérgicos.

Algunos autores acostumbraban diferenciar dos grandes divisiones del plexo: uno denominado superficial que cubriría la convexidad aórtica y la bifurcación de la arteria pulmonar, donde se ubica el ganglio de Wrisberg mencionado anteriormente y una porción denominada profunda que recibe sus fibras de modo predominante del vago izquierdo.

Esta porción del plexo cardiaco se ubicaría entre la aorta y las venas pulmonares y se subdividiría a su vez en dos porciones por detrás del arco aórtico. A la porción derecha de esta subdivisión del plexo profundo cardiaco llegarían fibras procedentes de los nervios cardiacos superior, medio e inferior y torácicos del lado derecho, así como todos los ramos cardiacos del vago.

La mitad izquierda de esta porción del plexo cardiaco profundo recibiría fibras igualmente de los nervios cardiacos medio, inferior y torácico izquierdos y los ramos inferiores del vago izquierdo. Se ha considerado siempre que la zona del nódulo aurícula-sinusal es inervada de modo preferente por fibras procedentes del vago derecho, en tanto otras zonas del sistema de conducción propio especializado cardiaco reciben fibras del vago izquierdo.

Autores prestigiosos de la Escuela Ruso-Soviética (Sinelnikov R.D. 1986) individualizaban morfológicamente al plexo cardiaco en más porciones: dos porciones anteriores del plexo, dos porciones posteriores, un plexo para la región de la cara anterior de las aurículas y otra específica para la cara posterior de la aurícula izquierda.

## **Autorritmicidad cardiaca**

Una característica fisiológica importante de las fibras miocárdicas está dada por su rítmica autónoma. En 1628, William Harvey demostró, que en las fibras miocárdicas de las aurículas la frecuencia espontánea de contracción era mayor que en las de los ventrículos (Harvey W., 1628; Singer C., 1928).

Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XIX, que fue localizada la región primaria cardíaca con un más alto grado de autoritmicidad, en la aurícula derecha (Gaskell W.H., 1900; Meek W.J. y Eyster J.A.E., 1914, 1916).

En 1906, Keith y Flack descubrieron el nódulo sinoauricular morfológicamente y los experimentos electrofisiológicos de T. Lewis demostraron, que correspondía a esta estructura la mayor frecuencia de descarga, con respecto al resto de las áreas del corazón, constituyéndose de esta manera en el sitio de origen del ritmo cardíaco (Lewis T., 1925).

Las células del nodo sinoauricular, muestran un elevado nivel de autoexcitación. Ha sido demostrado que dichas células poseen los potenciales de membrana de reposo más bajos y las que exhiben una velocidad de despolarización más rápida. Sin embargo, no todas las fibras del nódulo sinoauricular poseen iguales propiedades.

Según V.B. Mountcastle (1974) las células más periféricas del nódulo poseen un potencial de membrana algo más negativo, constituyéndose en “marcapasos” de reserva. Otros autores (Baevsky R.M., 1968, 1970; Delgado Correa W., 1984), señalan que las células del nódulo con esas particularidades están ubicadas en las regiones más superiores del mismo.

De acuerdo con lo anterior, en el propio nódulo sinoauricular podría regularse el ritmo cardíaco mediante tres posibles mecanismos:

- Por una alteración de la actividad de las fibras “marcapaso”.
- Por una variación del sitio del nódulo donde se genera la actividad “marcapaso”.
- Por la combinación de los dos anteriores.

En general se acepta, que las propiedades antes descritas de las células del nódulo sinoauricular son debidas a que las mismas presentan una conductancia de reposo diastólico relativamente elevada a los iones de sodio y una lenta declinación en la conductancia a los iones de potasio durante el diástole.

La conductancia selectiva a los iones en la membrana celular es dependiente de reacciones metabólicas intracelulares. Sin embargo, no por ello puede considerarse que solo a este nivel intracelular en el nódulo corresponda el único papel en la regulación del ritmo cardíaco.

## Variabilidad del ritmo cardíaco

Como estamos enfocando específicamente los aspectos relacionados con el ritmo cardíaco, a lo largo de este acápite nos circunscribiremos a la actividad o influencia cronotrópica.

Desde tiempos remotos fue apreciado por los médicos el valor clínico del análisis del ritmo cardíaco.

En particular, en la Medicina Tradicional Asiática (M.T.A.), se le presta una importancia especial al análisis del pulso, habiéndose descrito hasta 27 tipos diferentes, con valor diagnóstico (Ovechkin A.M., 1991; Luvsan G., 1991).

La técnica requerida para el diagnóstico del pulso en la M.T.A., exige el cumplimiento de diferentes condiciones ambientales, de la posición del paciente, de sus brazos, de los puntos donde deben colocarse los dedos del especialista para la palpación (utilizando 3 dedos de cada mano) y sobre todo, de una especial capacidad perceptiva táctil y experiencia del médico que la aplica.

El especialista en M.T.A. debe tener en cuenta la fuerza de la onda del pulso, su posición (superficial, profundo), su velocidad de traslación, su ritmo y otros aspectos. En relación con el factor ritmo prestan atención a su frecuencia y a su ritmicidad o no.

En la Medicina Occidental, las primeras evidencias documentadas que conozcamos de interés en el ritmo cardíaco, están asociadas al estudiante de medicina de la Universidad de Pisa, Galileo Galilei, quien llegó a crear un aparato para medir la frecuencia cardíaca, el “pulsilogium” (Clendenin L., 1933).

Siendo años más tarde profesor de Matemáticas de la Universidad de Padua, Galileo conoció al profesor de Medicina de ésta, Sanctorio Sanctorio, más conocido como Sanctorius, quien desarrolló un nuevo aparato con el objetivo de medir el pulso (pulsímetro), tomando en cuenta la experiencia anterior de Galileo (Singer C., 1928).

Otra figura muy vinculada al estudio del pulso está ligada al nombre del célebre médico irlandés Robert James Graves (1797-1853), en honor de quien lleva su nombre una severa enfermedad del tiroides: el bocio exoftálmico.

También resulta significativo el trabajo del fisiólogo inglés Stephen Hales (1677-1761), quien creó el piezómetro que lleva su nombre, consistente en esencia en un tubo de vidrio que se introduce en una arteria, con objeto de apreciar las fluctuaciones de la presión arterial, por la altura que alcanza la sangre en el mismo. (Newman W.A., 1937). Hales observó, que existía correlación entre el ciclo respiratorio, el valor de la tensión arterial y los intervalos entre los latidos cardíacos (Campelo M., et al. , 1992).

Las fluctuaciones del intervalo entre latidos cardíacos han sido objeto de observación particular a partir de la introducción de la electrocardiografía. A las fluctuaciones fisiológicas de los cardiointervalos (P-P ó R-R) consecutivos se las ha denominado “arritmia sinusal”.

En 1968, D.I. Zhemaititye, una figura importante de la Fisiología Cardiovascular en la antigua URSS, señalaba que este fenómeno había sido estudiado de forma insuficiente y que debido a ello era poco conocida su significación fisiológica y clínica.

Entre las causas de la arritmia sinusal, se ha planteado la migración del “marcapaso” en el interior de las células del nódulo sinoauricular (Friedberg Ch.K., 1967; Baevsky R.M., 1967).

Otro factor importante, relacionado con la variabilidad del ritmo cardiaco, es la respiración, a la cual se le atribuye uno de los principales papeles en la génesis de la arritmia sinusal (Bainbridge F.A. (1920); Anrep G.V. et al., 1936; Hamlin R.L. et al., 1966; Baevsky R.M., 1967-1990; Davies C.T.M. y Neilson J.M.M., 1967; Zatzyokovsky B.M. y Sarsana S.K., 1968; Hirsch J.A. et al., 1981; Solders G. y Person A., 1981; Eckberg D.L., 1983; Campelo M. et al., 1992).

W. Delgado (1984), al revisar las hipótesis acerca del papel de la respiración en al arritmia sinusal, las resume en tres principales. La primera plantea que la excitación en el centro respiratorio está asociada a emisión sincrónica de impulsos a los músculos respiratorios y a los núcleos dorsal del vago y el centro vasomotor. La segunda está referida a la naturaleza refleja de la arritmia sinusal, fungiendo como zonas activadoras los receptores del seno carotídeo, del arco aórtico, de las venas cavas y de los receptores de estiramiento de los pulmones y músculos respiratorios. La tercera hipótesis plantea que la arritmia sinusal es debida a los efectos que sobre la hemodinamia ejercen los movimientos respiratorios.

## BIBLIOGRAFIA

1. Achari N.K., Downman C.B.B. (1978) Inhibition of reflex bradycardia by stimulation of cerebral motor cortex. *Brain Res.* 150:, pp. 198-200.
2. Agee Ph. (1975) *Inside the company. CIA diary.* Penguin Books Inc., England.
3. Alvarez González M.A. (1989) *Stress, un enfoque psiconeuroendocrino.* Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba.
4. Anrep G.V., P. W., Rossler R. (1936). "Respiratory variations of the heart rate. II. The central mechanism of the respiratory arrhythmia and the interrelations between the central and the reflex mechanism." *Proc. Roy. Soc., London Ser B.* 19: 218-230.
5. Baevsky, R. M. (1970). "Las mediciones fisiológicas en el cosmos y el problema de su automatización." Ed. "Nauka", Moscú, (en idioma ruso).
6. Baevsky R.M., B. Z. V., Berseneva A.P., Tazetdinov I.G., Kirillov O.I. (1988 a). "Evaluación del estado funcional del organismo sobre la base del análisis matemático del ritmo cardíaco. Recomendaciones metodológicas." Ed. DVO AC URSS, Vladivostok, (en idioma ruso).
7. Baevsky R.M., B. Z. R., Yosilyani K.K., Semenova T.D. (1983). "Nivel de la presión arterial y regulación vegetativa del corazón en condiciones de actividad operacional intensa modelada." *Fisiología Humana URSS* 9(5): 723-728.
8. Baevsky R.M., B. V. (1966). "Los problemas de la medicina Espacial." *Problemas de Medicina Espacial* 49: Moscú (en idioma ruso).
9. Baevsky R.M., B. Z. R., Yosilyani K.K., Semenova T.D. (1983). "Nivel de la presión arterial y regulación vegetativa del corazón en condiciones de actividad operacional intensa modelada." *Fisiología Humana, URSS*, 9(5): 723-28 (en idioma ruso).
10. Baevsky R.M., B. A. P., Barsukova Zh. V. (1985). "Particularidades etarias del ritmo cardíaco en individuos con diferente nivel de adaptación a las condiciones del medio ambiente." *Fisiología Humana, URSS* 11(2): 208-12 (en idioma ruso).
11. Baevsky R.M., B. Z. V., Semenova T.D. (1986). "Análisis matemático del ritmo cardíaco en la evaluación del estado funcional de los cosmonautas durante el trabajo en el espacio abierto." VIII Conferencia de la URSS sobre Medicina Aeroespacial, Kaluga, Resúmenes.12-13 (en idioma ruso).
12. Baevsky R.M., G. S. G. (1988 b). "Mida su salud." Ed: Sovyetskaya Rossia, Moscu (en idioma ruso).
13. Bainbridge., F. A. (1920). "The realation between respiration and the pulse rate." *J. Physiol (London)* 54: 192-202.
14. Bamford J. (1982) *El palacio de los rompecabezas.* Editora Capitán San Luis, Ministerio del Interior, Cuba.
15. Campelo M., C. J., Fernandes P., Maciel M.J., Rocha-Goncalves F. (1992). "O noso ponto de vista: variabilidade da frecuencia cardiaca:uma perspectiva." *Rev. Port. Cardiol.* 11(9): 732-732.
16. Cannon W.B. (1929) *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage. Second Edition.* Ed. Appleton and Co.
17. Cannon W.B., Bacq Z.M. (1931) Studies on the conditions of activity in endocrine organs. XXVI A hormone produced by sympathetic action on smooth muscle. *Am. J. Physiol.* 93: 392.
18. Carlson S.C., Passano M.S., Januzzo J.A. (1977) The effect of the detector evidence on jury deliberations: an empirical study. *Journal of Police Science and Administration*, 5: pp. 148-



154.

19. Clendenin, L. (1933). "Behind the doctor." The Garden City Publishing Co., Inc., Garden City, New York.

20. Dale H.H. (1934) Chemical transmission of the effects of nerve impulses. *Br. Med. J.* 1:, pp. 834-841.

21. Davis C.T.M., N. J. M. M. (1967). "Sinus arrhythmia in man at rest." *J. Appl. Physiol.* 22: 947-55.

22. Delgado, W. C. (1984). "Estado del sistema cardiovascular en los deportistas. Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba." Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba.

23. Dijk DJ, Neri DF, Wyatt JK, Ronda JM, Riel E, Ritz-De Cecco A, Hughes RJ, Elliott AR, Prisk GK, West JB, and Czeisler CA. Sleep, performance, circadian rhythms, and lightdark cycles during two space shuttle flights. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 281: R1647–R1664, 2001.

24. Dow R., Moruzzi G. (1958) Physiology and pathology of the cerebellum. Minneapolis, Eds: University of Minnesota Press, USA.

25. Eckberg D.L., K. Y. T., Roberts V.L. (1980). "Phase relationship between normal human respiration and baroreflex responsiveness." *J. Physiol (London)* 304: 489-502.

26. Estévez Báez M., P. G. J. C., Rodríguez López M., Trápaga Ortega M. (1983 e). "Carta metodológica acerca de la realización y evaluación médica de las pruebas de tolerancia a la hipoxia moderada en barocámara a pilotos y aspirantes a ingresar en las Escuelas de Aviación de las FAR." Imprenta de las FAR, Ciudad de La Habana, Cuba.

27. Estévez M., P. J. C., Suárez D., Deschappelles E. (1982 a). "Significación de algunos parámetros fisiológicos para la evaluación de la hipoxia moderada." Reporte de Investigación científica (070376). R. de Cuba.

28. Estévez Báez M. (1989 b) La cinetosis. Un problema médico militar actual. *Revista Cubana de Medicina Militar*, Sept-Dic, Vol. 18, No. 3, pp. 129-135.

29. Franchini K.G., Krieger E.M. (1992) carotid chemoreceptors influence arterial pressure in intact and aortic denervated rats. *Am. J. Physiol.* 262 R677-R683

30. Franchini K.G. (1993) Cardiovascular responses of conscious rats to carotid body chemoreceptor stimulation by intravenous KCN. *Journal of the Autonomic Nervous System* 42:, pp. 63-70.

31. Friedberg, C. K. (1967). "Enfermedades del corazón." 2da. Edición. Ediciones "R", Instituto Cubano del Libro, La Habana, Cuba.

32. Gaskell, W. H. (1900). "The contraction of heart muscle.." In: Schafer E.A. (Ed) *Textbook of Physiology*, Pentland, England. The MavMillan Co. Ltd. vol 2.

33. Gibbons J.A. (1983) Scientific validity of polygraph testing. *The polygraph*, Sept. 12:, pp. 3-13.

34. Glass JD, Tardif SD, Clements R, and Mrosovsky N. Photoc and nonphotoc circadian phase resetting in a diurnal primate, the common marmoset. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 280: R191–R197, 2001.

35. Guyton, A. C. (1990). "Tratado de Fisiología Médica." VII Edición en español. Ed. "R", La Habana, Cuba.

36. Hamlin R.L., S. C. R., Smetrzer D.L. (1966). "204.(1966) Sinus arrhythmia in the dog." *Am. J. Physiol.* 210: 321-328.

37. Harvey, W. (1928). "Excercitates anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus. Frankfurt 1628." Guilielmi Fitzeri (Translated by C.D. Leake, Springfield, Ill., Charles C.

Thomas, Publisher).

38. Hell N.S., Timo-laria C. (1986) Increase of food intake induced by glucagon in the rat. *Physiol. Behav.* 34:, pp. 39-44.

39. Hirsch J.A., B. B. (1981). "Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate." *Am. J. Physiol.* 241: H620-H629.

40. Hoff E.C., Kell J.F., Carroll M.N. (1963) Effects of cortical stimulation and lesions on cardiovascular function. *Physiol. Rev.* 43: pp. 68-75.

41. Kadekaro M., Timo-laria C., Valle L.E.R. (1975) Neural systems responsible for gastric secretion provoked by 2-deoxy-D-glucose cytoglucoopenia. *J. Physiol, Lond.* 252:, pp. 565-584.

42. Koizumi K., McBrooks C. (1974) The autonomic nervous system and its role in controlling visceral activities. In: *Medical Physiology. XIII Edition* Ed. V.B. Mountcastle, The C.V. Mosby Company, Vol I, pp. 783-812.

43. Krieger E.M. (1964) Neurogenic hypertension in the rat. *Circ. Res.* 15:, pp. 511-512.

44. Langley J.N. (1921) The autonomic nervous system. Ed. W. Heffer and Sons, Cambridge.

45. Levy, M. N. (1971). "Sympathetic-parasympathetic interactions in the heart." *Circulation Research* XXIX(5): 437-45.

46. Lewis, T. (1925). "The mechanisms and graphic registration of the heart beat." Ed 3. London, Shaw and Sons Ltd.

47. Luvsan, G. (1991). "Recopilación de métodos de la reflexoterapia oriental." Ed. "Nauka", Novosibirsk, Rusia (en idioma ruso).

48. Lykken D.T. (1975) Guilty-knowledge test: the right way to use a lie detector. *Psychology Today*. March, pp. 56-60.

49. Lykken D.T. (1983) Polygraphic interrogation: the applied psychophysicologist. *Physiological correlates of human behavior*. Acad. Press Inc., London.

50. Maskrey M, Wiggins PR, and Frappell PB. Behavioral thermoregulation in obese and lean Zucker rats in a thermal gradient. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 281: R1675–R1680, 2001.

51. Meek W.J., J. A. E. (1916). "The origin of the cardiac impulse in the turtle's heart." *Am. J. Physiol.* 39: 291.

52. Meek W.J., E. J. A. E. (1914). "Experiments on the origin and propagation of the impulse in the heart; effects of vagal stimulation and of cooling on the location of the pacemaker within the sinoauricular node." *Am. J. Physiol.* 34: 368.

53. Michel D., Tommasi M., Laurent B., Trillet M., Schott B. (1976) Degeneration striatonigrique. *Revue Neurol.* 132:, pp. 3-22.

54. Misher A., Brooks F.P. (1966) Electrical stimulation of hypothalamus and gastric secretion in the albino rat. *Am. J. Physiol.* 11: pp. 403-406.

55. Morgane P.J. (1961) Alterations in feeding and drinking behavior of rats with lesions on globi pallidi. *Am, J. Physiol* 201:, pp.420-428.

56. Mountcastle, V. B. (1974). "Medical Physiology." XIII Edition, The C.V. Mosby Company, Saint Louis, Vol II.

57. Newman-Dorland, W. (1937). "The American illustrated Medical Dictionary." Philadelphia and London, W.B., Saunders Company.

58. Nicolelis M.A., Tinone G., Sameshima K., Timo-laria C., Chia Hong Yu, Van de Bilt M.T. (1990) Connection, a microcomputer program for storing and analyzing structural properties of

neural circuits. *Computers and Biomedical Research*, 23:, pp. 64-81.

59. Oppenheimer L.M., Lewinsky R.M. (1994) Power spectral analysis of fetal heart rate. *Baillieres Clin. Obstet. Gynaecol.* 8(3): pp. 643-661.

60. Orts LLorca F. (1960) *Anatomía Humana. Tomo Segundo.* Ed: Científico-Técnica, Barcelona, Madrid, Valencia.

61. Ovechkin, A. M. (1991). "Fundamentos de la terapéutica del "Zhen-Jiu"." Ed. "Golos", Rusia (en idioma ruso).

62. Perret M and Aujard F. Daily hypothermia and torpor in a tropical primate: synchronization by 24-h light-dark cycle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 281: R1925–R1933, 2001.

63. Salas-Calzadilla, E. (1986). "Estudio de la variabilidad del ritmo cardiaco por distintos métodos en diferentes grupos de pacientes." Tesis para optar por el Título de Especialista de Primer Grado en Cardiología, La Habana, Cuba.

64. Seifert EL and Mortola JP. Circadian pattern of ventilation during acute and chronic hypercapnia in conscious adult rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 282: R244–R251, 2002.

65. Singer, C. (1974). "A short history of Medicine." New York, Oxford University Press, American Branch.

66. Solberg LC, Olson SL, Turek FW, and Redei E. Altered hormone levels and circadian rhythm of activity in the WKY rat, a putative animal model of depression. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 281: R786–R794, 2001.

67. Solders G., P. A. (1981). "Variations in heart rate: a study of autonomic dysfunction." *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 52(2 Soc Proc): 34P.

68. Suñer, A. P. (1954). "Sistema Neurovegetativo." Unión Tipográfica. Editorial Hispano Americana, México.

69. Timo-laria C. (1983) *Organizacao Geral do Sistema Nervoso.* Ed. J.L. Assis y M. Scaff *Fisiopatología do Sistema Nervoso.* Sao Paulo, pp. 453-470.

70. Timo-laria C. (1990) Glucoreceptor systems: from control of glycemia to feeding behavior. *NIPS*, Vol. 5, April, pp. 46-49.

71. Thielmann, K. (1973). "Principios de metodología en bioquímica clínica." Editorial Organismos. Instituto Cubano del Libro, La Habana, Cuba.

72. Van Reeth O, Weibel L, Olivares E, Maccari S, Mocaer E, and Turek FW. Melatonin or a melatonin agonist corrects age-related changes in circadian response to environmental stimulus. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 280: R1582–R1591, 2001.

73. Zhaowei M. (1988) The third equilibrium system. Meridian system. *The Chinese J. of Acupuncture and Moxibustion*, Vol. 1, No. 1-2, pp. 62-64.

74. Zatzyookovsky B.M., S. S. K. (1968). "Estudio fisiológico de la arritmia cardiaca." En: *Métodos de análisis matemático del ritmo cardíaco.* Ed. "Nauka", Moscú, pp. 31-50 (en idioma ruso).

75. Zhemaytitye, D. I. (1967). "El análisis estadístico de la actividad sinusal en estado normal y en estado patológico. En: *Métodos de análisis matemático del ritmo cardíaco.*" Ed. "Nauka", Moscú pp. 80-88. (en idioma ruso).