

14  
2ej.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ZARAGOZA

## LA ELECTROESTIMULACION FUNCIONAL EN LA REHABILITACION DEL MOVIMIENTO VOLUNTARIO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### T E S I S

Que para obtener el título de  
Licenciada en Psicología  
Presenta:

Gabriela B. Naranjo Flores

ASESOR: LIC. ALEJANDRO ESCOTTO C.



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.

## I N D I C E :

INTRODUCCION . . . . .	1
CAPITULO I. ESTRUCTURA PSICOLOGICA DE LA VOLUNTAD Y EL MOVIMIENTO VOLUNTARIO	7
A) EL ACTO VOLUNTARIO . . . . .	10
B) EL MOVIMIENTO VOLUNTARIO . . . . .	21
CAPITULO II. ESTRUCTURA NEUROPSICOLOGICA DEL MO- VIMIENTO VOLUNTARIO	25
A) ANTECEDENTES . . . . .	26
B) ORGANIZACION CEREBRAL GENERAL DE LOS PROCESOS PSICUICOS . . . . .	32
C) EL ANALIZADOR SENSORIOMOTOR . . . . .	48
D) SISTEMA DE LOS LOBULOS FRONTALES	61
CAPITULO III. ORGANIZACION NEUROFISIOLOGICA DEL MOVIMIENTO	65
A) GENERALIDADES DEL SISTEMA NERVIOSO	66
B) LOS MUSCULOS . . . . .	72
C) RECEPTORES MUSCULARES Y TENDINOSOS	77
D) LA MEDULA ESPINAL . . . . .	81
E) PRINCIPALES VIAS MOTORAS . . . . .	89
F) LA CORTEZA CEREBRAL . . . . .	98
CAPITULO IV. LA HEMIPLEJIA	104
A) TRASTORNOS DEL MOVIMIENTO VOLUNTARIO	105
B) LA HEMIPLEJIA . . . . .	113
C) TERAPIAS TRADICIONALES PARA LA HE- PLEJIA . . . . .	118
D) LA TERAPIA CONDUCTIVA . . . . .	126
CAPITULO V. LA ELECTROESTIMULACION FUNCIONAL	132
A) ANTECEDENTES . . . . .	133
B) CARACTERISTICAS Y DESCRIPCION DE LA TECNICA . . . . .	135
C) OBJETIVOS DE LA ESTIMULACION . . . . .	141
D) ALGUNOS REPORTE DE LA APLICACION DE LA EEF . . . . .	143

<b>CAPITULO VI. PROCESOS DE RECUPERACION Y PLASTICIDAD CEREBRAL</b>	<b>156</b>
<b>A) EL CONCEPTO DE PLASTICIDAD CEREBRAL. . . . .</b>	<b>159</b>
<b>B) LOS MECANISMOS NEUROFISIOLOGICOS</b>	<b>165</b>
<b>C) PROCESOS NEUROPSICOLOGICOS. . .</b>	<b>175</b>
<b>CONCLUSIONES: POTENCIALIDADES DE LA BEF EN LA - REHABILITACION DEL HEMIPLEJICO</b>	<b>184</b>
<b>BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>198</b>

## I N T R O D U C C I O N

Los procesos psíquicos son producto de la actividad del sujeto en su interacción con el objeto, como imagen o representación compleja formada a partir del trabajo del cerebro.

La psicología moderna tiene bien claro que el psiquismo no puede considerarse como un fenómeno aislado y "localizado" - al interior del individuo ni tampoco como algo incognoscible o reducido sólo a sus manifestaciones conductuales. Este sólo puede entenderse partiendo de las tesis de que está indisolublemente ligado a las leyes del desarrollo de la materia y de la sociedad.

Para que exista fenómeno psíquico es necesaria la acción de diferentes objetos y fenómenos que forman la realidad sobre nuestros órganos sensitivos y ello es posible sólo cuando se establece una interacción entre el sujeto y el objeto a través de la actividad.

Mediante la actividad el sujeto va obteniendo todos aquellos datos relevantes para poder conocer al objeto, en la transformación de este último es en donde se sustenta la base del conocimiento y tal transformación implica al mismo tiempo -- una transformación del propio sujeto, de sus capacidades, su pensamiento, su memoria, en fin el conjunto de los procesos psíquicos que en última instancia son los que permiten el conocimiento.

La categoría de actividad adquiere una gran importancia, -- pues a través de ella no sólo se da la interacción del sujeto-objeto para dar lugar al conocimiento, sino que es además la base de la dominación del sujeto sobre el objeto y de la

transformación y desarrollo de él mismo (tanto biológica, como psíquica y socialmente). Es también en la actividad donde los procesos psíquicos se van manifestando. Así por ejemplo, los productos del pensamiento científico pueden materializarse en obras científicas, en nueva tecnología, en grandes plantas industriales y diferentes estados del ánimo y sentimientos pueden plasmarse en grandiosas obras artísticas (alguna pieza musical, una pintura, escultura, etc.).

La realización de los actos concretos tiene una estructura - de diferente complejidad, de ninguna manera se podría decir que es lo mismo bordar una tela que llevar a cabo una investigación sobre la estructura y fisiología celular, sin embargo, todos tienen una vía de realización común, toda actividad requiere de un sistema bien desarrollado de efectores - constituido básicamente por los diferentes músculos estriados (voluntarios) del cuerpo. Pero como ya se había mencionado los actos del hombre pueden adoptar diferentes niveles de complejidad y tales diferencias de ninguna manera podrían ser explicados estudiando sólo el funcionamiento del sistema efector. Es necesario entonces adentrarse al estudio de los diferentes niveles de regulación de la actividad psíquica sobre la actividad externa que además se integran como una.

Ya se ha dicho que el psiquismo permite al sujeto orientarse en la realidad y transformarla a partir de su actividad en - un determinado sentido. La actividad tiene diferentes niveles de regulación pero adquiere su máxima complejidad cuando está orientada por la voluntad.

La regulación voluntaria de la actividad implica una serie - de procesos tanto físicos como fisiológicos, neuropsicológicos / psicológicos y conocimiento de su dinámica de su estructura lleva inevitablemente al abordaje de esos diferentes aspectos.

Para la psicología cobra especial interés el estudio de lo que se conoce como procesos volitivos, es decir, la categoría de voluntad, que si bien ya ha sido abordada aún no sale completamente del marco teórico que la explica en la tónica de "fuerza" que impulsa a hacer algo ya planeado.

El abordaje del problema de la voluntad desde una perspectiva científica exige precisamente el estudio de sus bases materiales, de su estructura psicológica y los factores que inciden en su formación y contenido. Para ello es indudablemente valioso el estudio de los casos patológicos, es decir, de alteraciones que afectan la esfera voluntaria del paciente, tal es el caso de las lesiones cerebrales de diferente localización.

Un ejemplo de cómo el proceso voluntario puede estar afectado en alguno de sus diferentes eslabones es el de la hemiplejía, una alteración que se caracteriza principalmente por la imposibilidad del paciente para mover su hemicuerpo ya sea derecho o izquierdo, y produce como secuela de un daño cortical o subcortical. En este caso se dice que el paciente pierde el movimiento voluntario del hemicuerpo correspondiente, la cuestión es saber específicamente que aspecto del proceso volitivo está afectado y cuál es el sustrato material de tal afectación; y, a partir de ello de qué manera y hasta qué punto se puede lograr una recuperación. Es bien sabido que el sistema nervioso, sobre todo el del ser humano, tiene una gran plasticidad, pero tal plasticidad no es una "suceso milagroso" que se produce a partir de la nada, sino que responde a una serie de factores que van desde los neurofisiológicos hasta psicológicos y sociales.

El enfoque tanto de la alteración neurológica como del programa terapéutico para su rehabilitación debiera basarse en un conocimiento integral de los aspectos arriba señalados. -

Es muy común que los programas de rehabilitación para alteraciones neurológicas estén limitados por la suposición de que sólo se puede lograr una adaptación del individuo a su nueva situación para ayudarlo a sobrevivir.

La efectividad de cualquier técnica de rehabilitación debe apoyarse en un adecuado marco teórico acerca de los procesos nerviosos y psicológicos. Así por ejemplo la EEF (electroestimulación funcional) ha sido utilizada con efectos alentadores, sin embargo, es posible suponer que tal efectividad puede potenciarse aún más.

En este trabajo se plantea el problema de la voluntad, de su estructura psicológica, su sustrato fisiológico y neural y - se ejemplifica un tipo de alteración del movimiento voluntario. Se presenta además la técnica de EEF como una alternativa en la rehabilitación de este tipo de alteración argumentando además el tipo de enfoque que se le debiera dar a la utilización de cualquier técnica.

Se considera que el trabajo puesto a consideración es importante pues pretende:

1. Abordar la cuestión de la voluntad como proceso psíquico complejo.
2. Definir los nexos que hay entre los procesos psíquicos y su base neuronal, específicamente en relación al acto voluntario.
3. Argumentar sobre el papel de los procesos psicológicos en el desarrollo de los procesos nerviosos así como en la recuperación de alteraciones neurológicas.



4. Resaltar la importancia de adoptar una concepción integral de los procesos psíquicos y su base neuronal para la utilización de cualquier técnica en la rehabilitación de alteraciones neurológicas.
5. Consecuentemente con lo anterior definir la importancia - del papel del psicólogo en el entendimiento y tratamiento de las alteraciones neurológicas.

La organización del trabajo pretende ir abordando los aspectos arriba planteados. En el primer capítulo se trata de definir la estructura psicológica de la voluntad y a partir de ahí el lugar del movimiento voluntario dentro de todo el proceso. En el capítulo II se presenta una síntesis de las aportaciones de la neuropsicología en relación a la organización cerebral de los procesos psíquicos y específicamente del movimiento voluntario. En el tercer capítulo se sintetizan los procesos neurofisiológicos que intervienen en la organización del movimiento voluntario.

En el capítulo IV se presenta el caso de la hemiplejía como una secuela de daño cortical o subcortical que impide la realización del movimiento voluntario del paciente, se hace además una breve descripción de las principales terapias utilizadas en la rehabilitación de pacientes hemipléjicos.

En el capítulo V se hace una descripción de las características y usos de la EEF. Se hace además la revisión de algunos estudios que reportan diferentes grados de efectividad de la técnica, argumentando una crítica sobre las limitaciones en su uso.

El capítulo VII trata acerca de los procesos de plasticidad cerebral que pueden fundamentar diferentes grados de recupe-

ración en las alteraciones nerológicas resaltando especialmente el papel de la reorganización funcional desde el punto de vista neuropsicológico.

En el último capítulo se trata de integrar los conocimientos en las áreas de la psicología, neuropsicología y neurofisiología y de la plasticidad cerebral para hipotetizar sobre el proceso de recuperación que se puede dar a partir de la utilización de la EEF resaltando especialmente el papel de los procesos psicológicos en tal tarea.

C A P I T U L O   I

LA ESTRUCTURA PSICOLOGICA DE LA VOLUNTAD Y EL

MOVIMIENTO VOLUNTARIO

## LA ESTRUCTURA PSICOLOGICA DE LA VOLUNTAD Y EL MOVIMIENTO VOLUNTARIO

Al tratar de explicar una alteración del movimiento voluntario tal y como se presenta en la hemiplejía y al pretender -- presentar una u otra alternativa para su rehabilitación, tenemos que partir de una caracterización lo más precisa posible de lo que es el movimiento voluntario tal y como se presenta en una personal normal.

El problema resulta complicado. Generalmente hablamos de movimiento voluntario al referirnos a los actos motores que realiza alguna persona en situaciones y circunstancias determinadas y los diferenciamos de otros que aparecen en otras situaciones y circunstancias diferentes e incluso similares cuando hacemos afirmaciones tales como: no se porque lo hice, cuando me di cuenta ya lo había hecho, actúe como autómatas, etc. Además, frecuentemente llevamos a cabo movimientos en los que no llevamos una intención prefijada: nos tocamos la cara al estar escribiendo o leyendo, empezamos a golpear la mesa con movimientos alternados de los dedos cuando estamos pensando sobre algo, levantamos y bajamos la punta del pie al estar esperando a alguien, etc. En casos más complejos, por ejemplo, -- cuando tenemos que llegar con urgencia a algún lugar, no sabemos cómo pero cuando nos damos cuenta ya hemos realizado toda una cadena de actos complejos, ya subimos al auto, lo hemos encendido, hemos conducido por el camino correcto, hemos bajado, cerrado bien las puertas, etc. y lo que ha ocupado nuestros pensamientos es la cita a la que tenemos que llegar.

En los casos citados arriba ¿podríamos llamar a esas acciones voluntarios?, si en algunos de ellos o en todos contestaremos que no, entonces ¿qué tipo de actividad sería?, ¿podría hacer se referencia a un tipo de actividad no voluntaria?, ¿podría

ésta llamarse involuntaria?. La respuesta a tales preguntas - quizá pudiera darlas algunas corrientes psicológicas. El -- skinnerismo por ejemplo, daría la explicación en el sentido - de que son respuestas condicionadas a través de la experien- cia del sujeto; el psicoanálisis, por otro lado, quizá diría que se trata del inconsciente que está rigiendo los actos del individuo. Sin embargo, tales explicaciones tendrían que ser sometidas a un riguroso análisis.

Dado que el objetivo de este trabajo es hacer tal análisis, aunque de hecho no queda totalmente excluido, simplemente pa- tiremos de un principio básico: para dar respuesta a las in- terrogantes planteadas es necesario no sólo tratar de caracte- rizar al movimiento voluntario, sino en general a la voluntad como proceso psicológico superior.

De principio tenemos que hacer una diferenciación en cuanto a los grados de complejidad del acto voluntario, desde los movi- mientos sencillos que implican la puesta en acción directa y necesaria de los diferentes músculos del cuerpo, hasta los ac- tos complejos en los que los movimientos son sólo la vía fi- nal a través de los cuales se realizan y en los cuales el pa- pel predominante de regulación son los procesos psíquicos su- periores. Sin embargo, se trata sólo de una diferenciación -- muy relativa, puesto que en última instancia hay una unidad - entre ellos ya que los diferentes músculos del cuerpo son los medios a través de los cuales se expresan los procesos voliti- vos. Por ejemplo, un hombre que tenga limitada la movilidad - de su cuerpo, pero que no tenga alterados los procesos psíqui- cos superiores tiene muchas mayores probabilidades de desarro- llarse en el medio, que aquel que pueda realizar cualquier -- tipo de movimiento corporal pero que no tenga plenamente desar- rrollada la capacidad de pensar, programar y regular su acti- vidad hacia metas claramente delimitadas. Ejemplo de esto úl- timo son las alteraciones producidas por una lesión en lóbu--

los frontales.

En el caso específico de las alteraciones producidas en el paciente hemipléjico (vid. infra., cap. IV), en donde uno de -- los síntomas más importantes es la parálisis de las extremidas de un lado del cuerpo, se hace referencia a que el paciente perdió el movimiento voluntario de un hemicuerpo. Sería absurdo afirmar que el paciente hubiera perdido la voluntad derecha o izquierda (según el lado afectado). Sin embargo, si -- es necesario precisar qué eslabón del acto está alterado y -- cómo éste puede ser reestablecido o compensado. Para tal efecto es ineludible abordar las bases del movimiento voluntario, no sólo en su aspecto neurofisiológico, sino neuropsicológico y psicológico.

#### A) EL ACTO VOLUNTARIO

La psicología sustentada en el materialismo dialéctico plantea que el psiquismo humano es la propiedad que tiene el cerebro del hombre de reflejar la realidad. Dichos reflejos se -- producen a través de la relación que el hombre establece con el mundo circundante en forma de actividad social, la cual -- está mediatizada por el lenguaje; por tanto, el psiquismo está determinado por las condiciones materiales concretas de -- los individuos en sociedad, teniendo como función el regular su actividad en base a estimulaciones presentes, pasadas y -- por anticipaciones sobre el futuro.

Una cualidad distintiva del psiquismo es que regula la actividad del hombre, lo cual significa que no se trata sólo de reflejar el mundo exterior, sino también de transformarlo y -- transformarse asimismo. Al mismo tiempo, la actividad del hombre va transformando su psíquis y a ello se refiere la afirmación de su origen histórico-social. De acuerdo a ello, Pe--trowski, plantea que el mundo material creado por la activi-

dad humana condiciona todo el desarrollo de su psíquico(1). -- Por tanto, la psicología del hombre, sus sentimientos, aspiraciones y pensamientos son de naturaleza social. El hombre --- transforma incesantemente la realidad a través de un proceso activo que parte de la experiencia anterior, tanto social como individual, del contexto presente y de lo que se requiere para el futuro.

La actividad está dada por el tipo de relación del sujeto con el mundo exterior, ya sea que se manifieste conductual o subjetivamente, es decir, la actividad puede ser predominantemente externa o predominantemente interna y la una siempre presupone a la otra. La actividad interna permite operar una regulación sobre la actividad externa y en base a esta última se desarrolla la primera. En esta unidad se asienta el desarrollo del psiquismo humano.

La importancia de la actividad exterior, tal como lo afirma - Leontiev radica en que en ella se opera la expresión de los - procesos psíquicos, su manifestación en el mundo objetivo material(2). En las etapas iniciales de su desarrollo la actividad necesariamente tiene la forma de procesos externos directamente observables y la imagen psíquica es producto de -- esos procesos, que, en los hechos, ligan al sujeto con la realidad objetiva.

El movimiento voluntario en tanto que queda enmarcado por la teoría del reflejo tiene que ser explicado en el marco de la organización de los procesos psíquicos. Por otra parte, considerando que su base material es la actividad del sistema nervioso central, es necesario el análisis de cómo transcurre dicha actividad (los procesos bioquímicos, eléctricos, celula--

(1) PETROVSKI, A. Psicología general. Ed. Progreso. Moscú, 1980. Segunda edición. p. 48.

(2) LEONTIEV, N., Actividad, consciencia y personalidad. Ed. Cartago, México, 1984. p. 74.

res, etc.) y a partir de esto analizar como un daño cerebral altera su fisiología general. Por último, es importante estudiar específicamente la correlación que hay entre la organización cerebral y la organización psicológica de los procesos psíquicos tal como se expresan en el movimiento voluntario.

En resumen, el adecuado enfoque de la psicología en su aproximación al acto voluntario debe estar apoyado tanto en los datos de la neurofisiología como en la neuropsicología, pues, - el reflejo psíquico siempre provoca una reorganización de los componentes neuronales, bioquímicos, eléctricos y en su conjunto de los sistemas neuropsicológicos.

El movimiento voluntario es un proceso complejo cuya base es la actividad del sistema nervioso. Es el movimiento que está orientado y regulado por la voluntad, entendida ésta como un proceso psicológico que permite anticipar secuenciadamente - las actividades del sujeto (fijación de metas, análisis de - las condiciones para realizarlas y secuenciación de las acciones necesarias para lograrlas) para regular su actividad presente (ejecución misma de la acción, evaluación de si ésta corresponde a lo planeado y su corrección) y llegar al logro de sus objetivos. El lenguaje es esencial para tal planeación y la correspondiente orientación de la actividad.

Los actos voluntarios están regidos por el principio del determinismo, es decir, están determinados por la vida social - del sujeto, por su existencia y por su propia personalidad. - En la voluntad se opera el nivel superior del determinismo de la naturaleza. Según Séchenov la causa de toda actividad del sujeto se encuentra fuera del individuo, pues los actos voluntarios son por naturaleza reflejos y respuestas superiores y complejas a la actuación de los estímulos externos (3). Más tal cosa no se dá de manera mecánica (E-R), tal como lo supone el modelo skinneriano, sino que presupone la actividad con

(3) SECHENOV, I. Los reflejos cerebrales. Ed. Fontanella, Barcelona 1978. p. 87.



ciente y voluntaria del sujeto.

El carácter determinista del acto voluntario implica la libertad de actuación del sujeto en dependencia de su ideología, de sus intereses, de sus necesidades, de lo amplio y profundo de sus conocimientos y de su capacidad para realizar los actos necesarios y de liberarse de las causalidades (4).

El determinismo de la voluntad tiene como característica que la causa es construida y elaborada idealmente para lograr algo que aún no existe pero creemos que existirá. Es un determinismo, por así decirlo, para el futuro, elaborado por el -- hombre mismo (por ello es histórico) a partir de sus condiciones sociales de existencia (cultura, ideología, educación, -- práctica social, etc.). El rumbo de la actividad presente puede ser modificado en cualquier momento aquello que no existe todavía en forma materializada para otros puede tener ya existencia subjetiva para el individuo.

Comparado con el determinismo ontológico (físico, químico, -- biológico, etc.), en el que la causa objetivada precede al -- efecto en el determinismo de la voluntad, la causa está siendo elaborada idealmente por el sujeto para ocurrir en un futuro, pero como elemento acabado no existe realmente en el presente, sino sólo en forma ideal, gnoseológicamente y como proceso en construcción.

El determinismo de la voluntad es por ello libre, es decir, -- el individuo puede elegir en cualquier momento la meta, el objetivo, los procedimientos que considere pertinentes, o en su defecto cambiarlos y con ello la causa del comportamiento del sujeto.

(4) SMIRNOV, A.A., Rubinstein, S.L., Leontiev, A. N. y Ieplov, B.M., Psicología, México, D.F., Ed. Grijalbo, 1960, pp. 385-389.

Pero la libertad no es solamente la posibilidad de decidir - lo que uno quiere y cuando uno quiere. Esta se concibe como - la capacidad para elaborar y realizar lo que uno quiere o --- piensa, sujetándose al conocimiento de las leyes de la realidad que determinan al fenómeno en cuestión y bajo el condicio namiento social que permiten la transformación de la naturaleza o la sociedad para lograr lo que nos proponemos o aspiramos. La libertad, entonces, no sólo responde a las leyes obje tivas de la naturaleza, sino sobre todo a las condiciones sociales que la hacen posible. La libertad sólo es posible gracias a la compleja estructura de la voluntad, pues en ella in tervienen variados procesos psicológicos (afectivos, cognosci tivos, perceptuales, anticipatorios); pero el papel predomi-- nante en su regulación lo juegan aquellos de carácter anticipatorio.

El carácter anticipatorio de la voluntad se expresa concretamente en los actos volitivos, los cuales están regulados por un fin consciente, determinado por los motivos de la conducta que son significativos para el sujeto y dirigidos hacia los - objetivos previstos. Así, el acto voluntario implica el proce so de anticipar tanto el resultado que se quiere obtener como el esquema preciso de la acción por medio del cual se cumplirá el fin propuesto y en el cual se prevén incluso formas de verificar la correcta puesta en marcha de las acciones y su - corrección en caso de no servir al objetivo planteado.

La voluntad representa una forma especial de la actividad psí quica y su función principal es la regulación de la conducta del individuo. Lo anterior diferencia precisamente al hombre del animal pues dicha regulación se da en base, no sólo al -- presente o el pasado, sino predominante al futuro.

La base del carácter anticipatorio de la voluntad lo constituye todo el complejo de procesos psíquicos, cada uno de los -- cuales participa de manera específicamente importante para -

ello.

Los procesos perceptuales constituyen el reflejo psíquico elemental del mundo objetivo en el que se asientan todos los procesos superiores, permiten formarse una primera imagen de la realidad, de lo directamente asequible a los órganos sensitivos y constituyen también la base sobre la cual se da el nivel primario de regulación de la conducta del hombre aunque ya en éste están subordinados a los procesos de orden superior como el pensamiento y la voluntad.

Los procesos afectivos constituyen la esfera de cómo el individuo es específicamente afectado por el reflejo de los objetos y fenómenos de la realidad de acuerdo a su experiencia anterior a sus expectativas, motivaciones y, en fin, a las características de su personalidad. Estos procesos dan las tendencias orientadoras de la acción, ejemplo de ello son los sentimientos, emociones, intereses, inclinaciones, etc.

Los procesos mnémicos son el asiento sobre el cual se fija la experiencia del hombre, implica la impresión, almacenamiento y la reproducción de las huellas en la memoria y abarcan desde los fenómenos habituación hasta los de memoria discursiva compleja.

Por último están los procesos anticipatorios que permiten por vez primera en la escala filogenética, subordinar la acción del hombre no ya sólo a la experiencia pasada y a las condiciones del momento, sino sobre todo a los planes y programas dirigidos hacia el futuro.

Dentro de todos estos procesos un papel esencial lo tiene el lenguaje, ya que éste, además de ser instrumento del pensamiento y de la conciencia tiene la función de regular la actividad del sujeto. Gracias al lenguaje es posible la actividad -

voluntaria, pues, como ya se decía, la característica esencial de dicha actividad es que se dirigía a la consecución - de un fin consciente, está planeada y anticipada. El planteamiento del fin y de la estrategia a seguir implica necesariamente la utilización del lenguaje, no sólo como medio para la expresión de la idea, sino también como un complejo proceso - de análisis, síntesis y generalización de la experiencia y el conocimiento. El lenguaje es una condición indispensable para que tenga lugar el proceso volitivo.

"Según el nivel de su regulación, los movimientos y las acciones del hombre se dividen en involuntarios y voluntarios; estos últimos se producen y se hallan regulados por un segundo sistema señalizador y se hallan regulados por un contenido ideológico objetivado por la palabra, contenido que se forma en el proceso de la vida social" (5).

Sólo los actos mediatizados por el lenguaje, regulados por -- los procesos anticipatorios y dirigidos hacia un fin consciente pueden llamarse voluntarios. Los actos que no tienen estas características están regulados por otros niveles de actividad psíquica:

"...En los casos más simples el factor que dirige el movimiento se asienta en el campo de la percepción inmediata, y su carácter se agota en la reproducción del estereotipo bien establecido. En casos más complejos el movimiento se determina a través de un programa complejo que a veces se obliga a inhibirse ante señales que le llegan de modo directo al sujeto o -- recondicionarlos previamente. En estos casos los mo

(5) RUBINSTEIN, S.I. El ser y la conciencia. Ed. Grijalbo, México, D.F., 1963. Segunda Ed. p.247.

vimientos voluntarios no se someten de modo inmediato a los estímulos que se reciben, sino a un determinado 'campo interno' cuyos códigos - determinan tanto la composición como también la realización de los movimientos necesarios"(6).

La cuestión esencial de los actos llamados involuntarios es - que el nivel en que están siendo regulados es diferente que - en los volitivos. Mientras que estos últimos están regulados por la voluntad, los primeros están sometidos a la percepción del momento o a la emoción inmediata, no tienen un objetivo - suficientemente claro ni un plan de acción definido. El rasgo distintivo de la voluntad no es en sí mismo que tenga direccionalidad hacia una meta sino que ésta sea anticipada, planeada y ejecutada como un proceso activo y conciente. Sin embargo, comunmente los actos involuntarios están subordinados a - la regulación superior de la voluntad, es decir, se trata de actos elementales que constituyen la base de otros actos superiores, concientes y voluntarios.

Lo dicho hasta aquí da cuenta de la gran complejidad de la -- estructura psicológica de los actos voluntarios, sin embargo, es posible formar un esquema general de los eslabones fundamentales de los mismos:

**PRIMERO.** El acto voluntario presupone la presencia de determinados motivos de carácter conciente y racional que sean significativos para el sujeto y que le lleven a plantear, elegir y aceptar entre diferentes fines aquel o aquellos que le sean de mayor importancia. El contenido de los fines de la acción lo marcan las tendencias volitivas superiores del individuo -

(6) CURIA, A.N., El cerebro humano y los procesos psíquicos. Ed. Fontanella, Barcelona, 1979. pp. 45 y 46.

que son inseparables del conjunto de tendencias que se dan en planes distintos, relacionados y condicionados entre sí. Así, el acto voluntario tiene como base la existencia de motivos - que inducen su sentido de manera comprendida, admitida y justificada por el sujeto (7) (8) (9).

Las motivaciones que inducen a la acción son de distinto carácter, según su esencia y naturaleza psicológica. Las acciones pueden responder a determinados impulsos, pueden constituir reacciones espontáneas, pueden ser acciones demoradas o acciones pensadas y sustentadas en motivos definidos, acciones bien planeadas, etc. (10).

La esfera emocional del sujeto, no sólo es la base de acciones voluntarias y conscientemente planeadas, sino también de acciones mediadas por otro nivel de regulación (perceptual, mnémico, etc.). Sin embargo, en los actos voluntarios el sujeto antepone los objetivos que para él tienen mayor importancia, dejando subordinados los motivos de significación secundaria, aunque éstos momentánea e inmediatamente sean más atractivos para él. Es decir, hay una predominancia de aquellos motivos de nivel superior, sociales e individualmente significativos que regularmente están más proyectados hacia el futuro, sobre los de carácter inmediato, que ocupan un lugar relegado en la estructura jerárquica de la motivación.

El contenido de los motivos de la acción están determinados por la experiencia y personalidad del sujeto, por su experiencia personal y por las condiciones histórico-sociales concretas en que se desenvuelve.

(7) SMIRNOV, A. y cols. op. cit., pp. 390 - 393.

(8) RUBINSTEIN, S., op. cit., p. 249.

(9) PETROVSKY, A., Psicología general. Ed. Progreso, Moscú, 1980. Segunda edición, p. 301.

(10) *Ibid.*, p. 354.

La toma de una decisión respecto a los fines que habrán de atenderse depende en gran medida del sistema de motivos más importantes para el sujeto. En el marco de la actividad voluntaria la motivación está estrechamente ligada a la anticipación; la motivación (cualquiera que ésta sea), podemos ubicar la como condición previa para la acción; la anticipación se dirige, no al pasado (previo) a la acción, sino al futuro (hacia adonde va). Así, la anticipación (planteamiento del fin y planeación de la actividad) se convierte en motivo de la acción, bajo ciertas condiciones.

**SEGUNDO.** Una de las características fundamentales del acto voluntario es el planteamiento de un fin determinado para la acción (11) (12) (13).

Este eslabón, estrechamente ligado al anterior, consiste en el planteamiento de la intención o tarea motora que crea un modelo de necesidad futura. La tarea que se plantea es constante, es decir se conserva durante todo el desarrollo de la actividad, e igualmente requiere de un resultado constante e invariable, que precisamente corresponda al fin planteado.

Así, el acto voluntario no surge como simple respuesta ante los estímulos inmediatos, sino por un proceso en el que, de acuerdo a lo que es significativo para la personalidad del sujeto (sus motivos), se plantea lo que se quiere obtener en el futuro (se anticipa) pero siempre supone la conciencia del fin a lograr.

**TERCERO.** Otro eslabón fundamental del acto volitivo es la pla

(11) LURIA, A. R., El cerebro humano y los procesos psíquicos, Ed. Fontanella, Barcelona, 1979, p. 87.

(12) LURIA, A. R., El cerebro en acción, Ed. Fontanella, Barcelona 1985, 4ra. edición, p.246.

(13) LURIA, A. P., Las funciones corticales superiores del hombre Ed. Fontanara, México 1936 t. 298.

neación de cuáles han de ser los medios a utilizar y las acciones concretas que llevarán al logro del fin propuesto. El proceso anticipatorio puede tener diferentes grados de precisión, por ejemplo, hay actos en los que de manera "abreviada" se anticipa sólo la meta y el sentido general que dirige la acción, la secuencia de los pasos claves y las condiciones mínimas necesarias para lograrlo. En cambio, hay otro tipo de actividades que requieren una mayor precisión y despliegue en la planeación del acto (v. gr., las actividades científicas).

El proceso de planeación es posible gracias al trabajo generalizador del pensamiento y a la mediación del lenguaje, ya -- que permite la creación de un esquema mental de la acción, es decir, permite anticipar cómo se ha de actuar y si este modo de actuar lleva o no al cumplimiento de la tarea.

Las acciones que pueden realizarse como medios para lograr el fin son variadas, por lo que es necesaria una toma de deci---sión de cuáles son las más convenientes dependiendo de las condiciones existentes para desarrollarlas.

"La labor motora se lleva a cabo no mediante un conjunto de movimientos fijos y constantes, sino por un conjunto de movimientos variables, que - sin embargo desembocan en el efecto constante e invariable" (14).

**CUARTO.** El acto voluntario se manifiesta ya, como tal, en la ejecución del mismo, en correspondencia con el fin y el esquema de acción trazado. Si el acto no es realizado, aunque se - tenga claro un motivo, delimitado el fin y sus consecuencias

(14) LURIA, A., 1985, op. cit. p. 246.



y trazado perfectamente el plan para lograrlo, no puede ser - caracterizado como voluntario.

En la realización del acto es donde se prueba lo certero de - la plenación, así como si los medios utilizados efectivamente llevan al logro de la tarea, de si sus consecuencias son las esperadas y de si el fin propuesto corresponde al motivo inicial de la acción.

**QUINTO.** Por último, estrechamente ligada a la ejecución de la acción está su corrección, y verificación, esto es, la consta tación de si las acciones que se están realizando correspon-- den al esquema trazado con la posibilidad de realizar modifi-- caciones al propio esquema de acuerdo a las condiciones pre-- sentes, pero, en concordancia con el fin original. Aquí se po ne de manifiesto la flexibilidad de los actos voluntarios.

Tales son los eslabones fundamentales que conforman la estruc tura psicológica del acto voluntario, más ésta no es rígida, sino dinámica, compleja y flexible y en ella influyen un buen número de factores tales como la personalidad y la experien-- cia social.

## **B) EL MOVIMIENTO VOLUNTARIO.**

Los movimientos en tanto están mediados por la voluntad, tie-- nen la estructura psicológica someramente descrita, sin embar-- go, los niveles, por los cuales están regulados varían consi-- derablemente. Ahora se verá por qué.

Hay movimientos que requieren la directa regulación volitiva, con el consiguiente despliegue de los eslabones ya descritos, pero hay movimientos que como resultado de su constante actua ción se vuelven automáticos y por tanto se realizan de manera

fluida, es decir, automática.

El movimiento se regula de una manera especial como resultado de su automatización (15). La característica esencial del movimiento automatizado consiste en que sus distintos eslabones están elazados en un todo único, de tal manera que las determinadas condiciones objetivas sirven de señal para poner en marcha a los movimientos de referencia.

En estos movimientos las señales propioceptivas regulan el desplazamiento del órgano, pero sólo en cuanto ellas están ligadas a las señales exteroceptivas de los objetos del mundo exterior mediante la formación de reflejos condicionados; estas últimas señales son las que provocan la acción.

En virtud de la automatización de los movimientos, las acciones que por medio de ellos se realizan se convierten en hábitos motores. Como todo tipo de actividad los hábitos son regulados por el psiquismo, aunque aquí el nivel de regulación es distinto, pues tiene lugar como actividad señalizadora.

La base de la actividad señalizadora es la generalización de las condiciones que sirven como señal para la acción, esto le confiere al hábito una gran flexibilidad para ser transferido a condiciones similares.

En este nivel de regulación no necesariamente hay una mediación directa del lenguaje, sólo en caso de que haya una equivocación y deba tener lugar una corrección conciente ésta tiene lugar con la participación del segundo sistema de señales.

---

(15) RUDINSTEIN, op. cit., p. 249.

los hábitos se forman en el adulto sobre la base de la actividad volitiva. Para que se formen es necesario, en primer término, saber como realizar los movimientos que los componen y en segundo lugar, estar entrenado en ellos, esto es tener práctica, realizarlos repetidamente, de manera organizada y con un fin determinado. Es decir, las etapas iniciales de la formación del hábito requieren de la realización de todo el proceso volitivo, con el correspondiente despliegue de todos sus eslabones, pero después de ejecutarlo constantemente se convierte en una manera fija de actuar.

Los hábitos motores elementales, que son la base para las formas más variadas de actividad del hombre, se desarrollan durante la ontogenia y de la firmeza y constancia con que se formen depende la subsecuente formación del proceso volitivo. Esto es así en dos sentidos, que son complementarios: por un lado, el niño adquiere los movimientos fundamentales y los hábitos elementales que son la base de los actos complejos, y, por otro, no sólo los adquiere, sino que en el mismo proceso de su formación ejercita la subordinación de sus actos a objetivos previamente planteados, en un primer momento por las exigencias de los adultos y después por las del propio niño.

Si bien, en las primeras etapas del desarrollo del niño, el establecimiento de los movimientos elementales tiene una importancia decisiva para su formación en general y de la voluntad en particular, en el adulto el papel esencial en la actividad lo tiene la regulación volitiva. Ejemplo de ello esta en los pacientes con hemiplejía, en estos casos la alteración está afectando la ejecución de ciertos movimientos voluntarios, más el aspecto anticipatorio se conserva. Esto se prueba porque el sujeto puede planear o anticipar cursos distintos para lograr el mismo objetivo, cosa que si estuviera alterado el

---

(16) SMIRNOV y cols., op. cit., p. 411.

componente anticipatorio de la actividad sería imposible aún teniendo el componente motriz intacto.

Pareciera entonces que los automatismos y hábitos motores no podrían ser denominados movimientos voluntarios, pero, si se considera la gran complejidad de estos últimos, y en general de la voluntad, es necesario cambiar la concepción de la dicotomía entre actos voluntarios e involuntarios por la de su --  
undiad.

Sin bien los automatismos y hábitos motores están regulados -- por un tipo de actividad señalizadora, en tanto constituyen los componentes elementales para la realización de los actos voluntarios, son los medios por los cuales estos últimos operan y por tanto son de gran importancia. En cuanto --- constituyen medios para alcanzar los fines propuestos, conscientes y racionales, están supeditados predominantemente a la regulación voluntaria. Es decir, si bien el nivel directo e -- inmediato de su regulación es la actividad señalizadora, ésta se subordina a la voluntad. En este sentido se habla de movimientos voluntarios.

El programa motor es pues un componente decisivo en la actividad voluntaria pero éste no sirve de nada si no hay una vía -- ejecutora que, en el caso de la hemiplejía está alterada: los músculos efectores están paralizados.

Así pues, la voluntad es un proceso psíquico superior que permite orientar y regular la conducta del individuo y que puede ser alterada de manera diferencial en sus distintos componentes.

Ahora es necesario aclarar cuáles son las estructuras nerviosas involucradas en la organización del movimiento voluntario para comprender cómo se ve alterado en casos de lesiones cerebrales.

## C A P I T U L O   I I

### ESTRUCTURA NEUROPSICOLOGICA DEL MOVIMIENTO VOLUNTARIO

## ESTRUCTURA NEUROPSICOLOGICA DEL MOVIMIENTO VOLUNTARIO

Si consideramos al movimiento voluntario como un proceso psíquico superior es evidente que el problema de explicar la organización de su base cerebral es bastante complejo y requiere de una concepción integral que considere al cerebro como un producto del desarrollo del hombre cuya actividad es una de las condiciones fundamentales de la psique humana.

Los intentos en el sentido de esclarecer cuál es la relación entre la mente y el cuerpo tiene una historia larga. A continuación se presenta una síntesis de esa historia y de lo que hasta el momento se sabe sobre la organización cerebral de los procesos psíquicos. Cabe aclarar que tal conocimiento es producto del desarrollo de áreas como la psicología, la neurología y la fisiología, las cuales sentaron las bases para el surgimiento de una nueva rama de la psicología: la neuropsicología. Se presenta concretamente la síntesis de las principales conclusiones de uno de los más importantes precursores de esta ciencia: A.R. Luria\*.

### A) ANTECEDENTES

El problema de localizar funciones en áreas determinadas del cerebro se planteaba ya desde hace mucho tiempo. En la edad media los filósofos y naturalistas consideraban que las funciones mentales podían estar localizadas en los tres ventrículos cerebrales; a comienzos del siglo XIX el anatomista Gall, quien descubrió por vez primera la diferencia entre sustancia gris y sustancia blanca, creía que las facultades humanas estaban localizadas en áreas precisas del cerebro, de tal manera que hizo mapas frenológicos que proyectaban las facultades de la psique humana.

\* Esta síntesis se basa totalmente en los trabajos de este autor. La bibliografía específica utilizada se presenta al final de este capítulo.

Tales creencias carecían de evidencias científicas. Más o menos a partir de entonces se dió la tendencia a orientar las investigaciones hacia la localización de funciones en base a los cambios en el comportamiento que se observan después de una lesión cerebral.

A partir de que Broca en 1861 descubrió que el tercio posterior del giro frontal izquierdo es el centro de las imágenes motoras de las palabras y que una lesión en esta región conlleva a la afasia se dió un avance muy importante en las investigaciones verdaderamente científicas de la localización de funciones. Por vez primera, basándose en hechos clínicos, se localizaba una función mental compleja en una parte precisa del córtex, esto por un lado, y, por otro, se mostraba la diferencia entre funciones del hemisferio izquierdo y del hemisferio derecho, y, por tanto, la cuestión de la dominancia cerebral. El viraje de las investigaciones en tal sentido fué afirmado por el descubrimiento del alemán C. Wernike, quien descubrió que el tercio posterior del giro temporal superior izquierdo es el centro de las imágenes sensoriales de las palabras y que una lesión en esta área conlleva a la pérdida de la habilidad para comprender el lenguaje audible.

Sin embargo, la nueva orientación llevó al localizacionismo estricto hasta tal grado que se dibujaron mapas funcionales del cerebro bajo el principio de que una determinada lesión del córtex conlleva a la pérdida de una función mental específica.

Una concepción opuesta en la neurología consideraba que las formas complejas de actividad mental como la semántica y la conducta categorial eran el resultado de la actividad de toda la masa cerebral. Estas ideas llevaron al resurgimiento de la aceptación de la naturaleza espiritual de los procesos mentales y de las ideas sobre el carácter indiferenciado de la ac-

tividad del cerebro y del trabajo uniforme de todas sus estructuras.

La crisis entre las aproximaciones mecanicista e integral -- planteo la necesidad de dar nuevamente una orientación distinta a las investigaciones clínicas. Tal orientación implicaba también un cambio en la concepción sobre los procesos psíquicos y sobre su relación con el cerebro.

El inicio de la nueva orientación tuvo que partir de la revisión de los conceptos básicos utilizados en la investigación. Estos conceptos estaban fundamentados en la tradición médica, representada básicamente por los neurólogos. Son básicamente cuatro los conceptos redefinidos: función, localización, síntoma y síndrome.

**FUNCION.** Las investigaciones anteriores habían entendido este concepto como función de un tejido particular, lo cual es -- cierto para órganos tales como el hígado, páncreas, etc., pero no cubre todas las acepciones. Una definición, diferente y más adecuada es la de **sistema funcional**, la cual introduce -- cambios cualitativos muy importantes. Esta implica, hablando de función psíquica y de su organización cerebral, una gran complejidad de su estructura y la gran movilidad de sus partes.

Las características esenciales del sistema funcional son:

1. La presencia de una tarea constante (invariable) que es -- ejecutada por mecanismos variables (variantes), que llevan el proceso a un resultado constante (invariable).
2. La composición compleja del sistema funcional que lleva -- siempre una serie de impulsos aferentes (de ajuste) y efectores que se pueden resumir esquemáticamente como un siste



ma de regulación biológica.

Estas características constituyen la base de la estructura -- sistémica de procesos tanto simples como complejos. Además -- los sistemas se forman a lo largo del desarrollo histórico -- del individuo, son sociales en su origen y complejos y jerárquicos en su estructura. Así pues, las formas fundamentales y complejas de actividad psíquica deben ser consideradas, no como funciones específicas, sino como complicados sistemas funcionales cuya base es la actividad cerebral.

**LOCALIZACION.** La función, en cuanto a un tejido, puede tener una localización precisa en grupos particulares de células. - Esto no es así para el sistema funcional, su localización es sistémica pues corresponde a la gran complejidad de su estructura.

El concepto sistémico de localización consiste en que las funciones mentales, como sistemas funcionales complejos, deben - estar organizados en sistemas de zonas que trabajan de manera conjunta, cada una de las cuales cumple un papel específico - para el sistema pudiendo estar situadas en áreas completamente diferentes y distantes entre sí.

Sus características esenciales incluyen su subordinación de - dos principios básicos.

1. **El principio de la organización extracortical de las fun-- ciones mentales complejas.** Las formas superiores de actividad conciente están basadas en ciertos mecanismos externos (v. gr. el lenguaje y sistemas de cifras de contar, formados en el proceso de la historia social), los cuales son - factores esenciales en el establecimiento de conexiones -- funcionales entre partes individuales del cerebro que se - vuelven componentes de un sistema funcional complejo único.

2. El principio de la localización dinámica de los procesos superiores del córtex. La localización de los sistemas funcionales cambia esencialmente durante el desarrollo del niño en los subsiguientes períodos del aprendizaje y en los casos de lesión cerebral. El carácter dinámico de la localización cerebral se dá en tres sentidos: cambia la estructura funcional del proceso, cambia su organización cerebral y cambia su organización interfuncional, es decir, su relación con los demás procesos psíquicos superiores.

Así pues, el problema de la localización se debe orientar al análisis de que grupos de zonas de trabajo concertado del cerebro son responsables de la ejecución de la actividad mental compleja, de cuál es el papel de cada una en el sistema funcional y de cómo cambia la relación entre estas partes de trabajo concertado en relación al proceso durante el curso del desarrollo del niño. Esto debe hacerse considerando el estudio de la estructura del proceso psicológico cuya organización cerebral se espera esclarecer.

**SINTOMA.** Considerando que el proceso psíquico es un sistema funcional complejo, que supone la participación de un grupo concertado de zonas cerebrales que trabajan de manera conjunta, es comprensible que la lesión de cada una de estas zonas puede conducir a la desintegración de todo el sistema funcional. Sin embargo, el síntoma o pérdida de una función psíquica particular no nos dice nada sobre su localización, pues ésta es sistémica. El síntoma, para que nos pueda decir algo sobre la localización del proceso psicológico, debe ser calificado es decir, debe estudiarse la estructura de los defectos observados e identificar el factor básico que está alterado en la estructura del proceso y así se sabrá en que está contribuyendo esta zona al sistema funcional complejo.

De esta manera el proceso psicológico puede ser alterado por la lesión de distintas zonas corticales e igualmente la lesión de una zona cerebral específica puede alterar a distintos procesos psicológicos.

**SINDROME Y ORGANIZACION SISTEMICA DE LOS PROCESOS PSICOLOGICOS.** El análisis de la lesión debe hacerse no sólo en base a la pérdida de una función, sino que debe hacerse un cuidadoso análisis del complejo sintomático completo de los cambios de conducta que ocurren como consecuencia de lesiones locales -- del cerebro.

El análisis del síndrome da cuenta de que los procesos psicológicos tienen una organización cerebral sistémica. El análisis sindrómico debe tener en cuenta dos cosas fundamentales:

1. Determinar qué factores están involucrados de hecho en la actividad mental particular.
2. Determinar qué estructuras cerebrales constituyen su base neuronal.

Esto puede ser resuelto mediante dos procedimientos:

1. Comparación de todos los síntomas que aparecen en lesiones de un foco estrictamente localizado en el córtex.
2. Comparación del carácter de una alteración por lesiones en distintos lugares.

Estos conceptos replanteados por Luria son el punto de partida de la concepción Neuropsicológica la cual cambió el rumbo de las investigaciones clínicas y son el resultado del desarrollo de trabajos principalmente de neurólogos, fisiólogos,

y psicólogos tales como Pavlov, Sechenov, Vigotsky, Bernstein, Bejtereva, etc.

## **B) ORGANIZACION CEREBRAL GENERAL DE LOS PROCESOS PSIQUICOS.**

Siguiendo con la nueva orientación en las investigaciones de la que ya se hablaba, Luria distingue que hay tres unidades - funcionales principales del cerebro, cuya participación es ne cesaria para todo tipo de actividad psíquica:

1. Unidad para regular el tono y la vigilia.
2. Unidad para recibir, procesar y almacenar la información.
3. Unidad para programar, regular y verificar la actividad - mental.

Cada unidad funcional aporta su contribución específica en la realización de los procesos psíquicos y su base es el trabajo concertado de tres tipos de zonas corticales cuya estructura está especializada en algún tipo de función para participar - en distintos sistemas funcionales a la vez, por otro lado, es jerárquica pues están dispuestas una sobre la otra y su papel es diferente y de creciente complejidad:

- a) Areas primarias (de proyección) que reciben impulsos de o mandan a la periferia.
- b) Areas secundarias (de proyección-asociación) donde la in-- formación es procesada o donde se preparan los programas - de actividad psíquica.
- c) Areas terciarias (de superposición) responsables de las -- más complejas formas de actividad mental que requieren la

participación concertada de muchas áreas corticales.

A continuación se describe de manera esquemática cada una de las unidades funcionales referidas, como premisa indispensable para entender la compleja organización cerebral que tiene el movimiento voluntario.

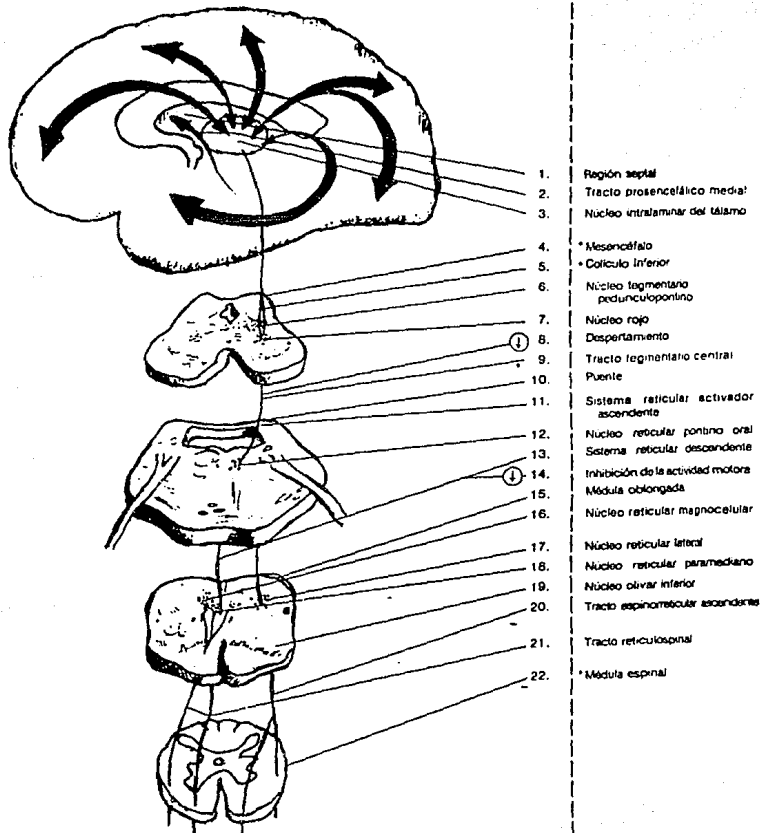
#### Unidad para regular el tono y la vigilia y los estados mentales.

Todo proceso psíquico requiere necesariamente del estado de vigilia. De acuerdo con Pávlov la actividad organizada, dirigida a una meta, requiere el mantenimiento de un nivel óptimo de tono cortical.

Las estructuras que mantienen regular el tono cortical yacen debajo del córtex, en el subcórtex. Este influye en el tono de la corteza y recibe, al mismo tiempo, su influencia reguladora. Se trata de una formación nerviosa especial en el tallo cerebral que está especialmente adaptada, morfológica y funcionalmente, para ejercer el papel de un mecanismo que regula el estado del córtex cerebral, cambiando su tono y manteniendo su estado de vigilia: la formación reticular (Fig. 1).

El descubrimiento de la formación reticular como estructura que juega un papel esencial en el mantenimiento del tono y la vigilia fué realizado por Magoun y Moruzzi en 1949. Esta estructura tiene la forma de una red nerviosa en la que se intercalan los cuerpos de las células nerviosas concentradas entre sí mediante cortos procesos y su excitación se extiende en esta red, no de acuerdo a la ley del todo o nada, sino gradualmente, modulando el estado total del sistema nervioso.

La formación reticular constituye un sistema funcional dispues



① = Estimulación

Fig. 1. Sistema Reticular Activador

FUENTE: Moyer K.E. NEUROANATOMIA, Ed. Interamericana, México 1953, p. 195.

to verticalmente, autorregulador, constituido sobre el principio del arco reflejo, que cambia el tono del córtex pero -- bajo la influencia de éste.

Este sistema está compuesto por dos elementos fundamentales:

1. **Sistema reticular ascendente.** Son fibras que suben para terminar en estructuras nerviosas superiores: tálamo, núcleo caudado, archicórtex y neocórtex. Su principal función es la activación del córtex y la regulación del estado de su actividad.
2. **Sistema reticular descendente.** Comienza en estructuras nerviosas y superiores del neocórtex y archicórtex, cuerpo -- caudado y núcleos talámicos y corren hacia estructuras inferiores en el mesencéfalo, hipotálamo y tallo cerebral. Subordinan estas estructuras inferiores al control de - programas que aparecen en el córtex y que requieren la modificación y modulación del estado de vigilia para su ejecución.

La lesión de estas estructuras produce un agudo descenso del tono cortical, la aparición de un estado de sueño con sincronización de EEG y, algunas veces, estado de coma.

Además la formación reticular está constituida por:

1. **Porciones inhibitorias.** Su estimulación conduce a cambios -- característicos de sueño en la actividad eléctrica del córtex y al desarrollo del propio sueño.
2. **Porciones activadoras.** La estimulación de ciertos núcleos conduce a la activación del córtex.

La formación reticular activadora es la más importante y es -

no específica, pues su acción afecta a todas las funciones y su papel es meramente regular los estados de sueño y vigilia, constituyendo así la base no específica de las diferentes formas de actividad psíquica. Sin embargo, tiene ciertos rasgos de diferenciación y especificidad en cuanto a sus características anatómicas y también en cuanto a sus fuentes y manifestaciones.

La esencia de la organización topográfica diferencial de este sistema consiste en que hay distintas fuentes primarias de actividad que se transmiten por varias partes de la formación reticular.

Las fuentes principales de activación de la formación reticular son:

1. Los procesos metabólicos del organismo. Conducen al mantenimiento de la homeostásis, al mantenimiento del equilibrio de sistemas conductuales innatos y, en general, al balance de la economía interna del organismo. Esta es la primera fuente de activación.
2. Los estímulos del mundo exterior al cuerpo. Conduce a formas de activación manifestadas como reflejo de orientación, al establecimiento de formas tónicas de información necesarias para la actividad investigadora y la comparación entre los distintos estímulos para producir el reflejo de orientación, en caso de ser nuevos, o a la habituación, en caso de ser conocidos. De esta manera el mecanismo del reflejo orientador está unido a los mecanismos de memoria y a la comparación de estímulos.
3. La influencia reguladora del córtex sobre las estructuras del tallo cerebral. Se realiza a través de las conexiones descendentes entre el córtex y las formaciones inferiores.



Este es el mecanismo mediante el cual los patrones funcionales de excitación reclutan los sistemas de la formación reticular y reciben de ellos su carga de energía.

La actividad propiamente humana se evoca por intenciones y planes, por proyectos y programas formados durante la actividad consciente del hombre (sociales en su motivación y efectuados con la íntima participación del lenguaje), pues de acuerdo a ello la corteza cerebral ejerce influencia reguladora sobre la formación reticular, ya sea en forma específica por zonas primarias o en forma general por la región frontal.

Dentro de esta unidad funcional juegan un papel importante - las zonas mediales de los hemisferios cerebrales. Su función más notable comprende proceso de conciencia y memoria, la regulación del estado general, la modificación del tono y el -- control sobre las inclinaciones y emociones.

Estas zonas tienen dos características importantes:

1. Sus neuronas no poseen especificidad modal del organismo, pero responden activamente a cambios en su estado.
2. Su estimulación da lugar a cambios graduales en los estados y a una modificación del fondo general de la conducta.

Esta primera unidad funcional es pues la base sobre la que se asientan las formas complejas de actividad psíquica.

Unidad para recibir analizar y almacenar información (aférente).

Se localiza en las regiones laterales del neocórtex, en la su

perficie convexa de los hemisferios, de la que ocupa las regiones posteriores, incluyendo las zonas visuales (occipitales), auditivas (temporales) y sensorial general (parietales) (Fig. 2).

Su estructura histológica consiste en neuronas aisladas del occipital, temporal y parietal que obedecen a la ley del todo o nada, recibiendo impulsos discretos y reenviándolos a otros grupos de neuronas.

Los sistemas de esta unidad reciben estímulos que viajan desde los receptores periféricos al cerebro, en donde se procede a su análisis en un gran número de elementos componentes muy pequeños mediante su combinación dentro de estructuras funcionales dinámicas requeridas para su síntesis en sistemas funcionales completos.

Las estructuras de esta unidad tienen una especificidad modal alta, es decir, sus neuronas están diferencialmente especializadas para el análisis visual, auditivo, vestibular o sensorial general, (el olfatorio y gustativo ocupa un lugar no prominente).

Esta unidad funcional está formada por tres tipos de zonas corticales:

- a). Las áreas primarias o de proyección del córtex. Consisten principalmente en neuronas de la IV capa eferente, las cuales poseen una especificidad modal extremadamente alta (v. gr., las neuronas de las áreas visuales responden sólo a los estímulos estrictamente visuales).

Las zonas primarias de cada analizados son las siguientes:

1. Córtex visual (occipital): área 17 de Brodmann, de pro

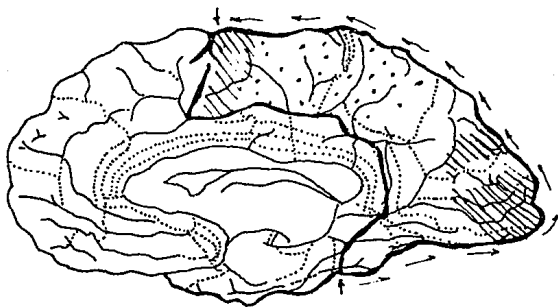
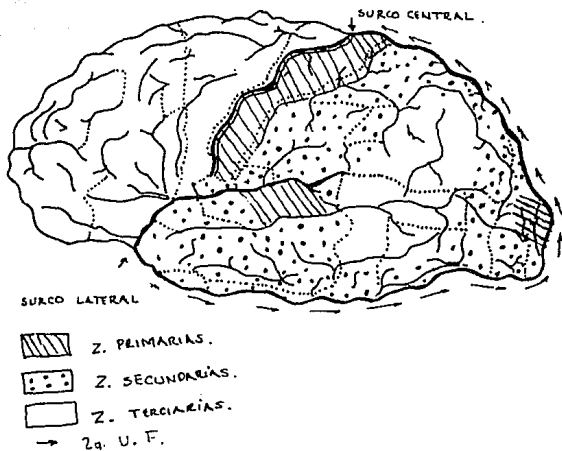


Fig. 2. Segunda Unidad Funcional

yeción somatotópica de partes individuales de la retina.

2. **Córtex auditivo (temporal):** escondidas en las profundidades del córtex temporal en el giro transversal de Heschl, área 41 de Brodmann están las estructuras neuronales que responden a propiedades diferenciadas de estímulos acústicos.
  3. **Córtex sensorial general (parietal):** área 3 de Brodmann. Su topografía se distingue por su proyección somatotópica precisa de segmentos individuales del cuerpo. Al ser estimulada esta área se provocan sensaciones corporales correspondientes al punto estimulado.
- b). **Las áreas secundarias o de proyección-asociación (gnósticas).** Rodean y están superpuestas a las zonas primarias. Dominan las capas II y III que son asociativas, sus células poseen un grado de especificidad modal mucho más bajo son neuronas asociativas de axones cortos que permiten combinar la excitación entrante y así desempeñar una función sintética.

Las zonas secundarias de cada analizador son (fig. 2):

1. **Córtex visual:** áreas 18 y 19, convierten la proyección individual realizada por las zonas primarias en su organización funcional, manteniendo su especificidad en la modalidad visual pero trabajando como un sistema organizador de los estímulos visuales que llegan al área visual primaria.
2. **Córtex auditivo:** corresponde a las partes externas de la región temporal de la superficie convexa del hemisferio, área 22 y partes de la 21 de Brodmann. Convier-

ten la proyección somatotópica de los impulsos auditivos en su organización funcional.

3. **Córtex sensorial general:** áreas 1, 5 y parte de la 40 de Brodmann. Su estimulación conduce a la aparición de formas más complejas de sensación cutánea y kinestésica.

Todas estas zonas están adaptadas para la recepción, análisis y almacenaje de la información procedente del mundo exterior. Son los mecanismos cerebrales de formas modalmente específicas de procesos gnósticos. Pero la actividad gnóstica humana es un proceso complejo, resultado de la actividad polimodal extensa en principio y más tarde concentrada y condensada, basada en el trabajo conjunto de un sistema completo de zonas corticales.

- c). **Las zonas terciarias o de solapamiento.** Consisten en células de las capas II y III. Permiten el trabajo concertado de grupos de diversos analizadores. Se sitúan en los límites del córtex occipital, temporal y poscentral (la mayor parte constituidas por la región parietal inferior) y --- constituye aproximadamente un cuarto de masa cerebral del hombre (son estructuras específicamente humanas).

Sus células están relacionadas casi por completo con la función de integración de la excitación que llega a través de los diferentes analizadores. Sus neuronas son de carácter multimodal y responden a rasgos generales (v. gr., carácter de organización espacial).

Las áreas que constituyen estas zonas son (Fig. 2):

1. **Zonas superiores e inferiores de la región parietal.** - Son las áreas 5, 7, 39 y 40 de Brodman.

2. Area 21 de la región temporal.

3. Area 37 y 39 de la región temporo-occipital.

Su papel principal está relacionado con la organización espacial de los impulsos discretos de excitación que llegan a las distintas regiones y con la conversión de estímulos sucesivos en grupos simultáneamente procesados. Este es el mecanismo que permite la actividad sintética de la percepción.

Juegan un papel esencial en la conversión de la percepción concreta en pensamiento abstracto, el cual siempre actúa en forma de esquemas internos, y para la memorización de la experiencia organizada, es decir, para el alma cenaje de la misma.

En la organización de la segunda y tercera unidad funcional reigen tres leyes básicas:

1. Ley de la estructura jerárquica de las zonas corticales. Esta ley hace referencia a la creciente complejidad de las zonas primarias a las terciarias. Las relaciones entre estas áreas cambia en el transcurso del desarrollo ontogenético. En el niño la interacción -- transcurre desde abajo hacia arriba, las zonas secundarias dependen de la integridad de las primarias y las terciarias dependen de las secundarias y primarias. En el adulto la interacción transcurre de arriba hacia -- abajo, es decir, las zonas terciarias controlan en tra bajo de las zonas secundarias y primarias e incluso -- las compensan cuando hay lesión.
2. Ley de la especificidad decreciente de las zonas corticales jerárquicamente organizadas:

- Zonas primarias. Constituidas por neuronas de alta especificidad modal.
- Zonas secundarias. Predominan neuronas asociativas que poseen especificidad modal en un grado mucho menor, mantiene su función gnóstica modalmente específica pero asociando información visual, auditiva o táctil.
- Zonas terciarias. Sus neuronas tienen una especificidad modal inferior, aunque se encargan de la síntesis simultánea (espacial) no son de carácter modal.

Esta ley es otro aspecto de la ley jerárquica y hace referencia a la transición del reflejo discreto, de indicios particulares modalmente específicos, al reflejo integrado de esquemas más generales y abstractos del mundo percibido.

3. Ley de la lateralización progresiva de funciones. Hace referencia a la progresiva transferencia de funciones desde las áreas corticales primarias hacia las secundarias y, en último término, hacia las terciarias. En cuanto a las zonas primarias, en ambos hemisferios cum plen papeles idénticos y, en cuanto a las secundarias y terciarias empiezan a diferir notablemente entre los hemisferios. Con la habilidad de la mano derecha (asociada al trabajo) y la aparición del lenguaje comienza a presentarse cierto grado de lateralización de funciones. Sin embargo, esta ley es relativa, no siempre se encuentra la absoluta dominancia de un hemisferio, -- pues sólo una cuarta parte de las personas son completamente diestras.

Unidad para programar, regular y verificar la actividad (eférente).

Las funciones de esta unidad están relacionadas principalmente con la organización de la actividad consciente y voluntaria.

El hombre no reacciona pasivamente hacia las influencia del medio, sino que crea intenciones, formula planes y programas de sus acciones, inspecciona sus ejecuciones y regula su conducta de acuerdo a esos planes y programas y, finalmente, verifica su actividad comparando los efectos de sus acciones -- con las intenciones originales, corrigiendo cualquier error que se presente.

Las estructuras cerebrales que comprenden esta unidad están localizadas en las regiones anteriores de los hemisferios -- (Fig. 3):

- a). **Zonas primarias:** El canal de salida de las acciones es el córtex motor (área 4 de Brodmann). Su capa V contiene células gigantes piramidales de Betz y sus fibras van a los núcleos motores espinales y de ahí a los músculos (por la vía piramidal). Estas áreas requieren de un fondo tónico que es proporcionado por los ganglios motores basales y - las fibras del sistema extrapiramidal.
- b). **Zonas secundarias;** Están conformadas por las área premotoras 6, 8 y 44 de Brodmann. Cumplen un papel integrativo y organizador de los impulsos motores en ciertos programas para dar lugar a movimientos intencionados.
- c). **Zonas terciarias:** La parte más importante de esta unidad son los lóbulos frontales o las divisiones prefrontales - del hemisferio cerebral. Contienen células granulares y -



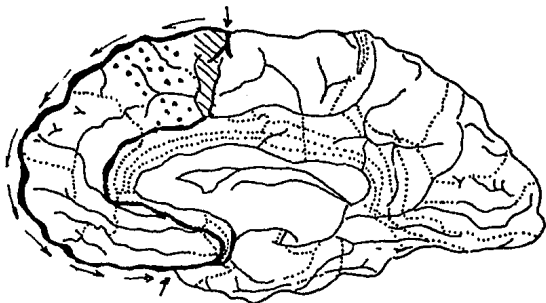
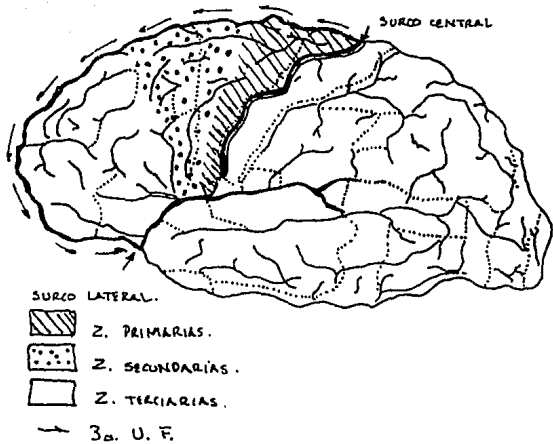


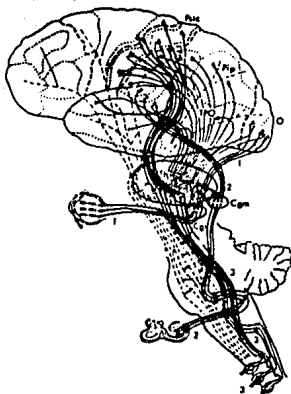
Fig. 3. Tercera Unidad Funcional

ejercen un papel decisivo en la regulación y la verificación de las formas más complejas de conducta humana. Gracias a que tiene un sistema rico en conexiones tanto con estructuras inferiores del cerebro como con las demás partes del córtex (fig. 4). Estas zonas están adaptadas para la recepción y síntesis del complejo sistema de impulsos aferentes que llegan a todas partes del cerebro y para la organización de impulsos eferentes para regular todas esas estructuras.

Las porciones medial y basal de los lóbulos frontales están conectadas por haces de fibras ascendentes y descendentes con la formación reticular de donde reciben corrientes intensas de impulsos que la cargan con el tono energético apropiado y, a la vez, ejercen influencia reguladora sobre la formación reticular dando a sus impulsos activadores su carácter diferencial y adecuándolos a los esquemas dinámicos de conducta formados directamente por lóbulos frontales. Esta regulación se realiza con estrecha participación del lenguaje.

Esta unidad también está regida por los principios de organización jerárquica y de especificidad modal decrecientemente mencionados anteriormente. Pero aquí los procesos transcurren en dirección descendente: comienzan en los niveles superiores de las zonas secundarias y terciarias que forman los programas y planes motores para pasar después a las estructuras del área primaria que envía los impulsos motores a la periferia.

Sus funciones incluyen la síntesis de los sistemas de estímulos y la creación de un plan de acción no sólo en relación a los estímulos del momento, sino también a la conducta en base a la anticipación del futuro y su regulación basada en la consideración del efecto de la acción -



**Fig. 4.** Esquema de las relaciones córtico-subcorticales de las zonas primarias, secundarias y terciarias. Las líneas gruesas indican los sistemas de analizadores con sus conexiones en los sectores subcorticales: 1, analizador visual; 2, analizador auditivo; 3, analizador cutáneo cinestésico. T, región temporal; O, región occipital; Pip, campo 39; Pla, campo 40; Psc, región poscentral; TPO, subregión temporo-parietooccipital; Th, tálamo; Cgm, cuerpo geniculado interno; Cgi, cuerpo geniculado externo (según G. I. Póliakov).

FUENTE: LURIA, A.R., 1986. op. cit. p. 54.

llevada a cabo, esto es, la corrección de la acción al ir-la verificando.

En general, de los lóbulos frontales depende la regulación de la actividad consciente y voluntaria. Dicha regulación ocurre con la estrecha participación del lenguaje, aunque las formas simples de conducta pueden ocurrir sin ayuda, los procesos mentales superiores se forman y tienen lugar sobre la base de la actividad del lenguaje.

### C) EL ANALIZADOR SENSORIO MOTOR

El movimiento voluntario es entonces un complejo proceso psíquico (cuya estructura psicológica se ha descrito en el capítulo I) de carácter socio-histórico que tiene como una de sus premisas esenciales la actividad del cerebro, más no de su actividad como una masa homogénea, mucho menos de una zona cortical limitada, sino del trabajo sincronizado de varias zonas corticales, cada una de las cuales realiza una función específica y necesaria para la actividad de todo el sistema funcional.

Así pues, cada una de las zonas del córtex que participan en la realización del movimiento voluntario cumple con un determinado componente del proceso. Cuando alguna de dichas zonas es dañada, el sistema funcional se altera en su conjunto en un grado menor o mayor, dependiendo de su importancia funcional.

Además cada zona cortical que toma parte en la organización del movimiento voluntario, también puede participar en otros sistemas funcionales, así, en los casos de lesión de alguna de estas áreas no sólo se presentan alteraciones en el acto motor, sino además en otras funciones (v. gr., del

lenguaje). Cuando alguna de dichas zonas es dañada, el sistema funcional se altera en su conjunto en un grado mayor o menor, dependiendo de su importancia funcional. Asimismo se ven alterados los procesos psicológicos que comparten en su realización de algún factor común con el sistema que se está tratando.

Las áreas cerebrales que son las principales responsables de organizar el movimiento voluntario están formados por las zonas precentales (motoras), premotoras y poscentrales (aférentes).

Según los descubrimientos de Pávlov y más tarde por Luria la parte cortical del analizador motor no se halla circunscrita a la circunvolución precentral, la cual es la vía de salida de los impulsos motores, sino que está constituido por un gran número de estructuras asociadas pero ampliamente distribuidas y que ocupan una posición tanto anterior como posterior a la circunvolución precentral (fig. 5).

Dichas estructuras deben entonces considerarse como constituyentes de un analizador sensoriomotor especial, teniendo en cuenta que cada una de ellas asegura determinada faceta de preparación del acto motor.

El analizador sensoriomotor constituye un sistema funcional único, sin embargo, su núcleo cortical se diferencia estrechamente en regiones poscentral y precentral.

La región poscentral da la necesaria base cinestésica a la conformación del acto motor, en la que los impulsos visuales vestibulares, acústicos y/o táctiles se recodifican en un sistema definido de señales que conforman la red espacial mediante la integración de la información en grupos simultáneos.

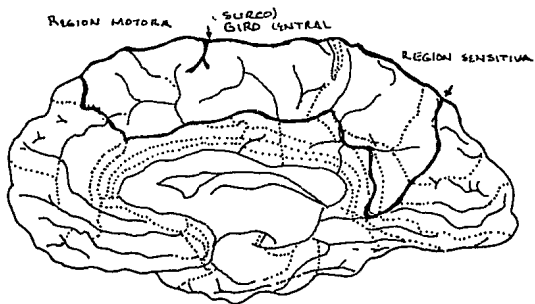
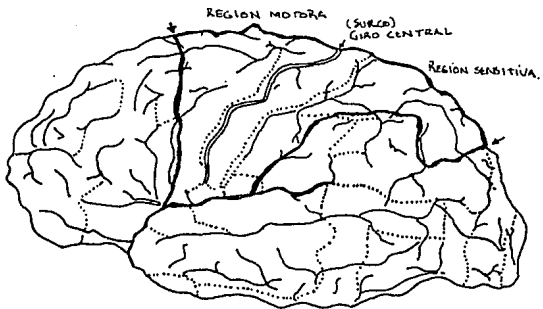


Fig. 5. Analizador Sensorio-motor

La región precentral proporciona la base cinestésica al sistema. El movimiento voluntario se realiza a través de una cierta serie de inervaciones sucesivas a los músculos las cuales transcurren en el tiempo para formar una melodía cinética única, un estereotipo motor.

Ambas regiones están estrechamente relacionadas a través de las múltiples conexiones tanto trascorticales como subcorticales (fig. 6), especialmente con el núcleo ventrolateral del tálamo, el cual es el aparato integrativo subcortical del sistema motor.

De esta manera los actos motores no constan únicamente de una organización motora (cinética), sino que su trabajo está indisolublemente ligado al análisis y síntesis sensorial de la información. Necesariamente debe existir una retroalimentación sobre la posición de las articulaciones a los centros de integración superiores, es aquí, precisamente, donde participan las zonas precentrales. Esto lo afirmó Lassek en 1945, quien reportó que sólo una pequeña parte de la vía piramidal comienza en las células gigantes de Betz y que una parte considerable tiene su origen en porciones poscentrales y premotrices.

Veámos por separado la organización específica de cada uno de los componentes del analizador sensoriomotriz.

**SISTEMAS AFERENTE (SENSORIALES).** A la luz de los hechos clínicos se ha mostrado que las áreas sensoriales (táctiles y cinestésicas) y las áreas secundarias complejas, adyacentes a ellas, juegan un importante papel en la organización de los procesos motores. Su función está relacionada con el análisis y la síntesis de los impulsos propioceptivos y cinestésicos, los cuales se originan en las estructuras musculares y son transmitidos a las partes centrales del analizador. El miem--

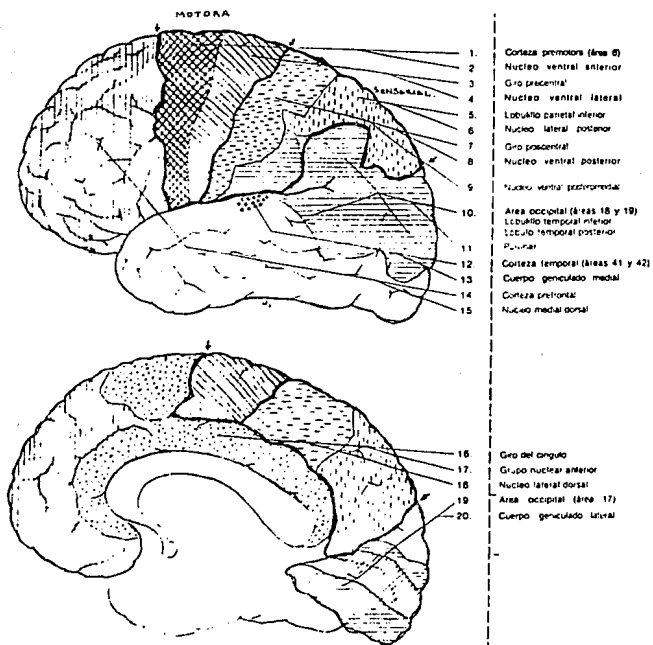


Fig. 6. Conexiones del analizador sensorio-motor con los núcleos del tálamo.

RUZH: Moxer K. I., op. cit. pág. 80.



bro aferente retransmite los impulsos a partir de los mismos músculos y articulaciones movientes, su base es un círculo -- reflejo cerrado.

La parte aferente del arco reflejo constituye un nexo decisivo en el mecanismo de control subyacente a los movimientos voluntarios variables. La importancia de este componente, según Luria, queda bien expresada por la afirmación de Bernstein: - "...el número de grados de libertad de movimiento en las articulaciones de las extremidades es tan grande que es imposible que sean controlados solamente por impulsos eferentes".

Las áreas corticales poscentrales comprenden la circunvolución poscentral (áreas 3, 1 y 2 de B.), las partes caudales - del lóbulo parietal (áreas 5 y 7) y la parte anterior del área 40 (fig. 5).

Dichas áreas están diferenciadas por su citoarquitectura y -- sus conexiones:

1. Zonas primarias de proyección (áreas 3 y 1) con predominio de la capa granular de células aferentes; es un complejo - bien desarrollado de fibras de proyección y de células estrelladas.

En estas zonas finalizan las fibras provenientes de la periferia que son portadoras de los impulsos de los receptores. Tienen una proyección somatotópica precisa (fig. 7).

2. Zonas secundarias de proyección-asociación (áreas 2 y 5). Son áreas intrínsecas cuya capa granular está bien desarrollada, pero hay aún mejor desarrollo de las capas II, III y su parte superficial de la IV (de asociación). Su papel integrativo es posible gracias a sus neuronas de axones -- cortos que están dispuestas en complejos asociativos que -

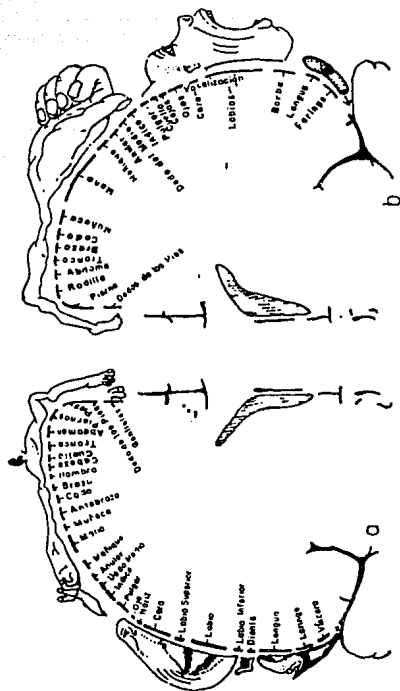


Fig. 7. Esquema de proyección somatotópica en la corteza cerebral. A, proyección de la sensibilidad; B, proyección cortical del sistema motor. Las medidas relativas de los órganos reflejan la extensión de las áreas de la corteza cerebral desde las cuales pueden ser provocadas las sensaciones y los movimientos correspondientes (según Penfield).

reciben un rico suministro de fibras verticales provenientes de los núcleos talámicos secundarios.

3. Áreas 7 y parte de la 40. Son las áreas secundarias de mayor complejidad en las cuales predominan las capas de asociación. Están relacionadas con la organización de las funciones sensomotoras concretas.

Las áreas poscentrales tienen como función principal la organización espacial de las acciones coordinadas complejas. Esta función es posible gracias a la aportación de los siguientes factores funcionales:

1. **Anulación de los impulsos irrelevantes.** Las estructuras -- poscentrales anulan los impulsos irrelevantes y permiten -- así la expresión de los sistemas sinérgicos correctos y -- precisos de acuerdo a los objetivos de la acción. Cuando -- este factor se ve alterado se provocan trastornos motores muy distintos: en algunos casos pseudoparesia, en otros -- ataxia u otros trastornos de la coordinación y, en casos más complejos, hay una pérdida de los componentes motores de la actividad compleja.

Tales trastornos provocan la pérdida de los impulsos motores diferenciados y la pérdida de la capacidad para mover las extremidades uniforme y rápidamente hasta la posición -- descada. Se pierde la facultad de efectuar movimientos diferenciados.

2. **La organización de los impulsos en una red espacial.** Participan en la integración de los impulsos exteroceptivos y -- propioceptivos en esquemas espaciales, sobre todo las -- áreas secundarias más complejas situadas en la porción inferior del lóbulo parietal. La alteración de este factor -- también puede afectar la actividad motora produciendo for-

mas de apraxia mnésica (ideativa).

Los paciente de este tipo sustituyen un movimiento por -- otro de manera que se hace imposible realizar cualquier - clase de secuencia complicada de actos motores y no poseen todos los esquemas espaciales propioceptivos necesarios pa ra los movimientos orientados hacia objetos externos.

3. La orientación de los impulsos hacia la dirección correcta. Las áreas poscentrales desempeñan un importante papel en la organización de los actos motores, precisando la dirección de los impulsos de los otros analizadores hacia -- grupos específicos de músculos e interviniendo así en la - programación y organización de los impulsos motores.

Bajo condiciones diversas la pauta de los impulsos motores aferentes necesaria para provocar un movimiento dado no es siempre la misma. Con arreglo a la situación y tipo de mo vimiento puede originarse en diferentes fuentes y ser me- diatizado a diferentes niveles (\*).

4. La organización del marco de referencia espacial. Dentro - de las zonas posteriores del córtex ocupan un lugar impor- tante, las zonas terciarias parieto-occipitales. El movi-

(\*) Citemos algunos ejemplos:

- En la locomoción la síntesis aferente necesaria para la estructuración espacial del - movimiento se da a un nivel que implica la percepción objetiva de los puntos en el -- espacio. Esta función es desempeñada por las estructuras asociadas con la visión y la cinestecia.
- La manipulación de objetos implica la integración compleja de impulsos visuales, ves- tibulares y cinestésicos y su función de halla subordinada a los procesos superiores asociados con áreas más complejas del córtex que integran la actividad de diferentes analizadores. Las coordinaciones implicadas en este tipo de actividad son más varia- bles y complejas:
- Todas las formas del gesto y del lenguaje simbólico son movimientos aún más complejos cuya organización exige a los sistemas aferentes una integración más precisa mediatizada por la organización verbal.

miento se produce en el marco de un sistema de coordenadas espaciales tridimensionales, esto es posible gracias a las zonas terciarias parieto-occipitales, las cuales integran la información de los sistemas visual, vestibular, cinestésico y motor y permiten los niveles más elevados de organización espacial del movimiento.

En algunos tipos de movimientos, tales como los sinergismos elementales, el papel de estas zonas es relativamente poco importante, mientras que en otros, tales como la locomoción y la actividad constructiva juegan un papel decisivo.

La lesión de las zonas parieto-occipitales da lugar a alteraciones importantes en la estructura de los movimientos en el espacio: a) perturbaciones sensibles de la síntesis óptico-espacial de las señales que se reciben y que pueden adoptar la forma de agnosia apráxica, agnosia simultánea o agnosia digital y/o b) alteraciones apráxico-agnóscias de los movimientos complejos espacialmente organizados.

Así pues las zonas poscentrales están relacionadas con otro tipo de actividad sintética especial del cerebro: la integración de sensaciones simultáneas para producir la percepción unificada de un orden espacial necesaria para la correcta consecución de los movimientos voluntarios.

**SISTEMAS EFERENTES(MOTORES).** A diferencia de las zonas posteriores del córtex, las zonas anteriores están relacionadas -- con otro tipo de actividad sintética referente a las impresiones que llegan en secuencia temporal y que hacen posible la integración de sensaciones sucesivas. Según Lashley este tipo de actividad se basa en la organización auditiva y motora de la actividad que es atribuible a las áreas corticales más anteriores. Su función está relacionada con la organización de

la actividad motora en sus niveles más elevados.

Las áreas aferentes comprenden diversas estructuras corticales: el giro central anterior (área 4 de B.), zonas premotoras (áreas 6 y 8 de B.), área de Broca (44 de B.), conocida como zona motora del lenguaje y zonas anteriores frontales. Estas últimas se consideran en un apartado especial (II. D) debido a su importancia funcional en la organización del movimiento voluntario en particular y del proceso voluntario en general.

A continuación se detalla sobre cada una de las zonas corticales mencionadas.

1. **Giro central anterior.** Son zonas primarias que fueron consideradas por mucho tiempo como centro motor. Está constituido por células gigantes de Betz, las cuales generan los impulsos motores eferentes. Además de esto, su función es también recibir los variados efectos dinámicos que aparecen en otras porciones aferentes de la corteza sensorio-motora. Son zonas proyectivas que poseen un carácter somatotópico regido por el principio de importancia funcional -- (fig. 7).
2. **Zonas premotoras.** Tienen una estructura similar a la del área 4 pero sus células piramidales de la V capa eferente son más pequeñas y están distribuidas más espaciadamente. Tienen un mejor desarrollo de la tercera capa ( de asociación ).

Estas zonas tienen un rico sistema de conexiones (fig. 6):

- Verticales, con los núcleos del tálamo y con los ganglios basales.

- Con la corteza motora primaria.
- Con estructuras subcorticales como el sistema estriopai-  
dal.

La organización de las área premotoras es más funcional que -  
somatotópica, no obstante, el principio de proyección se man-  
tiene de tal forma que se convierte en un principio de repre-  
sentación segmental:

- Una parte del área premotora (6a) está asociada con los  
movimientos del tronco.
- Otra (6b), afecta principalmente a los movimientos finos  
de las extremidades, en particular de la mano.
- Anterior a la zona 6a radica una zona relacionada con --  
los movimientos del ojo (área 8 de B.).

La estimulación de estas áreas produce movimientos más comple-  
jos que los producidos en la zona 4. Dichos movimientos impli-  
can a grupos musculares sinérgicos que llegan a producir un -  
acto integrado rudimentario.

Las funciones del área premotora son:

- a. Integrar u organizar los impulsos a generar en el área mo-  
tora primaria.
- b. Tienen una función desnervante en cuanto que inhiben la --  
excitación inapropiada y superflua.
- c. Desempeña un papel especial en la ejecución uniforme de los  
movimientos seriales complejos.

- d. Transforma los impulsos individuales que surgen en otras - áreas corticales en complejas pautas dinámicas, en las que cada componente, una vez completado, es fácilmente desnervado cediendo así el paso al componente sucesivo para generar movimientos unitarios.

La lesión de las zonas premotoras producen trastornos motores en los actos que requieren coordinaciones dinámicas y complejas es decir, en los movimientos serialmente organizados. El defecto primario está en la incapacidad para ejecutar tareas que suponen cualquier tipo de pauta motora activa que deba -- ser puesta en práctica contra un cierto trasfondo motor.

El trasfondo motor es la disposición tónica de ciertos grupos sinérgicos de músculos para actuar aunque no formen parte de la pauta motora directamente. En las lesiones descritas la -- parte motora carece de la plasticidad dinámica apropiada.

"...cada movimiento de cierta complejidad está compuesto de toda la cadena de eslabones sucesivos que constituyen una única melodía cinestésica en la que el paso de un eslabón al siguiente se realiza generalmente de una forma - bastante armónica. Este carácter del movimiento que exige la denervación automática de cada uno de los eslabones ya cumplidos y la transmisión fluida de los eslabones ya subsiguientes, constituyen la base de los hábitos motores complejos..." (17).

La melodía cinética es precisamente la que se ve perturbada. La denervación o interrupción de los esfuerzos, una vez ini--

(17) LURIA, A., El cerebro humano y los procesos psíquicos. Ed. Fontanella, Barcelona, 1979. p. 42.



ciados, deja de realizarse automáticamente y se hace necesario generar impulsos voluntarios especiales para ello, un impulso generalizado único es insuficiente para generar la serie de movimientos. Así pues la perturbación principal es la pérdida de la automatización fluida de los hábitos motores que una persona adquiere como resultado de una gran práctica. La lesión no sólo provoca estas alteraciones en la parte contralateral del cuerpo sino también en menor medida en la ipsilateral.

Esta pérdida de la fluidez y denervación se observa también - en casos de lesión de los núcleos subcorticales o de destrucción de los tractos fibrosos que los conecta con el área premotora.

Las zonas premotoras participan estrechamente en la elaboración de los hábitos motores (automatismos superiores). Su mecanismo básico es la creación de estereotipos motores dinámicos específicos. Los diversos actos individuales de los que está compuesto se realizan como una serie unitaria, desencadenada por un impulso generalizado único.

3. Area 44 de Broca. En el límite inferior del área premotora se encuentra una zona que, de acuerdo con sus características morfológicas, genéticas y funcionales, se considera -- como área motora del lenguaje.

Campbell fué el primero en mostrar que la citoarquitectura de esta área es muy similar a la del resto del área premotora. Hay células piramidales relativamente pequeñas distribuidas espacialmente en la V capa (eferente) y células de la parte más profunda de la capa III (asociativa) que están mejor desarrolladas y son las más prominentes.

A pesar de las similitudes arriba mencionadas, el área 44

difiere de las demás en lo siguiente:

- a. El área de Broca es directamente adyacente a la parte de la circunvolución precentral asociada con los movimientos de la musculatura facial, los labios y la lengua (fig. 7), así cabe esperar que la función organizativa de esta primera puede estar directamente asociada a los movimientos de estas zonas.
  
- b. Posee un sistema mucho más plenamente desarrollado de conexiones aferentes que las partes más superiores del área premotora. Tiene conexiones con las estructuras --poscentrales (cinestésicas) y con el área de proyección auditiva del lóbulo temporal, así el área premotora está particularmente adaptada para la integración de los movimientos del habla. La lesión de esta zona produce --principalmente trastornos del lenguaje expresivo (afasia motora eferente).

#### **D) SISTEMA DE LOS LOBULOS FRONTALES.**

Las zonas cerebrales que corresponden a los lóbulos frontales mantienen y controlan el tono general del córtex. Además, con la ayuda del lenguaje interno y bajo la influencia de impulsos aferentes que le llegan de otras partes del córtex hace -- posible la formulación de la intención de la tarea motora, -- asegura su conservación y permite la ejecución del programa -- de acción y mantienen una vigilancia continua de su curso.

En el hombre la organización de la síntesis antecedentes que determinan la conducta intencional activa se ve complicada en gran parte porque el papel decisivo lo juegan las asociaciones que se realizan sobre la base del lenguaje. La conducta -- del hombre es activa, voluntaria, consciente y está determi-

nada por un sistema complejo de conexiones formadas a través del desarrollo histórico-social del niño y que constituyen un complejo de conexiones antecedentes que surgen sobre la base del lenguaje interno y externo.

Las asociaciones preliminares antecedentes se conforman en el niño más o menos a partir del tercer año, pero éstas son débiles y requieren un reforzamiento constante mediante las vocalizaciones, primero del adulto y más tarde del propio niño en forma de autoinstrucciones inicialmente en forma desplegada y externa y después en forma plegada e interna. Al fin se vuelven estables las asociaciones y cada vez van jugando un papel predominante en la organización del psiquismo en general y -- del movimiento voluntario en particular.

Los pacientes que tienen lesión en las área frontales sufren alteraciones en la organización audioarticulatoria externa -- del lenguaje. El síntoma esencial es que el paciente es incapaz de utilizar el lenguaje para la generalización o para la expresión de deseos o pensamientos. En síntesis, el habla se ve afectada en su función básica: la proposicionalización.

En algunos casos el paciente se ve privado completamente del lenguaje espontáneo, hay pérdida de la iniciativa de la actividad intencional, alteración del pensamiento activo, etc.

Son las conexiones desarrolladas sobre la base del lenguaje interno las que se desintegran como consecuencia de la debilidad de los procesos excitatorios-inhibitorios del córtex cerebral.

Según la localización de la lesión las alteraciones pueden -- adoptar las siguientes formas:

- Lesiones masivas de las partes convexas de los lóbulos fron

tales. Trastornan gravemente el papel regulador de las conexiones establecidas sobre la base del lenguaje.

- Lesión de la convexidad del lóbulo frontal con sus conexiones con las áreas basales. Puede producir un síndrome de -- aespontáncidad e insuficiente control de la conducta intencional planeada por el paciente.
  
- Lesión en sólo un foco de la convexidad del hemisferio iz-- quierdo. El trastorno del papel regulador del input antecede-- dente aparece sólo en situaciones en que las funciones intelectuales tienen que organizar movimientos sumamente flexibles en los que la inhibición rápida y precisa de los impulsos inmediatos es necesaria.
  
- Lesión en la zona directamente anterior al área de Broca. - Desorganiza la función reguladora normal del lenguaje interno. Es la forma fundamental característica de la afasia dinámica frontal
  
- Si el foco patológico surge dentro del área premotora y luego se extiende gradualmente hasta afectar la corteza frontal adyacente se puede observar el desarrollo sucesivo y la estrecha interrelación de ambos síndromes. Hay primero pérdida de los hábitos motores y de los movimientos prácticos, luego aparecen movimientos involuntarios y perseveración y, sólo mucho tiempo después, observamos la disociación entre la actividad y sus motivos.
  
- Si el foco está localizado en las partes centrales medias y superiores del área premotora frontal, hay afectación de -- los procesos verbales y de la actividad motora simple.
  
- Cuando la lesión abarca las áreas cercanas al área de Broca puede aparecer una grave afasia dinámica central, aparece -

más tarde con la desaparición gradual del edema la resolución del hematoma y la cicatrización.

- Cuando la lesión está localizada más anteriormente podemos observar sólo una leve afasia motora; las deficiencias en la estructura dinámica de los procesos verbales se asocian con dificultades en la ejecución de intenciones verbalmente formuladas y una frecuente perseveración de las pautas verbalmente simples.
- Las lesiones más anteriores, y que no afectan al área de -- Broca, originan un síndrome en el que hay una acinesia general del lenguaje y del pensamiento y una persistencia de -- las pautas cinéticas más generales que afectan el flujo de la actividad verbal normal. Así en la afasia frontal dinámica el síntoma principal es la pérdida de la unidad del pensamiento y el lenguaje que se manifiesta en una dificultad para formular la intención verbal.

Este tipo de alteraciones provocadas por lesión de la corteza frontal tienen un carácter mucho más complejo y grave. La voluntad es un proceso capaz de regular la actividad del individuo por medio de la anticipación de las condiciones necesarias en su realización; aquí, las alteraciones afectan la capacidad de regular el rumbo de la actividad en base a objetivos definidos en términos proposicionales. La actividad voluntaria está regulada por el lenguaje, por su componente proposicional y es una función fundamental de los lóbulos frontales.

(18) LURIA, A.R., Cerebro y Lenguaje. Ed. Fontanella, Barcelona, 1978, pp. 167-252.

(19) LURIA, A.R., El cerebro humano y los procesos psíquicos. Ed. Fontanella, Barcelona, 1979, pp. 3-100 y 161-515.

(20) LURIA, A.R., Conciencia y Lenguaje. Ed. Aprendizaje Visor, Madrid, 1984, pp.25-51.

(21) LURIA, A.R., El cerebro en Acción. Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1985, cuarta edición. pp. 19-100 y 167-222.

(22) LURIA, A.R., Las funciones corticales superiores del hombre. Ed. Fontanara, México, D.F. 1986, pp. 3-94 y 201-377.

### C A P I T U L O   I I I

#### ORGANIZACION NEUROFISIOLOGICA DEL MOVIMIENTO

## ORGANIZACION NEUROFISIOLOGICA DEL MOVIMIENTO

El movimiento voluntario tiene como base la organización neuropsicológica revisada en el capítulo anterior, pero además, su realización requiere de la actividad integrada de todo el Sistema Nervioso, aunque cada nivel con un papel específico en el proceso. En este capítulo se describe precisamente de qué manera los procesos neurofisiológicos son fundamento de la actividad motriz.

### A) GENERALIDADES DEL SISTEMA NERVIOSO.

El Sistema Nervioso Central (SNC) asegura las funciones de control del organismo, tanto las que preservan sus principios de vida, como las que hacen posible la aparición y desarrollo de los procesos psíquicos que caracterizan al hombre. Es decir, el SNC es la base objetiva del ser del hombre y el encéfalo, específicamente, la base de su conciencia.

Entre las funciones del SN, en cuanto al aseguramiento de la vida del organismo, están las de respiración, mantenimiento del ritmo cardiaco, las actividades rápidas como las contracciones musculares, los fenómenos viscerales, la intensidad de secreción de las glándulas endócrinas, etc. Estas funciones están específicamente a cargo del SN autónomo.

De manera general el SN está compuesto por sistemas aferentes centros integradores y sistemas eferentes. Toda actividad del organismo es el resultado de la integración sensorio-motora - (23) (24).

(23) LOPEZ, R. Luis., Anatomía funcional del sistema nervioso, Ed. Limusa, México, 1974. pp. 17-436.

(24) LURIA, A.R., El cerebro en acción, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1985. Cuarta Edición. pp. 167-184

**Sistemas aferentes:** La mayor parte de la actividad del SN tiene como base la experiencia sensorial que emana de los receptores sensoriales de diversas modalidades. La experiencia sensorial puede causar una reacción inmediata y/o almacenarse en la memoria en tiempos diferentes.

La transmisión de la información desde los receptores somáticos que entran a través de los nervios espinales se conduce a:

- a) La médula espinal.
- b) La sustancia reticular del bulbo, protuberancia y mesencéfalo.
- c) El cerebelo.
- d) El tálamo.
- e) Las zonas somestésicas de la corteza cerebral.

**Centros integradores.** De manera un tanto esquemática estos -- centros integran la información recibida, la relacionan con otros elementos de la experiencia previa y presente y coordinan el tipo de respuesta. Entre más alta está la estructura nerviosa, involucra un sistema integrador más complejo que -- permite regular una forma de actividad más compleja. Se podrían describir de manera general tres niveles de integración: medular, subcortical y cortical. Adelante se volverá a ellos.

**Sistemas eferentes.** Asumen el control de las actividades corporales, es decir, de las funciones motoras, tales como:

- a) La contracción de todos los músculos esqueléticos del cuerpo.



b) La contracción de la fibra lisa en los órganos internos.

c) La secreción de glándulas exocrinas y endocrinas en diversas partes del cuerpo.

Los músculos esqueléticos pueden controlarse desde diferentes niveles del SNC (25):

- La médula espinal.
- La sustancia reticular del bulbo, protuberancia y mesencéfalo.
- Los ganglios basales.
- El cerebelo.
- La corteza motora.

Las partes más bajas están relacionadas primariamente con respuestas automáticas e instantáneas del cuerpo a estímulos sensoriales y las altas con movimientos deliberadamente controlados por procesos mentales superiores.

De toda la información que llega hay una adecuada selección, de acuerdo a las condiciones y al nivel de regulación de la actividad psíquica (v. gr. reflejos simples, hábitos motores, movimientos intencionados, etc.). Tanto en la selección de la información recibida como en su procesamiento juegan un papel muy importante las sinapsis.

A principios del presente siglo, Cajal probó que las neuronas establecen una suerte de contacto entre sí, Sherrington lo llamó "sinapsis", que se definen como el punto de unión de una - neurona con la siguiente en un lugar ventajoso para el control de transmisión de señales.

[25] GUYTON, A., Fisiología y fisiopatología básicas. Ed. Interamericana, México 1972. pp. 307-317.

La transmisión del impulso nervioso puede:

- Quedar bloqueado en su transmisión.
- Cambiarse de impulso único a impulso repetitivo.
- Integrarse con impulso de otras neuronas.

De cuando a ello la neurona, sometida a eventos sinápticos, puede:

- Activarse.
- Inhibirse.
- Modificarse.

Los principales tipos de sinápsis son:

- Axodendríticas. Producen la excitación de la neurona. (la más frecuente).
- Axosomáticas. Producen inhibición.
- Axoaxonica. Produce inhibición. (más raras).
- Dendrodendríticas (más raras aún).

Hay un control más inhibitorio que excitatorio en el SN. La transmisión se hace a través de neurotransmisores tales como: acetilcolina, serotonina, catecolaminas (dopa y norepinefrina), ácido gamma-aminobutírico (GABA) y aminoácidos, entre otros.

El almacenamiento, conservación de la huella en la memoria, es una característica fundamental del SN, desde la propia neurona hasta la corteza cerebral.

El elemento base en la conservación de la información es la sinápsis:

"... cada vez que una señal sensorial determinada atraviesa una serie de sinapsis, dichas sinapsis quedan cada más más capaces de transmitir la misma señal la próxima vez (facilitación)... las sinapsis quedan tan facilitadas - que las señales generadas dentro del mismo cerebro también pueden causar transmisión de impulsos a través de la misma secuencia de sinapsis aún cuando no se haya extendido la recepción sensorial. Esto proporciona a la persona la impresión de experimentar la sensación original" (26).

La función elemental de la memoria ayuda a seleccionar la información sensorial nueva de importancia para utilizarla en el futuro para diversos tipos de actividad.

Hay tres niveles principales de integración del SN: medular, subcortical y cortical.

**Nivel medular.** Conserva muchas funciones del animal multisegmentario. Los nervios espinales que salen de los segmentos de la médula espinal provocan respuestas motoras localizadas en el mismo segmento del cuerpo o en coordinación con otros de ellos.

El tipo de respuestas que controla la médula espinal son esencialmente automáticas y ocurren casi instantáneamente en respuesta a las señales específicas. Se trata de respuestas reflejas (v. gr., reflejos de tracción y retracción).

(26) Ibid., p. 310.

**Nivel subcortical.** Mucha de la actividad no consciente está controlada por las zonas inferiores del encéfalo: bulbo, protuberancia, mesencéfalo, hipotálamo, tálamo y ganglios basales.

Las estructuras subcorticales controlan funciones tales como:

- Respiración (sustancia reticular del bulbo y protuberancia).
- Equilibrio (es una función combinada de las porciones más viejas del cerebelo y la sustancia reticular del bulbo, protuberancia y mesencéfalo).
- Movimientos coordinados para girar la cabeza, todo el cuerpo y los ojos (centros específicos localizados en mesencéfalo, paleocerebelo y ganglios basales bajos).
- Funciones de alimentación (zonas en el bulbo, protuberancia, mesencéfalo, amígdala e hipotálamo).
- Expresiones elementales y básicas del miedo, la excitación, la actividad sexual, reacciones al dolor o al placer. Estas pueden funcionar aún en animales descerebrados.

**Nivel cortical.** Constituye una zona amplia de recepción, análisis, síntesis y almacenamiento de información de la cual -- puede disponerse a voluntad para controlar las funciones motoras del cuerpo y regular y planear en general toda la actividad del sujeto.

La relación que guarda la corteza con la subcorteza es muy -- estrecha. Para cada parte de la corteza cerebral hay una parte correspondiente y conectora del tálamo. La activación de -- regiones del mesencéfalo también transmite señales difusas a

la corteza en parte a través del tálamo para activar toda la corteza (vigilia). Pero, la regulación predominante es la que hace la corteza sobre la subcorteza y la médula espinal.

La corteza cerebral es la base material de todos los procesos psíquicos superiores (vid supra., cap. II), pero su actividad descansa en todo el funcionamiento del SN, aunque cada estructura con un papel específico dentro del proceso.

En la organización del movimiento voluntario intervienen una serie de estructuras y de procesos que involucran desde los - receptores musculares hasta la corteza cerebral, misma que ya se ha descrito su participación. A continuación se describe - un tanto esquemáticamente la participación de cada uno de -- ellos.

## B) LOS MUSCULOS

Los músculos son los efectores por excelencia, son éstos los que directamente realizan los actos motores que se involucran en toda actividad del organismos.

Los músculos se clasifican en esqueléticos o estriados y lisos. Estos últimos pueden continuar su contracción a pesar de que haya sido eliminada la conexión nerviosa a través de un - sistema intrínseco que permite la contracción pausada y rítmica aún en ausencia del control nervioso directo. En este trabajo interesa específicamente la actividad de los músculos es triados.

La composición química de los músculos es (27):

- 75% de agua.

(27) CHUSID, Joseph., Neuroanatomía correlativa y neurología funcional. Séptima edición. Ed. El manual moderno, México, 1987. pp. 198-200.

- 20% de proteína. Sus proteínas fibrilares se caracterizan - por su elasticidad o poder contráctil.
- 5% de material inorgánico. Cationes (potasio, sodio, magnesio y calcio) y aniones (v. gr., fosfato, cloruro y pequeñas cantidades de sulfato).

En cuanto a su estructura está compuesta por dos partes fundamentales (28):

- 1o. Masa muscular formada por fibras de 0.001 A\* de diámetro, dispuestas en forma paralela que puedan extenderse en toda la longitud del músculo (miden hasta 12 cm.) Se forman por células polinucleadas en forma de huso y atravesadas - por estrias que usualmente no se contraen en ausencia de estimulación nerviosa y que generalmente se encuentran - bajo el control del más alto nivel de integración del SNC en términos neurológico, y de la voluntad, en el aspecto psicológico.
- 2o. Tendón conformado por fibras de tejido conectivo sumamente fuerte y que se inserta firmemente en un hueso. Las -- fibras musculares que unen a los tendones en el extremo - del tendón.

El músculo estriado puede ser clasificado en (29) (30):

- Músculos de contracción rápida, los cuales tienen menos fibras musculares por unidad motora y sacudidas de corta dura ción.

(28) CONTRERAS, C.N., El movimiento, Facultad de Psicología, UNAM, 1984. pp. 7 y 8.

(29) Ibid., p. 9.

(30) CHUSID., op. cit.

\*NOTA: A=Armstrongs.

Están especializados en movimientos hábiles y finos tales - como los del ojo y la mano.

- De contracción lenta, muestran una latencia más larga que los anteriores. Están adaptados para contracciones largas, lentas, que mantienen la postura. Ejemplo de estos son los músculos largos de la espalda y los abdominales.

La principal función del músculo es la contracción. Cuando un músculo se acorta o intenta acortarse se presentan cambios -- eléctricos estructurales, químicos y términos que son reversibles y pueden repetirse después de muy breves intervalos, resultando en ciclos de relajación y contracción. Un músculo -- contiene un cierto grado constante de contracción llamado tono muscular (31).

Tipos de contracción del músculo:

- Isotónica. El músculo mantiene su tono y se produce el desplazamiento de la articulación debido al paulatino acortamiento del músculo.
- Isométrica. La longitud del músculo se mantiene constante - (músculos que mantienen su postura) no hay desplazamiento - de la articulación.

Las fibras extrafusales están compuestas por filamentos de -- 150 A de diámetro y varias fibras extrafusales constituye una fibrilla. Los filamentos están compuesto por dos proteínas -- (actina y miosina), si existe ATP, éstas se unen y si lo mismo sucede en muchos filamentos las fibras acortan su longitud y se contraen.

---

(31) Ibid.

El proceso por el cual se desencadena la contracción es posible gracias a la unión neuromuscular (UNM). La UNM es el proceso por el cual el impulso nervioso es convertido en una corriente de acción muscular. Las fibras nerviosas penetran al músculo estriado, alcanzan el espacio endomisal y finalmente se ponen en contacto con el sarcolema de la fibra muscular. Cada fibra nerviosa termina en una región especializada de la fibra muscular y puede terminar en placa o racimo (32).

La fibra nerviosa queda separada de la membrana de la fibra muscular por 200 a 400 Å semejante a la sinapsis. La membrana presináptica de la terminación nerviosa tiene mitocondrias y vesículas con acetilcolina y la membrana postsináptica tiene vesículas con acetilcolinesterasa. Esta actúa como mediador en la transmisión del impulso nervioso al sarcolema.

Cuando el potencial de acción llega a la terminal presináptica (v. gr., placa neuromuscular) se produce la liberación de acetilcolina (contenida en las vesículas de la terminación axónica), ésta pasa al espacio que separa las membranas del axón y de la fibra muscular y actúa sobre zonas receptoras específicas del sarcolema. La acetilcolina se libera en paquetes de moléculas de transmisión y la cantidad de mediador que pasa al espacio está en relación con la frecuencia con que llegan impulsos nerviosos. La liberación del mediador afecta la permeabilidad de la membrana de la fibra muscular y, en presencia de los iones de sodio, potasio, calcio y ATP se produce la fusión de actina y miosina produciéndose así la contracción muscular. La contracción termina cuando dejan de fluir potenciales de acción a la placa neuromuscular (33).

(32) LOPEZ, L., op. cit.

(33) CONTRERAS, C., op. cit., p. 18.



Uno de los factores que determinan la tensión muscular es el número de fibras o unidades motoras (UM) activadas por un -- estímulo dado. Todas las variaciones de fuerza, amplitud y -- tipo de movimientos están determinadas por diferencias en el número y tamaño de las UM puestas en actividad y en la fre-- cuencia de su acción. Los movimientos leves demandan solo -- unas pocas UM de pequeño tamaño, mientras que los movimientos amplios y enérgicos requieren de la participación de muchas -- unidades motoras de tamaño cada vez mayor (34).

Hay una fusión mecánica o suma de contracciones en respuesta a varios estímulos nerviosos. El grado de fusión es máximo -- cuando el intervalo entre los estímulos es mínimo; la suma de -- crece cuando el intervalo entre los estímulos se acerca a la duración de la respuesta mecánica única. Gracias a esto el -- movimiento del grupo muscular se da de manera fluida y no pau-- sada o tetánica (35).

A partir de la característica de contracción del músculo éste puede efectuar un gran número de desplazamientos. De acuerdo al tipo de desplazamiento hay dos grupos principales de músculos: los flexores y los extensores. Para que los flexores se contraigan es necesario que los extensores se relajen y vice-versa. Este es un mecanismo de control recíproco el cual se-- ñala que existe alguna vía mediante la cual se coordina la -- contracción simultánea, como ocurre cuando se conserva la postura erecta.

En la acción de cerrar el puño, el movimiento primario es una contracción de los músculos flexores de los dedos, estos -- músculos actúan como agonistas o motores primarios. Para que

(34) LOPEZ, L., op. cit.

(35) CHUSID J., op. cit.

la flexión de estos músculos pueda ser fluida, uniforme y potente, los músculos extensores (antagonistas) deben poseer -- una contracción decreciente (relajarse). Como los músculos -- que flexionan los dedos también flexionan la muñeca y como se desea que flexionen sólo los dedos, entonces tiene que entrar en juego los extensores de la muñeca para prevenir la flexión de la misma. Estos extensores ejercen una acción sinérgica, -- por lo que, en esta acción particular se les llama sinergis--tas. En esta acción es necesario además que tanto la muñeca, el codo y el hombro esten estabilizados mediante acciones flexoras y extensoras adecuadas; los músculos que cumplen esta -- función actúan como fijadores (36).

### C) RECEPTRES MUSCULARES Y TENDINOSOS.

Un gran número de fibras nerviosas de los músculos tienen función sensitiva, según Sherrington, por lo menos el 40% . tienen tal función. Hay dos tipos principales de receptores en el músculo (Fig. 8):

#### 1. Husos musculares que descubren:

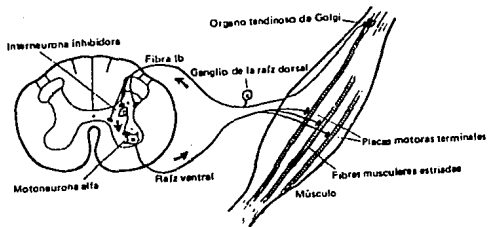
- a) Cambios de longitud de las fibras musculares.
- b) Ritmo de este cambio de longitud.

#### 2. Organos tendinosos de Golgi que descubren la tensión aplicada al tendón durante la contracción o la tracción del -- músculo.

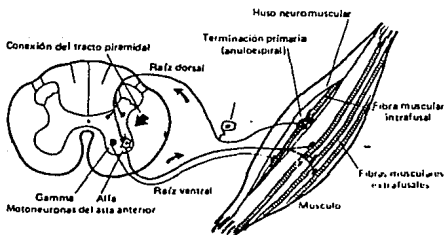
**Huso muscular.** Está constituido de 3 a 10 pequeñas fibras -- musculares intrafusales que tienen los extremos puntiagudos y

---

[36] *Ibid.*



Organo tendinoso de Golgi. La contracción muscular estira el tendón, junto con el OTG que va pegado a éste, iniciando potenciales de acción que inhiben a motoneuronas alfa por medio de interneuronas inhibitoras.



Asa de retroalimentación motora gamma. Los impulsos que parten de las células gamma del asta anterior, transportadas por el tracto piramidal u otras vías, causan contracción de las fibras musculares intrafusales, estirando de manera parcial la zona central, y aumentando el reflejo muscular de extensión.

**Fig. 8. Receptores musculares y tendinosos.**

FUENTE: GAROUTIE, Bil. Neuroanatomía Funcional. Manual Moderno. México 1983.

## ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

están unidas a las vainas de las fibras esqueléticas vecinas extrafusales, con las cuales está en paralelo. La fibra intrafusar es una fibra muscular pequeña y su región central tiene poco o nada de filamentos de actina y miosina, por lo que esta región no se contrae cuando se contraen los extremos. Las porciones contráctiles, de la fibra intrafusar, están inervadas por los eferentes gamma, los cuales constituyen la inervación motora del huso.

La excitación de los receptores del huso se realiza de la siguiente manera: la porción receptora se localiza en el punto medio entre sus dos extremos (no contráctiles). Se estimula esta región por el estiramiento de la misma y dicha estimulación se realiza por dos vías diferentes:

- a. Alargando todo el músculo en el que se localiza el huso, - se estira la porción media y, por tanto, el receptor.
- b. Por la contracción de las porciones finales de las fibras intrahusales, se estirán también las porciones medias.

En el área receptora hay dos tipos de terminaciones sensoriales (37).

- a. Terminación primaria. Fibra grande de tipo Ia que circunda las porciones centrales de las fibras intrahusales, es también llamada anuloespiral y transmite señales sensoriales a la médula espinal a una velocidad de 100 mts./seg.
- b. Terminación secundaria. Son fibras más pequeñas de tipo II de 8 micras de diámetro y están situadas a cada lado de la terminación primaria.

---

(37) Ibid.

Hay dos tipos de respuesta del receptor del huso (38).

- a. Respuesta estática de los receptores secundarios. La respuesta a la tracción de las terminaciones secundarias aumenta en proporción casi directa del grado de tracción y a las terminaciones siguen transmitiendo impulsos durante varios minutos.
- b. Respuesta dinámica de las terminaciones primarias. Las terminaciones primarias también reaccionan con respuestas estática, pero también con respuesta dinámica intensa, es decir, responden de manera muy activa a un cambio de longitud. Cuando la longitud del receptor del huso está umentada, el receptor primario transmite impulsos por la fibra - Ia, pero sólo mientras la longitud está aumentada persiste la pequeña respuesta estática. Inversamente, cuando la zona receptora se acorta disminuye la salida de impulsos desde la terminación primaria, así, las señales de las terminaciones primarias son muy potentes al mandarlas al SNC -- para indicar cualquier cambio de longitud.

El papel que juegan los nervios eferentes gamma en el control de las respuestas es diferencial: los gamma dinámicos excitan -- principalmente las fibras intrafusales de saco nuclear (en esta se reúnen un número elevado de núcleos en un saco en la -- porción central de la zona receptora) y, cuando esto sucede la respuesta dinámica aumenta, mientras que la respuesta estática persiste muy débilmente o desaparece. Los gamma estáticos excitan principalmente las fibras intrafusales de cadena nuclear y, en este caso, aumenta la respuesta estática de tal manera que tiene muy poca influencia sobre la respuesta dinámica.

Organos tendinosos de golgi. Los órganos tendinosos de golgi, están en serie con las fibras musculares y sirven para inhi-

---

(38) Ibid.

bir las respuestas contráctiles generadas por el huso muscular. Cuando la tensión desarrollada en un tendón alcanza una magnitud peligrosa, la contracción muscular activa es automáticamente inhibida, de manera que la alteración de estos dos grupos asegura suavidad en la ejecución muscular. Así pues -- estos receptores tienen principalmente una función protectora, previniendo así la excesiva contracción del músculo, pero desempeñan también cierto papel en los movimientos naturales de los miembros, particularmente en la locomoción (39).

Las fibras de los órganos tendinosos de golgi son mielinizadas y de conducción rápida y se cree que terminan en la médula espinal sobre interneuronas inhibitorias (células de Renshaw) las cuales, a su vez, terminan directamente en motoneuronas del mismo músculo.

El proceso de contracción está determinado por las características anatomofuncionales de estos receptores. Cuando un receptor es activado por su estímulo descarga su potencial con una frecuencia directamente proporcional a la intensidad del estímulo. La coordinación de ambos y receptores permite mantener un grado constante de contracción muscular (tono muscular).

#### D) LA MEDULA ESPINAL

La médula espinal está localizada a lo largo del canal raquídeo y entre cada intersticio que queda entre vértebra y vértebra emite dos ramas arteriales (motoras) y dos ramas posteriores (sensoriales) que forman un ganglio localizado lateralmente. Las ramas de cada lado se unen y casi inmediatamente vuelven a dividirse en, por lo menos tres ramas que contienen

---

(39) ADAMS, R.V., "Degenerative disease of the nervous system". Principles of neurology. New York, McGraw Hill, 1985. p. 20.

tanto fibras motoras como sensoriales. Se forman así los nervios espinales o raquídeos que son de naturaleza mixta y que van a a inervar la piel y músculos esqueléticos de las extremidades, el tronco y el abdomen (40). Aunque los músculos son inervados el líneas generales según segmentos de la médula -- espinal, cada músculo grande viene a recibir inervación de -- dos o más raíces. En contraposición, un sólo nervio provee ha bitualmente la inervación motora completa de un músculo o gru po de músculos (41).

Los nervios espinales son 31: 8 pares cervicales, 12 intercos tales, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coxígeo. De los últimos cervi cales y los primeros dorsales se forma el plexo braquial, el cual inerva al miembro superior. Los lumbosacros forman el -- plexo lumbar que inerva la cadera y la porción baja del abdomen. Mediante el nervio ciático se inerva la extremidad inferior y los pares dorsales inervan la piel y la musculatura -- esquelética correspondiente al tórax (fig. 9).

Los principales tipos de neuronas que se encuentran en la médula espinal son las siguientes:

**Motoneuronas anteriores.** Se localizan en las astas anteriores de la sustancia gris de la médula y originan fibras nerviosas que abandonan la médula por las raíces anteriores y van a parar a los músculos para inervar las fibras musculares y esque léticas.

Se dividen en dos tipos (42):

- a) Motoneuronas alfa. Originan fibras nerviosas voluminosas - alfa de tipo A, pueden conducir impulsos a gran velocidad

(40) CONTRERAS, C., op. cit.

(41) ADAMS, op. cit.

(42) LOPEZ, L., op. cit.

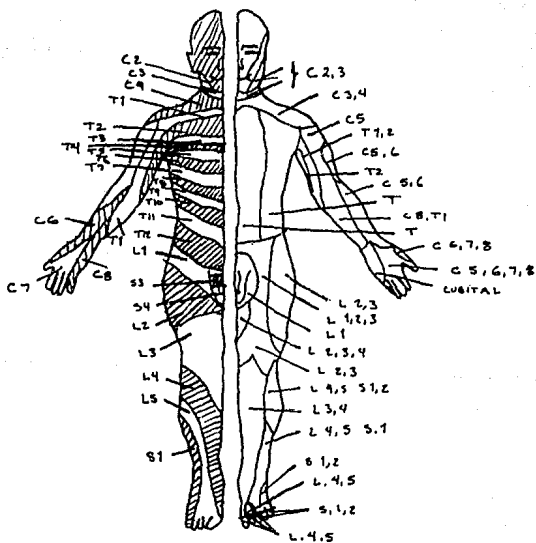


Fig. 9. INERVACION DE LOS NERVIOS ESPINALES



y terminan formando la UNM en las fibras extrafusales. Una sola fibra excita de 3 a 200 fibras musculares esqueléticas (UM) y controlan sus funciones contráctiles.

- b) Motoneuronas gamma. Son más pequeñas y existen en un número menor que las alfa y conducen impulsos a menor velocidad. También se localizan en las astas anteriores de la médula espinal, transmiten impulsos a través de fibras de tipo A gamma, para fibras musculares esqueléticas denominadas fibras intrafusales y forman parte del huso muscular. Llegan a cada extremo de las fibras intrafusales donde constituyen una unidad neuromuscular (UNM) a los lados del huso.

**Interneuronas.** Son neuronas de asociación que existen en todas las zonas de la sustancia gris medular; son muy numerosas (30 veces más que las motoneuronas mencionadas arriba), son pequeñas, muy excitables, muestran a menudo actividad espontánea y pueden descargar hasta 1,500 veces por segundo. Presentan muchas interconexiones unas con otras y con las motoneuronas anteriores, lo cual explica las funciones integradoras de la médula espinal. La mayor parte de las señales sensoriales que penetran en la médula son transmitidas primero a través de las células internunciales, donde son elaboradas adecuadamente antes de estimular a las motoneuronas anteriores.

**Células de Renshaw.** Se localizan en las astas anteriores de la médula espinal en estrecha relación con la motoneurona, son pequeñas y existen en un número elevado. Son células inhibitoras que transmiten sus señales hacia las motoneuronas vecinas.

El efecto inhibitor de las células de Renshaw es importante por dos motivos:

- 1o. Muestra que el sistema motor utiliza el principio de inhibición lateral para permitir la transmisión sin disminución de la señal primaria, suprimiendo la tendencia de -- las señales a difundirse a neuronas vecinas.
- 2o. La acetilcolina de la terminación nerviosa se muestra como uno de los transmisores excitadores del SNC que actúa de la misma manera como actúa una transmisión excitadora de la UNM.

**Neuronas sensoriales.** Son de tamaño mediano o pequeño y se relacionan con las fibras sensoriales que provienen del ganglio sensorial a través de una sinapsis. Sus axones se curvan hacia arriba y se dirigen hacia las porciones craneales del SN.

En la médula espinal se distingue la sustancia gris y la sustancia blanca. La sustancia gris está constituida por los --- cuerpos celulares arriba mencionados. Se puede dividir en:

- **Astas posteriores.** Reciben fibras que provienen del ganglio sensorial (lateral) y sus cuerpos neuronales se agrupan en dos conglomerados, el de la columna posterior y el núcleo - dorsalis.
- **Asta lateral.** Está formada por la columna de células intermedio-laterales que se relacionan con el ganglio autónomo.
- **Asta anterior.** Contiene a las motoneuronas que se agrupan - en dos columnas, la anteromedial y posteromedial.

La sustancia blanca medular está formada por las columnas relacionadas con la función sensoriomotriz:

- Su porción posterior está conformada por pocas columnas de axones que provienen de otros niveles.

- La porción lateral contiene las fibras que forman:

1. El haz rubroespinal.
2. El haz corticoespinal lateral.

- La porción anterior medular contiene:

1. El haz corticoespinal ventral.
2. El haz tactoespinal.
3. El haz vestibuloespinal.

- En el nivel cervical y dorsal se encuentra el haz retículo-espinal.

La médula espinal tiene como principal función la integración de los reflejos medulares. Los reflejos espinales son las unidades básicas en la organización del SN, estos se activan y mantienen mediante estímulos externos, los cuales inician millones de impulsos a cada instante. Estas unidades básicas -- sensoriomotrices continúan durante toda la vida como unidades de la función neurológica.

El efecto de la actividad de los centros más elevados es la modificación y regulación de la actividad de los reflejos espinales pero no su desplazamiento.

El arco reflejo típico está constituido por la neurona sensorial, una o más neuronas internunciales, una neurona motora - con un axón y bifurcaciones en la fibra muscular de la unidad motora y, por supuesto, la unidad motora efectora.

La señal sensitiva es conducida por las raíces posteriores ha

cia la médula espinal, en este punto pueden ocurrir dos cosas:

1. En el mismo segmento medular del nervio sensitivo termina en la sustancia gris y desencadena una respuesta segmentaria local que siempre es de naturaleza excitatoria.
2. Las señales viajan hacia niveles más altos de la médula -- espinal, hacia el tallo e incluso a la corteza cerebral. Esto es posible gracias a las conexiones multisegmentarias existentes. Más de la mitad de todas las fibras nerviosas que ascienden y descienden en la médula espinal son fibras propioespinales y son fibras que van de uno a otro segmento medular.

De acuerdo al número de sinapsis los movimientos reflejos se clasifican en:

- a) Monosinápticos (de una sinapsis). Intervienen únicamente - la neurona sensorial y la neurona motora, siempre es de -- naturaleza excitatoria y ocurre en un sólo segmento medu-- lar.
- b) Bisinápticos (de dos sinapsis). Entre la neurona sensorial y la motoneurona existe una pequeña célula (intercalar) -- que resulta ser inhibitoria sobre la motoneurona. Ocurren en un segmento de la médula espinal y reciben impulsos de otros niveles del SN, lo cual regula la intensidad de la - respuesta.
- c) Polisinápticos (muchas sinapsis). Son suprasegmentarios, - es decir, involucran a varios segmentos espinales (v. gr., los movimientos coordinados alternantes de la marcha).

La función de las neuronas internunciales es muy importante. Cuanto mayor sea el número de neuronas internunciales la tra-

yectoria será más lenta y más compleja. Estas neuronas tienen muchas sinapsis dendríticas para la excitación y muchas ramificaciones axonales para transmisión, gracias a lo cual es posible una regulación de los impulsos y provee un mecanismo -- para la reexcitación prolongada así como para el mantenimiento de un elevado nivel de actividad en todo momento en el SNC.

El nivel de actividad elevado es importante pues cada neurona alcanza su umbral de excitación sólo cuando se le estimula mediante una gran cantidad de estímulos excitadores. La cantidad de sinapsis excitadoras debe exceder a las inhibitoras para que se produzca un impulso sobre el axón.

El resultado neto de la continua entrada sensorial en el SNC es el establecimiento de una actividad continua de alto nivel en el grupo internuncial. A su vez, la actividad del grupo internuncial eleva el nivel de excitabilidad de las neuronas motoras. En el SNC se encuentra presente un mecanismo a través del cual la inhibición es adecuada para suprimir el nivel de excitación de cada neurona motora por debajo del umbral hasta que se requiera esa actividad (43).

En cuanto al papel de los reflejos en la coordinación normal de la motricidad hay ideas diferentes:

- a) Los reflejos son residuos de un SN anterior y ahora son -- redundantes debido a las trayectorias más directas que se han desarrollado desde el cerebro.
- b) Los reflejos actúan en una relación paralela a la coordinación motora superior, de modo que su iniciación puede facilitar y amplificar la magnitud de las respuestas voluntarias.

(43) KOTKE, F., Neurofisiología de la función motora. s. l. y s. f. p. 249.

c) Los reflejos forman las trayectorias básicas organizadas a nivel de la médula espinal, sin embargo se logra su regulación desde los centros más elevados mediante la excitación y la inhibición impuestas a estas trayectorias.

Para poder aceptar o descartar alguna de estas ideas es necesario tomar en cuenta también el papel de las estructuras supramedulares en la organización de los actos motores.

## E) PRINCIPALES VIAS MOTORAS

La regulación de los centros superiores sobre la médula espinal involucra básicamente dos aspectos: aliviar la inhibición o estimular la excitación. El control inhibitorio sobre los reflejos espinales es importante porque previene la actividad no deseada.

Respecto a cómo los centros más elevados regulan la función motora se ha postulado que dichos centros producen la acción motriz mediante la modificación de los centros inferiores -- para incrementar o disminuir su actuación. De acuerdo a ello los reflejos espinales brindan la base de toda función motora.

La interacción sensoriomotriz se produce con continuidad en el nivel más bajo del SN. Los reflejos espinales se mantienen en el nivel de actividad inmediatamente inferior al umbral mediante la inhibición supraespinal, de modo que los impulsos excitatorios de los centros supraespinales pueden actuar sobre ellos para producir movimientos.

La influencia de los centros superiores sobre la médula espinal se realiza a través de haces de fibras de origen diverso, a continuación se describen brevemente las principales.

**Vía corticoespinal (piramidal).** Esta vía conduce impulsos desde la corteza cerebral hasta las motoneuronas del tallo cerebral y la médula espinal, sobre las cuales tiene efecto mediante las interneuronas. Por este sistema también cruzan fibras ascendentes, probablemente de origen medular, que se dirigen al puente o a niveles más altos (fig. 10).

**Origen.** Proviene de diferentes zonas de la corteza cerebral. Un componente muy importante se origina en las áreas centrales:

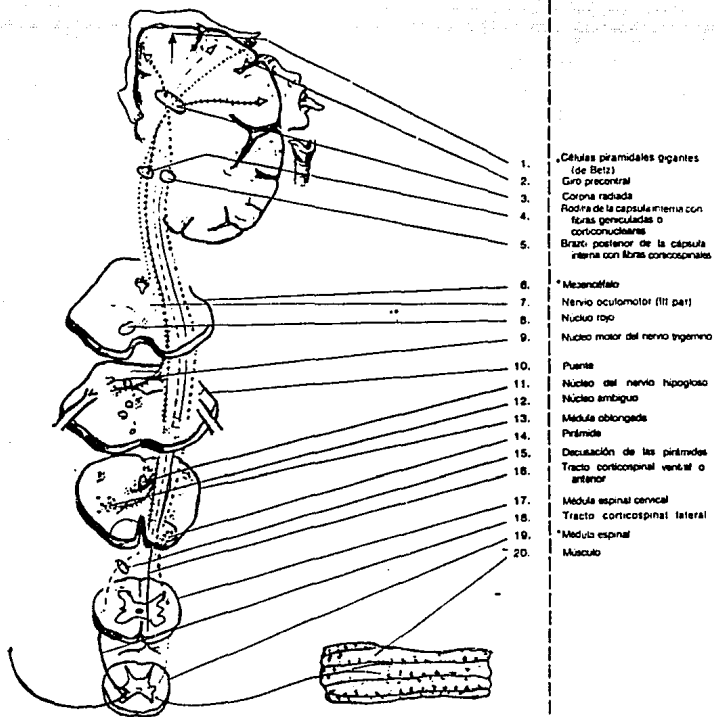
- De la precentral. áreas 4, 6 y campos frontales que corresponden a los ojos.
- De la poscentral. área 3, 1 y 2 (primarias) y parte de la 5 y la 7 (secundarias).
- Probablemente también de la corteza temporal y occipital.

Respecto a la idea de que el origen de esta vía se localiza en las células gigantes de Betz hay datos que evidencian que solamente del 2.5 al 3.5% de las fibras que se encuentran en las pirámides provienen de ahí; el resto está constituido por axones de células piramidales de menor tamaño y del aporte de la corteza temporal y occipital.

Lo anterior sugiere que la función de la vía corticoespinal no consiste solamente en conducir impulsos que finalmente van a activar las motoneuronas del tallo cerebral y médula espinal, sino que puede tener influencia sobre otros grupos neuronales de distinta significación funcional (44).

---

(44) Ibid., p. 250.



1. Células piramidales gigantes (de Betz)
2. Giro precentral
3. Corona radiada
4. Rodna de la capsula interna con fibras geniculadas o corticonucleares
5. Brazo posterior de la capsula interna con fibras corticonucleares
6. \*Mesencéfalo
7. Nervio oculomotor (III par)
8. Nucleo rojo
9. Nucleo mayor del nervio trigémo
10. Puente
11. Nucleo del nervio hipogloso
12. Nucleo ambiguo
13. Médula oblongada
14. Pirámide
15. Decusación de las pirámides
16. Tracto corticospinal ventral o anterior
17. Médula espinal cervical
18. Tracto corticospinal lateral
19. \*Medula espinal
20. Músculo

Fig. 10. Vía Corticoespinal.

FUENTE: MOYER, K.E. . op. cit. p. 107.



**Trayecto.** De la corteza cerebral atravieza por sustancia blanca hasta cápsula interna en donde parece tener una somatotopía definida, de ahí pasa al mesencéfalo donde se le encuentra en la base del pedúnculo cerebral. En el puente desciende por la porción basilar y ahí son disociadas (aquí también se ha postulado la existencia de una determinada somatotopía). En el bulbo ocupa la pirámide hasta el límite con la médula, lugar en el cual ocurre la decusación de gran parte de las fibras de esta vía.

Entre el 70 y 90% de las fibras pasan al lado opuesto en la decusación piramidal, descendiendo por el cordón lateral de la médula y formando el haz corticoespinal lateral. Otra parte de las fibras no se cruzan, sino que descienden directamente a la porción medular del mismo lado en el que se originan formando así el haz corticoespinal ventral, al llegar a nivel de los segmentos torácicos de la médula se cruzan al lado opuesto del que descendieron. Un contingente más de las fibras no se cruza a ningún nivel, sino que descienden por el mismo lado constituyendo el haz ventrolateral.

La porción de fibras cruzadas y no cruzadas varía de una persona a otra, tal diferencia podría explicar un mayor o menor grado de parálisis como consecuencia de un daño cerebral del mismo modo que diferentes posibilidades de recuperación (45).

Las fibras corticoespinales terminan en la interneuronas situadas en la proximidad de los núcleos sobre los que ejerce influencia. Las fibras que provienen de la corteza somatosensorial transmiten impulsos que probablemente modulan la información sensorial que está llegando a los núcleos aferentes del tallo cerebral y al asta dorsal de la médula. Las que pro

---

(45) ADAMS, op. cit.

ceden del área motora ejercen influencia sobre las motoneuronas de la formación reticular y de la parte intermedia de la sustancia gris medular (46). Sólo una pequeña parte de estas fibras establece conexiones sinápticas directas con las grandes neuronas motoras del asta anterior.

**Funciones.** Tiene básicamente dos tipos de función:

1. Motora. Se considera en relación con el movimiento voluntario; esto es apoyado tanto por su origen en la corteza cerebral como por las consecuencias que siguen a su estimulación y a su lesión. A través de la estimulación de puntos específicos en las zonas primarias de los analizadores motor y sensitivo Penfield estableció la existencia de una somatotopía definida (fig. 7); los movimientos evocados -- son contralaterales, especialmente en las extremidades, -- pero pueden ser también bilaterales (v. gr., los movimientos del tronco, paladar y laringe). La estimulación de la zona primaria motora de la corteza no produce movimientos coordinados, solamente la activación de músculos sinergistas, es decir, no ocurren modelos motores que expresen la destreza que caracteriza a las acciones propositivas es necesario entonces recurrir al estudio de las demás zonas -- corticales (vid. infra. III.F). Variando los parámetros de estimulación (intensidad y frecuencia pueden producirse movimientos en varios grupos musculares desde el mismo punto cortical o, también, el mismo movimiento puede ser obtenido estimulando puntos corticales diferentes. Esto parece -- indicar que en estas zonas existen neuronas de umbral bajo, las mismas que al ser excitadas influyen a motoneuronas distintas de aquellas relacionadas con el punto en cuestión, por otro lado, se puede decir que en la corteza hay

(46) LÓPEZ, L., op. cit.

una participación de variadas zonas en la organización de los movimientos corporales (47). Luria en sus estudios neuronográficos muestra datos acerca de la estimulación de la corteza y su difusión a otras zonas (48).

2. Sensorial. A través de las fibras corticoespinales las -- áreas sensomotoras de la corteza ejercen una acción moduladora sobre la información sensorial que están recibiendo -- los centros. Estos efectos reguladores forman parte de los mecanismos que discriminan la información sensorial que -- llegará a la corteza. Se trata de un sistema de selección de señales, el cual se efectúa a distintos niveles del SN, desempeñando la corteza un papel fundamental, pues de -- acuerdo a los objetivos planteados en la actividad, facilita la entrada de información significativa y margina la -- que no lo es. Tal sistema constituye, según Hernández Peón, la base de la atención (49).

**Vía rubroespinal. Origen.** Tiene su inicio en el núcleo rojo.

**Trayecto.** Del núcleo rojo pasan al lado opuesto en la decusación tegmental ventral y descienden por el tallo cerebral hasta la médula espinal. En esta última ocupan el cordón lateral y alcanzan los niveles lumbosacros.

La vía rubroespinal termina en las mismas láminas que en el haz cortoespinal de tal manera que las influencias de las dos vías parecen converger sobre los mismos grupos de interneuronas. Se ha demostrado una distribución somatotópica de las fibras de esta vía a nivel del núcleo rojo, de modo que ciertos grupos celulares descargan impulsos a determinados niveles medulares (50).

---

(47) *Ibid.*

(48) LURIA, A., 1985, *op. cit.* p. 87.

(49) En LOPEZ, A., *op. cit.*

(50) *Ibid.*

**Función.** Al igual que el sistema corticoespinal este sistema tiene acción activadora sobre las motoneuronas flexoras e inhibitoras sobre las extensoras. En base a ello se postula que la vía rubroespinal junto con la corticoespinal conforman un gran sistema involucrado sobre todo en la coordinación de los músculos distales para los movimientos delicados y finamente diferenciados.

**Vía vestibuloespinal. Origen.** Se inicia en los núcleos vestibulares lateral y medial y, de acuerdo a ello, está constituido por el haz vestibuloespinal lateral y el medial.

**Haz vestibuloespinal lateral.** Está formado por axones de células grandes y pequeñas del núcleo de Deiters, desciende ipsilateralmente hasta la médula espinal donde cruza por el cordón ventrolateral hasta los niveles lumbosacros en las láminas VII y VIII. Recibe impulsos, en su origen, de la porción vermiciana del cerebelo, del núcleo fastigiado y de la parte vestibular del cerebelo.

**Función.** Ejerce una acción facilitadora sobre las motoneuronas extensoras o inhibitora sobre las flexoras. Posiblemente ejerza acción excitadora sobre las neuronas gamma. Su función principal por tanto es mantener activados los músculos extensores, es decir, que se oponen a la acción de gravedad e intervienen en el mantenimiento de la postura.

**Haz vestibuloespinal medial.** Desciende incorporando al fascículo longitudinal medial de ambos lados, debido a que algunas de sus fibras son cruzadas, hasta llegar a los niveles torácicos de la médula en donde forma parte del haz supramarginal. Termina quizá en el mismo sitio que el haz lateral.

**Función.** Tiene influencia sobre las neuronas que inervan el cuello, miembro superior y parte alta del tórax en respuesta

**Función.** Al igual que el sistema corticoespinal este sistema tiene acción activadora sobre las motoneuronas flexoras e inhibitoras sobre las extensoras. En base a ello se postula que la vía rubroespinal junto con la corticoespinal conforman un gran sistema involucrado sobre todo en la coordinación de los músculos distales para los movimientos delicados y finamente diferenciados.

**Vía vestibuloespinal. Origen.** Se inicia en los núcleos vestibulares lateral y medial y, de acuerdo a ello, está constituido por el haz vestibuloespinal lateral y el medial.

**Haz vestibuloespinal lateral.** Está formado por axones de células grandes y pequeñas del núcleo de Deiters, desciende ipsilateralmente hasta la médula espinal donde cruza por el cordón ventrolateral hasta los niveles lumbosacros en las láminas VII y VIII. Recibe impulsos, en su origen, de la porción vermiciana del cerebelo, del núcleo fastigiado y de la parte vestibular del cerebelo.

**Función.** Ejerce una acción facilitadora sobre las motoneuronas extensoras e inhibitora sobre las flexoras. Posiblemente ejerza acción excitadora sobre las neuronas gamma. Su función principal por tanto es mantener activados los músculos extensores, es decir, que se oponen a la acción de gravedad e intervienen en el mantenimiento de la postura.

**Haz vestibuloespinal medial.** Desciende incorporando al fascículo longitudinal medial de ambos lados, debido a que algunas de sus fibras son cruzadas, hasta llegar a los niveles torácicos de la médula en donde forma parte del haz supramarginal. Termina quizá en el mismo sitio que el haz lateral.

**Función.** Tiene influencia sobre las neuronas que inervan el cuello, miembro superior y parte alta del tórax en respuesta

a estímulos vestibulares. Quizá intervenga en el control de los movimientos de la cabeza y el miembro superior.

**Vía retículoespinal. Origen.** Se inicia en las neuronas de la formación reticular y a través de ellas ejerce influencia tanto sobre neuronas eferentes viscerales como aferentes somáticas.

**Función.** La formación reticular actúa sobre las motoneuronas alfa y gamma mediante fibras que se originan en células gigantes de dicha estructura en los niveles pontino y bulbar, descendiendo tanto ipsi como contralateralmente a la médula espinal.

Los efectos que ejerce sobre la médula espinal pueden ser de dos tipos:

1. **Inhibidores.** La activación de la zona supresora de la parte medial de la formación reticular bulbar produce inhibición de la respuesta corticalmente inducida, de la actividad refleja medular y del tono.
2. **Facilitadores.** La estimulación de la zona facilitadora en la parte lateral del bulbo y puente produce la facilitación de la respuesta cortical, la actividad refleja y del tono.

La acción de esta vía sobre las motoneuronas gamma es predominantemente excitadora, aunque también puede ser inhibidora, manteniendo por ello activados los husos musculares y, por tanto, el tono muscular. Sobre las motoneuronas alfa su acción puede ser inhibidora o facilitadora.

Tanto las zonas inhibitoras como las excitadoras de esta vía están bajo la influencia de la corteza, de la cual parte un contingente de fibras corticoreticulares derivadas de las --

zonas centrales. Además la corteza actúa también sobre la información sensorial a través de la formación reticular.

**Vía tactoespinal. Origen.** El tectum (específicamente del colículo superior).

**Trayecto.** Del tectum rodea la sustancia gris periacueductal - pasan al lado opuesto en la decusación tegmental dorsal y --- desciende por formación reticular de tallo cerebral hasta la médula espinal y termina en los niveles cervicales en las láminas VI y VII.

**Función.** Se supone que constituye una vía a través de la cual el tectum (o mesencéfalo) controla los movimientos de la cabeza y miembro superior en relación con los reflejos que se integran a nivel tectal.

Las vías someramente descritas arriba son las más importantes que ejercen influencia sobre la médula espinal, así que no se debe sobreestimar el papel de la vía piramidal y subestimar - el de las vías extrapiramidales (v.gr., no piramidales), el control sobre una amplia gama de movimientos voluntarios depende, al menos en parte, de estas últimas vías (51). Los haces vestibuloespinal, reticuloespinal y tactoespinal conforman un sistema subcortical a través del cual diferentes niveles de los centros actúan sobre la vía final común para integrar respuestas en relación con el mantenimiento y regulación del tono y con reflejos que implican movimientos de cabeza, - miembro superior y tronco en respuesta a diferentes tipos de información: propioceptiva, visual, auditiva, etc. (52).

(51) ADAMS., op. cit.

(52) LOPEZ, I., op. cit.

## F) LA CORTEZA CEREBRAL.

Respecto al papel específico de la corteza cerebral en la regulación y coordinación de las estructuras inferiores hay varias hipótesis. La suposición más convencional y simplista -- postula que la coordinación muscular voluntaria se inicia en la corteza motora y se transmite mediante axones ininterrumpidos que cruzan las pirámides medulares, a las sinapsis en las neuronas motoras y provee una conexión directa para el control de cada uno de los músculos. Es decir, la regulación es ejercida por el sistema piramidal, entendido éste como el contingente de fibras que inicia en las células gigantes de Betz de las zonas motoras primarias. Tal hipótesis es simplista -- puesto que tal vía está conformada por fibras de distinto origen (vid. supra., III.E), por otro lado, el control sobre los movimientos no se puede dar sólo como respuesta a la coordinación de los "puntos" que corresponden a cada músculo (53).

Algunos textos de fisiología postulan que los movimientos se originan en una zona limitada de la corteza y que cada movimiento se codifica en la corteza como un patrón de los impulsos nerviosos transmitidos a través del sistema corticoespinal a las neuronas motoras adecuadas para producir el patrón-motor deseado. Sobre esta hipótesis es también válida la argumentación hecha sobre la primera, es una idea simplista puesto que los patrones de movimiento no están así programados en la corteza esperando a ser "llamados". Lo anterior es confirmado por lo que ya se mencionaba en relación a que la estimulación de limitadas zonas de la corteza nunca produce movimientos coordinados sino solamente la activación de músculos sinérgicos, es decir, no ocurren modelos motores que expresen la destreza que caracteriza a las acciones propositivas (loc. cit., III. E).

(53) KOTKE, F., op.cit. p. 250.



Otra hipótesis similar señala que las estructuras subcorticales en el ganglio base, en el tálamo y en el ganglio del tronco cerebral actúan como organizadores e integradores para combinar las relaciones sensoriomotrices que se almacenan en la corteza en patrones coordinados.

Una idea más aceptable explica que el "nivel de salida" hacia los efectores está sujeto a una modulación central a nivel de la corteza que "selecciona" los impulsos que en un momento dado ocupan la vía final común, de tal manera que hay una regulación y coordinación tanto sensorial como motriz, que conforma un sistema funcional único que integra los actos motores - en el espacio y el tiempo (54).

Lo importante ahora es saber como es realizada esa regulación de la corteza hacia los sistemas efectores. Según F. Kotke -- ésta se alcanza mediante la modificación de la actividad supraespinial o espinal a través de varios mecanismos (55).

1. La desinhibición o inhibición de la inhibición supraespinial, alivia la actividad del reflejo espinal de modo que se produzca el movimiento.
2. La inhibición de la excitación supraespinial disminuye la actividad del reflejo espinal y de la respuesta motora.
3. La excitación de la inhibición supraespinial disminuye la actividad del reflejo y de la respuesta motora.
4. La excitación de la excitación supraespinial aumenta la actividad del reflejo espinal y de la respuesta motora.

(54) LOPEZ, L., op. cit.

(55) KOTKE, F., op. cit., pp. 280 y 281.

Estas cuatro trayectorias están integradas todas a través del ganglio basal del cerebro y del núcleo del tronco cerebral a través del sistema extrapiramidal. Los engramas de la actividad se establecen mediante este mecanismo de integración de los componentes de excitación e inhibición(56).

Los engramas motores se pueden desarrollar y tornar automáticos mediante repeticiones, de modo que no requieren monitoreo consciente; esto es posible gracias al sistema extrapiramidal el cual se encarga de excitar reiteradamente la actividad deseada que está siendo programada en el transcurso del desarrollo. Los engramas motores automáticos son base de la formación de los hábitos motores y éstos a su vez son los componentes elementales sobre los cuales se desarrollan las acciones motoras mucho más complejas.

En el niño primero se programan patrones simples y, a medida que ellos se perfeccionan mediante la repetición de las unidades del engrama, se combinan o encadenan formando patrones más complejos.

Sin embargo, el establecimiento de los engramas a volverse automáticos depende, más que de la simple repetición, del entendimiento de la tarea y su ubicación dentro del acto voluntario. La mejora de un hábito motor se comprueba tras de 10 a 100 repeticiones, rara vez tras varios cientos de miles.

El comienzo pues del establecimiento del engrama tiene como base la facilitación de la actividad refleja específica por el sistema piramidal hasta que comience a desarrollar el extrapiramidal (automatizar). Cuando los engramas están "establecidos" el sistema piramidal puede imponer modificaciones en

---

(56) Ibid., p. 281.

la trayectoria simple.

La iniciación de la función neuromuscular automatizada así -- como su coordinación está a cargo de las zonas subcorticales del cerebro anterior, más que de alguna zona de la corteza -- cerebral; se puede extirpar cualquier zona sin suprimir tales funciones. No existe ningún centro de la corteza que cuando -- se le estimule produzca una acción muy coordinada de un patrón neuromuscular, lo que se obtiene es una excitación relativamente primitiva de reflejos espinales y supraespinales, -- por tanto, la coordinación neuromuscular directa como tal no es una función localizada en las neuronas de la corteza cerebral.

Penfiel descubrió que las estructuras del cerebro anterior -- del tálamo, del ganglio base e hipotálamo emanan impulsos que activan las asociaciones de la corteza sensoriomotriz para -- producir una actividad coordinada a través de la función de -- la integración del ganglio del tronco cerebral.

El papel de la corteza cerebral, sin embargo es de mucha importancia, si bien, no se encarga directamente de organizar -- como tal la actividad neuromuscular es la base de los actos -- voluntarios y conscientes altamente complejos. La zona 4 de -- Broodman (fig. 5) controla las unidades motoras simples, control es entendido como la activación de tales unidades en respuesta a la excitación producida a partir de la formación de intenciones y programas de acción consciente y voluntarias, -- lo cual es posible gracias a la acción coordinada de distintas zonas corticales (vid. supra., cap. II). La volición se -- requiere para excitar, mantener e interrumpir la actividad -- coordinada, aunque los elementos individuales de esta actividad no se monitoreen conscientemente.

En el establecimiento de los engramas y su automatización es

muy importante la inhibición de aquellos músculos que no deb--  
ben activarse. La capacidad de inhibición aumenta con la prác--  
tica continua adecuada, creándose así las condiciones para --  
después producir un engrama más veloz, resistente y complejo  
sin irradiación de la excitación hacia los músculos que no se  
deben activar.

En la actividad normal la atención se centra en el movedor --  
principal o acto central, teniendo sus elementos (hábitos mo--  
tores base) variedades de actuación casi infinitas. Tal liber--  
tad y variedad de actuación sin monitoreo consciente es posi--  
ble entre otras cosas gracias a un sistema de retroacción sen--  
sorial. Parece ser que la trayectoria principal de tal siste--  
ma es la vía espinocerebral. El elemento más importante aquí  
es la propiocepción de las terminaciones: las modificaciones  
y movimientos pequeños en la tensión de las articulaciones -  
produce la retroacción, una "consciencia" de la relación en--  
tre la activación de la trayectoria corticoespinal y de las -  
respuestas obtenidas.

A medida que los patrones de actividad evolucionen la retro--  
acción informa con mayor exactitud sobre la realización de --  
los mismos. Esto sienta las bases para poder corregir los ---  
errores que se produzcan, la integración sensoriomotriz auto--  
mática proporciona el mantenimiento automático de los patro--  
nes.

Hay una interacción entre el cerebro y ganglios basales para  
adaptarse automáticamente a los errores de actuación sin que  
se tome consciencia de ello. Podría afirmarse que este es un  
sistema de economía psíquica importante puesto que el control  
consciente se reduce al mínimo. Conscientemente podemos aten--  
der sólo a una actividad, una posición, un movimiento e inclu--  
so a veces un movimiento por vez y distraer nuestra atención -  
sólo dos o tres veces por segundo. Cuando se monitorean cons--

cientemente los componentes esa actividad se aminora para permitir que la atención se desplace de un componente a otro.

El tiempo de respuesta más rápido de un estímulo a los patrones de la actividad integrados en engramas es de 100 a 150 miliseg., sin embargo, el máximo valor del mecanismo del engrama extrapiramidal es que los múltiples canales se pueden utilizar simultáneamente de modo que se puedan llevar a cabo realizaciones complejas de engramas de entrenamiento.

El monitoreo consciente de los engramas no consiste en la atención directa a cada uno de ellos, sino a un reconocimiento retrospectivo de los errores dependiente de los objetivos de la actividad como un todo en relación a la evaluación de cómo los actos complejos (compuestos de engramas) van conduciendo o no al logro del objetivo propuesto.

La corteza cerebral en vez de ser el tablero en donde se inician todos los patrones de actividad que se producen en las funciones coordinadas es, más bien, un órgano complejo en donde se integran y regulan las asociaciones de distintos analizadores cada uno de los cuales juega un papel específico en la actividad; su base lo son las conexiones temporales que se van formando a través de la historia de los individuos y que están determinadas socialmente.

C A P I T U L O   I V

LA HEMIPLEJIA

## LA HEMIPLEJIA

### A) TRASTORNOS DEL MOVIMIENTO VOLUNTARIO

El movimiento voluntario se puede ver afectado en alguno o algunos de sus eslabones, pero tal afectación siempre se manifiesta en el componente efector del proceso, esto es, en el trabajo de los órganos musculares.

El desempeño de los músculos se puede ver afectado básicamente de las siguientes formas:

**Parálisis:** Se refiere a la abolición de una función, sea sensitiva o motora. En una función motora significa pérdida del movimiento voluntario debido a la interrupción de las vías motoras que van de la médula al cerebro o de este a la fibra muscular. La parálisis puede ser espástica o flácida. La espástica se caracteriza por un tono muscular excesivo (hipertonía), aumento de reflejos espinales (hiperreflexia), contracción fuerte e involuntaria de un músculo o grupo de músculos y ausencia de reflejos superficiales (cremasteriano y abdominal). La parálisis flácida se caracteriza por tono muscular disminuido o ausente (atonía) y ausencia de reflejos (arreflexia).

**Paresia:** Es un grado menor de parálisis o pérdida leve de la función motora, está generalmente asociada a trastornos sensitivos.

**Apraxia:** Hay una pérdida o deterioro del movimiento intencional de los miembros, pese a la conservación de la motilidad, de la comprensión del paciente y el reconocimiento de la significación de los objetos. Los movimientos que no puede ejecutar cuando se le ordena, puede ejecutarlos en otras circuns-

tancias.

La alteración del eslabón específico depende de la estructura afectada. Así, la actividad muscular puede estar trastornada a causa de (57):

1. Trastornos primarios del músculo.
2. Alteraciones corporales generales que afectan los músculos.
3. Trastornos que afectan la unión neuromuscular.
4. Trastornos de los nervios periféricos.
5. Trastornos del sistema nervioso central.
  - a. A nivel de médula espinal.
  - b. A nivel de subcorteza.
  - c. A nivel de corteza cerebral.
6. Alteraciones corporales generales que pueden afectar nervios periféricos, SNC o ambos.

Para los objetivos de este trabajo interesan especialmente -- las alteraciones producidas por afectaciones en el SNC, pero, aún dentro de éstas se dan diferentes tipos de cuadros dependiendo de la estructura específica que esté dañada. De manera general en la literatura sobre neurología se habla de dos tipos básicos de trastornos (58):

1. Los de la motoneurona inferior (vid. supra., cap. III). --  
Producidos por la interrupción fisiológica o la destruc-

(57) MACBRYDE, M., Signos y síntomas. Ed. Interamericana, México 1984. p. 682.

(58) ADAMS, R. V., Degenerative disease of the nervous system. Principles of Neurology. New York, McGraw-Hill, 1985. p. 29.



ción de las células del asta medular anterior o de sus axones en los nervios y raíces que inervan a las fibras musculares estriadas. La distribución de los trastornos motores depende de los músculos o grupos musculares cuya inervación se haya afectada. Si sólo es afectada la porción de las unidades motoras que inervan al músculo, sobrevendrá una parálisis parcial. La atrofia será menor y los reflejos tendinosos se debilitarán pero sin abolirse del todo y puede no obtenerse la reacción degenerativa. La preservación de los reflejos tendinosos y de la espasticidad de los músculos debilitados por la lesión medular apuntan a la integridad de los segmentos que se hallan por debajo del nivel de la lesión.

Si se destruyen todas o prácticamente todas las fibras motoras que inervan al músculo todos los reflejos posturales y voluntarios que efectúa ese músculo quedan abolidas.

En este último caso se dá el síndrome de la motoneurona inferior el cual se manifiesta por:

- a) Parálisis de tipo flácida para todo tipo de movimientos.
- b) Hipotonía. Se explica por el bloqueo que los impulsos que las neuronas gamma envían a los husos musculares, interrumpiéndose así el arco que mantiene la información propioceptiva que se utiliza para la integración del tono muscular.
- c) Abolición de los reflejos ósteotendinosos y cutáneos. - Se explica porque está lesionado el brazo eferente de la reacción motora.
- d) Atrofia o desgaste muscular que se desarrolla paulatinamente debido a su falta de uso. El volumen del músculo

se reduce al 30% del original en tres meses aproximadamente.

- e) Reacción de degeneración. Hay disminución de respuesta a la corriente galvánica y, en casos de degeneración completa, hay además ausencia de respuesta.

La etiología de este tipo de trastornos es variada:

- Traumatismos.
- Presencia de toxinas.
- Infecciones.
- Padecimientos vasculares.
- Procesos degenerativos.
- Neoplasmas o malformaciones congénitas.

2. **Trastornos de la motoneurona superior (59).** Son producidos por lesiones en las motoneuronas ubicadas por encima del nivel medular, incluyendo al tallo cerebral. La distribución de las parálisis en este caso varían en dependencia de la localización específica de la lesión. Sin embargo, ciertos aspectos son característicos:

- a) Siempre aparece comprometido un grupo muscular, nunca músculos individuales o aislados y, si es posible que se mantenga algún movimiento, se mantienen preservadas primariamente las relaciones más adecuadas entre los músculos agonistas y antagonistas, sinergistas y fijados.
- b) La parálisis nunca afecta a todos los músculos de un lado del cuerpo, ni siquiera en la hemiplejía por lesión capsular. Los movimientos que son bilaterales se ven --

(59) Ibid., pp. 32, 33.

poco o nada afectados.

- c) Rara vez la parálisis es completa durante cualquier largo período de tiempo.
- d) Se caracteriza por la presencia de movimientos residuales (v. gr., sincinecias, movimientos repentinos al bostezar o al despertar, etc.)
- e) Los esfuerzos del paciente por mover los miembros afectados pueden dar lugar a una variedad de movimientos -- asociados.
- f) El movimiento voluntario del miembro normal puede evocar movimientos imitativos del miembro parésico.

La etiología de tales alteraciones puede ser:

- Traumatismo cerebral.
- Accidente cerebrovascular.
- Enfermedades degenerativas.

De acuerdo a los miembros involucrados, las alteraciones del movimiento se pueden clasificar en:

**HEMIPLEJIA.** Consisten en la parálisis (flácida o espástica) - de un lado del cuerpo y sus dos extremidades, limitada por su línea media ventral y dorsal. Generalmente la hemiplejía se - asocia al síndrome piramidal puro, sin embargo, ello es cuestionable debido a que el sistema corticoespinal involucra a - otras estructuras nerviosas además del área piramidal (vid. - supra., cap. III). El tipo de lesiones que produce la hemiplejía pueden ocurrir en diversas estructuras nerviosas. Cuando ocurre en la corteza cerebral involucra en mayor o menor medida alteraciones sensoriales. Cuando ocurre en cápsula interna siempre hay compromiso sensorial y puede afectar también a

la audición y a la visión. Cuando la lesión se ubica en la -- porción central de la pedúnculos cerebrales se puede producir una hemiplejía sin alteraciones sensitivas y sin compromiso - de nervios craneales. Las lesiones de las porciones basales - de la protuberancia pueden dar muy pocos síntomas, a no ser - que la lesión sea muy extendida porque entonces puede alcan-- zar a los haces corticoespinales diseminados (fig. 11).

**MONOPLEJIA.** Parálisis o paresia de un sólo miembro, ya sea -- brazo o pierna. La denominación no debe aplicarse a las pará-- lisis de músculos individuales o de grupos musculares inerva-- dos por un sólo nervio o raíz motora (fig. 12.a).

**PARAPLEJIA.** Es una parálisis o debilidad simétrica de ambas - extremidades inferiores. Es más frecuente en las enfermedades de la médula espinal (fig. 12.b).

**CUADRIPLÉJIA O TETRAPLÉJIA.** Es la parálisis o debilidad de -- las cuatro extremidades. Puede ser resultado de lesiones que afectan a los nervios periféricos, la sustancia gris medular o la motoneurona superior bilateral en la médula cervical, el tronco cerebral o el cerebro (fig. 12.c).

**HEMIPLÉJIA ALTERNA.** Es una parálisis o paresia cruzada debida a la afectación de uno o más pares craneales. Un ejemplo de esta es la hipoglóstica producida por una lesión en la superficie del bulbo, o dentro de él, comprometiéndose las fibras eferentes del nervio XII y las pirámides. Se manifiesta en -- este caso una parálisis de la lengua del lado afectado ya que su musculatura es privada de innervación, así cuando sale la - lengua apunta hacia el lado de la lesión y, debido a la inclu-- sión de las pirámides en la lesión por encima de la decusa-- ción, ocurrirá una parálisis espástica de los músculos opues--

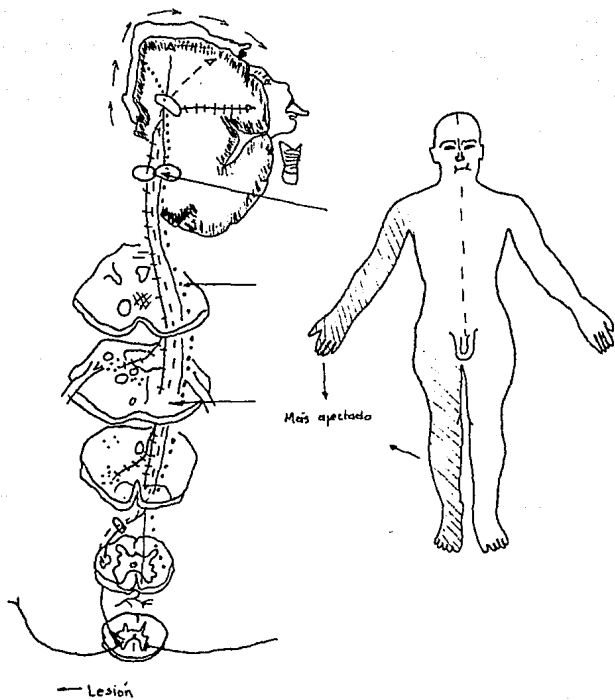
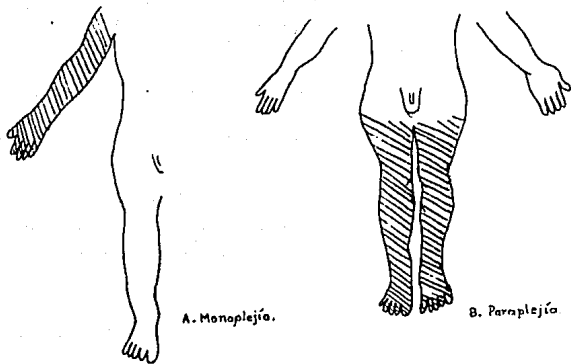
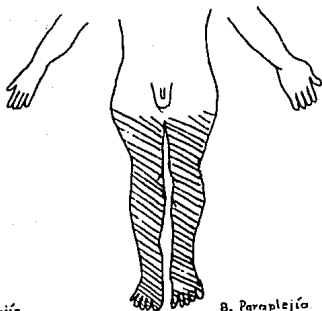


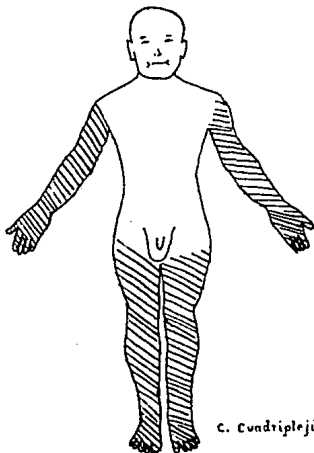
Fig. 11. LA HEMIPLEJIA.



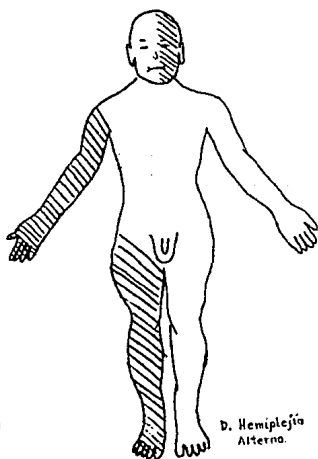
A. Monoplejía.



B. Paraplejía



C. Cuadriplejía



D. Hemiplejía Alterná.

FIG. 11. Parálisis por apoplejía.

tos del cuerpo (60) (fig. 12.d).

Nos interesan sobre todo las alteraciones producidas por lesión en la corteza cerebral debido a la relación directa que guardan con las alteraciones de los procesos psíquicos superiores. Así tomemos como ejemplo la hemiplejía para tratar de armentar en capítulos posteriores como el proceso de rehabilitación del movimiento voluntario puede ser enfocado considerando los avances de varias disciplinas, entre ellas la psicología.

## B) LA HEMIPLEJIA

Como ya se mencionaba la hemiplejía es la parálisis de las -- dos extremidades (superior e inferior) de una lado del cuerpo (fig. 11). Aparece como secuela de un daño neurológico que se puede localizar a diferentes niveles del SNC (61):

1. En la corteza cerebral.
2. En la cápsula interna.
3. En el pedúnculo cerebral.
4. En las porciones basales de la protuberancia.

El carácter específico de las alteraciones hemipléjicas varía en dependencia de la estructura nerviosa dañada, la extensión del área involucrada, el tiempo que haya transcurrido a partir de la presentación de la lesión, incluso de las diferencias individuales, entre otros factores.

En referencia a lo anterior Swenson plantea que la gravedad - de la apoplejía depende principalmente de cinco factores (62):

(60) LAWRENCE, H. E., et. al., Neurociencias. Enfoque sistemático. México, 1982. McGraw-Hill p.376.

(61) ADAMS, R., op. cit., p. 38.

(62) SWENSON, J.R., "Ejercicios terapéuticos en la hemiplejía". En: Basmajian, J.V., Terapéutica por el ejercicio. 3a.ed. Ed. Panamericana, Buenos Aires. 1982. pp.263 y 264.

1. La causa de la apoplejía y su permanencia, es decir, de -- cuanto tiempo transcurre antes de que pueda tener lugar -- una recuperación total o parcial.
2. La localización de la apoplejía. Cuáles son las estructu-- ras neurales afectadas y qué tan extendida se encuentra -- pues de ello depende el complejo sintomático que se presen-- ta y en general el estado físico del paciente.
3. La cantidad de tejido cerebral afectado. En algunas locali-- zaciones de gran daño tisular ocasiona pocas alteraciones funcionales y. en otras pequeñas lesiones se produce un -- gran daño funcional. A menudo el gran daño cerebral orgáni-- co y de deterioro de las funciones intelectuales superio-- res resulta más importante que el grado de parálisis mo-- triz.
4. El estado de salud del paciente antes de la apoplejía. Se podría esperar un mejor pronóstico en un joven paciente -- cardíaco con una apoplejía embólica que en un paciente de 68 años con una enfermedad cerebrovascular difusa que ocasiona la oclusión de la arteria cerebral media.
5. El número y el tipo de complicaciones que se presenten des-- pués del comienzo de la alteración, lo cual está vinculado con el nivel de atención de un paciente y, en general, de cómo se vean afectados los procesos mentales.

A pesar de todas las diferencias que se puedan presentar es -- posible hacer una descripción general de las características del paciente hemipléjico. Generalmente se presenta espasticidad, es decir, un tono muscular excesivo y aumento de los reflejos espinales. La espasticidad se dá principalmente en los grupos de músculos antigravedad (flexores del brazo y extensores de las piernas). Los reflejos tendinosos se encuentran --



generalmente exagerados.

La hemiplejía espástica frecuentemente está asociada a una lesión capsular.

El brazo tiende a asumir su posición flexionada y en pronación y la pierna se muestra en extensión y aducción. En reposo los músculos aparecen flácidos y electromiográficamente mudos. Si se extiende el brazo o se flexiona la pierna muy lentamente, puede haber poco o ningún cambio en el tono muscular, en cambio, si se fuerza a estos músculos más rápidamente, después de un breve intervalo sin respuesta viene un brusco impedimento seguido de un rápido aumento de la resistencia hasta un determinado punto. Luego, mientras continua la extensión pasiva, la resistencia se desvanece (63).

Pero no todas las hemiplejías de origen cerebral van asociadas a una forma tan pura de espasticidad. En algunos casos son espásticos los flexores del brazo y los extensores de la pierna, mientras que los antagonistas muestran una resistencia constante y pareja en todo el alcance del movimiento pasivo, es decir, hay rigidez. La rigidez puede ser más notoria que la espasticidad en todos los músculos. En otros casos incluso una severa debilidad muscular puede ir asociada con los más suaves signos de espasticidad, detectable tan sólo como un impedimento o traba en los pronadores del antebrazo o en los flexores de la muñeca. Por el contrario, los grados más extremos de espasticidad, observados en ciertos casos de enfermedad de la médula espinal, pueden superar tan ampliamente la paresia del movimiento voluntario como para hacer pensar que estos dos estados dependen de mecanismos distintos.

(63) ADAMS, R., op. cit., pp. 232-233.

El estado hiperrefléxico que caracteriza a la espasticidad -- puede adoptar la forma de clonus, una serie de sacudidas tendinosas rítmicas provocadas por un estímulo de extensión aplicado en forma súbita y constante. El signo de Babinsky está -- habitualmente presente (64). En cuanto a los reflejos abdominal y cremasteriano es probable que también se vean afectados. La alteración de los reflejos quizá exprese la falta de control de los mecanismos reflejos medulares por parte de las estructuras nerviosas superiores, aunque no forzosamente a través de la vía piramidal (65).

Puede también desarrollarse un grado diferente de subluxación del hombro, debido al extendimiento de la cápsula articular -- causando en muchos casos dolor e impidiendo así la suficiente actividad muscular por mantener la articulación gleno-humeral. Esta alteración ha sido reportada en 50 a 75% de los pacientes que han experimentado accidente cerebrovascular (66).

Una de las características más distintivas del paciente hemipléjico es su marcha. En la marcha hemipléjica la pierna afectada está rígida y en movida desde la cadera en un semicírculo por movimientos del tronco; el paciente se inclina hacia -- el lado afectado y el brazo en ese lado es mantenido en una -- posición rígida semiflexionada. El miembro específico afectado es movido hacia adelante con dificultad debido al deterioro de la movilidad articular. Los dedos de los miembros inferiores hemipléjicos tienden a estar forzadamente hacia abajo, de manera que la abducción y la circundación del miembro son necesarios para moverlo hacia adelante.

(64) Ibid., p. 234.

(65) LOPEZ, L., op. cit., pp. 428 y 429.

(66) BAKER, L. and Parker, K., Neuromuscular electrical stimulation of muscles surrounding the shoulder. Physical Therapy. Vol. 66, number 12, December, 1986, p. 8.

La hemiplejía como secuela de un daño neurológico se caracteriza no sólo por una serie de alteraciones físicas sino también por la afectación a diferentes procesos psicológicos de diferente gravedad y complejidad. El cuadro sintomático que presenta un hemipléjico depende principalmente del área cortical involucrada y de su extensión, por ello es importante partir del conocimiento aportado por la neuropsicología para comprender el tipo de alteraciones que se pueden presentar, sobre todo partiendo de una de sus tesis centrales la cual indica que una lesión localizada frecuentemente afecta a varios sistemas funcionales y, a su vez, que un sistema funcional -- puede verse afectado por lesiones de distinta localización. -- Así, un paciente hemipléjico puede presentar también problemas de lenguaje, de memoria, consciencia, percepción, entre otros. El caso más grave, tal como ya se mencionaba en el capítulo III es cuando afecta la esfera voluntaria del paciente al estar una lesión tan extensa que involucre lóbulos frontales.

La recuperación de un paciente hemipléjico está asimismo en dependencia de una serie de factores, sin embargo, uno de los más importantes es el tipo de atención que se le brinda. Frecuentemente la atención se centra en el aspecto físico del paciente, es decir la terapia se centra en la ejercitación muscular, hidroterapia, termoterapia, etc; y no se considera que la recuperación de cualquier paciente con daño de este tipo -- debe buscar el reestablecimiento funcional íntegro del mismo.

En relación a lo mencionado en el párrafo anterior podemos -- identificar una serie de técnicas terapéuticas que tratan de abordar algunas de las deficiencias o alteraciones del hemipléjico. En el mejor de los casos cualquier combinación de -- tales técnicas es considerado como el tratamiento convencional. A continuación se revisan algunas de éstas.

## C) TERAPIAS TRADICIONALES PARA LA HEMIPLEJIA.

### Ejercicio terapéutico tradicional (67)

El objetivo central de este tipo de terapia según Swenson es el de prevenir las contracturas de las articulaciones. Este objetivo se trata de alcanzar proporcionando condiciones adecuadas de estancia en la cama, una posición correcta en la misma, una tabla para los pies, ejercicios diarios, etc.

Según Deaver los objetivos del ejercicio terapéutico son:

- La prevención de las deformidades.
- El tratamiento de las deformidades si se producen.
- El reentrenamiento del paciente en la ambulación y en actividades de elevación.
- La enseñanza al paciente de la ejecución de las actividades de la vida diaria y el trabajo con el brazo y la mano no afectados hasta su capacidad máxima.
- El tratamiento de las incapacidades faciales y el habla.

Según el Informe del Comité conjunto de Medios para combatir la Apoplejía en 1972, los objetivos son además de los enunciados por Deaver:

- La compensación para las pérdidas sensorias.
- Una plena participación social.

(67) Cfr. SWENSON, J.R., op. cit. pp. 267 y 268.

- El logro de la máxima motivación del paciente.
- El establecimiento de una vida independiente después del -- alta y en algunos casos una colocación vocacional.

Como se había ya mencionado el principal interés con el ejercicio es evitar las contracturas, pero cuando estas se producen se les trata de reducir combinando la relajación muscular y el alivio del dolor con el empleo del calor o de hielo, estiramiento, colocación en posición, ejercicios activos.

Para los músculos muy espásticos se recomienda la utilización de camillas o aparatos ortopédicos, a medida que avanza la -- terapia se deben enseñar al paciente ejercicios propios para la extremidad afectada, utilizando la extremidad en buen estado con una polea o un palo de madera.

A estos ejercicios suceden las actividades en que el paciente se encuentra sentado, con los pies sobre el piso, es recomendable sentarse pronto en la silla de ruedas para mantener o -- restaurar la función cardiovascular. promover la resistencia y proporcionar una estimulación sensorial al paciente. Las -- actividades en posición parada pueden empezar al costado de -- la cama y luego en barras paralelas cuando el paciente puede asistir al gimnasio. Este tipo de actividades contribuyen a -- preservar la imagen corporal y las relaciones espaciales así como a promover una precoz restauración de la función física.

Los ejercicios de preambulación se inician si el paciente se puede parar sobre su pierna afectada y se encuentra motivado, tiene posibilidades entonces de empezar a caminar. Se fortalecen sus piernas, tronco y pelvis con un programa de varias -- sesiones diarias de 10 levantadas desde una silla apoyándose en un objeto estable para lograr el equilibrio. Al avanzar en la terapia pueden iniciarse ejercicios en escaleras y pasamanos.

Propiamente la ambulaci3n se inicia en barras paralelas, se enseña al paciente a inclinarse sobre cada rodilla en forma alternada y envolver a la posici3n extendida y despu3s a equi librarse primero en el lado normal y luego en el hemipl3jico. Si el tobillo es inestable se puede utilizar un aparato ortop3dico corto para las piernas. Si la rodilla es estable se re comienda una ortesis de propileno para el pie y el tobillo, si es inestable se recurre a un aparato ajustable doble para la articulaci3n del tobillo, estando 3ste en una ligera flexi3n plantar.

Junto a los ejercicios de ambulaci3n se debe aplicar un programa de ejercicios que se proponga desarrollar:

- 1.- Las aptitudes de transferencia.
- 2.- Las aptitudes para sentarse y pararse.
- 3.- El movimiento del cuerpo en la cama y en las colchonetas.
- 4.- El uso de la silla de ruedas.
- 5.- Implementar el entrenamiento para actividades de la vida diaria.

Se han utilizado tambi3n ejercicios grupales para ensear el rodamiento, el gateo, el equilibrio sentado, el equilibrio - del tronco y el propio alcance del movimiento. Se ha comproba do que el trabajo en grupos representa una forma econ3mica y efectiva de tratar a los pacientes hemipl3jicos, siempre que se supervise regularmente el progreso y que los grupos sean - graduados cuidadosamente.

## Ejercicios de facilitación neuromuscular (68).

La reeducación muscular se ha utilizado en los últimos años - basada en la facilitación neuromuscular, Fay sugirió el empleo de reflejos patológicos y de desbloqueo como una forma de - - ejercicios en niños espásticos. La inducción dos veces por - día de tales reflejos mejora la función muscular y reduce el nivel de espasticidad.

Bobath desarrolló un programa de tratamiento basado en el desarrollo neurológico. Ellos estimaron que los factores que interfieren en el desempeño motor normal en el hemipléjico adulto son las perturbaciones sensorias de diversos grados, la espasticidad por ejemplo, un trastorno del mecanismo reflejo en la postura normal y una pérdida de pautas de movimientos se-lectivos. El reflejo de la postura normal es la base de los - movimientos expertos voluntarios, los objetivos generales de la terapia consisten en reducir, a crecentar o estabilizar el tono postural, inhibir las pautas y las reacciones al movi-miento que interfieren y facilitan las pautas que llevan a un control motor selectivo y a desarrollar aptitudes funcionales.

Brunnstrom desarrolló una técnica de reeducación muscular utilizando el entrenamiento reflejo para el paciente hemipléjico. Describió las sinergias básicas de flexión y extensión de las extremidades superiores e inferiores junto con las reacciones conexas de la hemiplejia provocadas por el bostezo, el estor-nudo, la tos, etc. Reacciones conexas son los movimientos in-voluntarios de los miembros y la tensión refleja de los - - músculos que se produce. Su técnica de tratamiento consiste - en emplear las reacciones asociadas de la hemiplejia, las pau

(68) Ibid., pp. 269 y 270.

tas sinérgicas y los reflejos tónicos patológicos del cuello. También se emplea la resistencia al insumo sensorio, al miembro normal mediante el golpeteo y ciertas técnicas de relajación. Su objetivo es el control motor selectivo y luego la -- utilización de técnicas ortodoxas más avanzadas de reeducación muscular.

Kobat y Knott desarrollaron un programa neurofisiológico de - ejercicios terapéuticos de facilitación neuromuscular propioceptiva. Este sistema utiliza mecanismos neurofisiológicos bá- sicos para acrecentar la excitación del sistema nervioso central y de este modo el movimiento. Los ejercicios incluyen - una resistencia máxima, la tracción y la aproximación de las estructuras articulares, un estiramiento rápido, la presión - cutánea con asimientos, el esfuerzo del movimiento débil con movimientos sinérgicos más fuertes, el uso de órdenes verba-- les simples y la utilización de los tipos básicos del movimiento.

Rood destaca el concepto de que el insumo sensorial determina el rendimiento motor. En su técnica utiliza los receptores - dérmicos con cepillado y congelamiento para facilitar la - acción de los agonistas e inhibir los antagonistas como base del ejercicio. También utiliza técnicas propioceptivas con estiramiento para facilitar los agonistas y a la vez activa la resistencia para facilitar los antagonistas. Utiliza las técnicas de golpeteo, presión y compresión de las articulaciones, - junto con una secuencia de un programa de desarrollo de la - creatividad.



La mayoría de estas técnicas trabajan el componente propioceptivo pero el objetivo es el paciente en su totalidad. Una estrecha interacción personal entre el terapeuta y el paciente constituye un factor crítico para el éxito.

Aunque estos ejercicios se han utilizado durante más de 20 años su valor y efectividad reales no han sido aún sometidos a una experimentación suficientemente controlada.

En su mayor parte los programas actuales de ejercicios para los hemipléjicos tienden a combinar métodos tradicionales y de facilitación y, en algunas esferas, técnicas de biorrealimentación.

#### **La biorrealimentación.**

Enseñar a los pacientes a controlar una amplia gama de procesos fisiológicos puede brindar sorprendentes resultados terapéuticos. La biorrealimentación es la técnica para utilizar un equipo (comúnmente electrónico) con el objeto de revelar a los seres humanos algunos de sus fenómenos fisiológicos internos, normales y anormales, en la forma de señales visuales y auditivas con el fin de enseñarles a manipular estos fenómenos que de otro modo serían involuntarios, operando con las señales exhibidas. La técnica suministra un circuito de realimentación en el cual es esencial la volición de la persona, a diferencia de las reacciones condicionadas, el sujeto debe querer producir los cambios de las señales porque satisfacen ciertos objetivos (69).

---

(69) Basmajian, J.V., "La biorrealimentación en el ejercicio terapéutico". In: Basmajian, J.V. op.cit. p. 181.

Desde 1960 se han acumulado elementos de juicio acerca del -- valor de la biorrealimentación electromiográfica (EMG) como -- una técnica de ejercicios terapéuticos. Según Swenson, los -- resultados son alentadores pero aún falta mucho por aprender en cuanto al verdadero valor y a las indicaciones de la terapia de biorrealimentación EMG (70).

En oposición a la opinión de Swenson, Reding and Fletcher dicen que la realimentación electromiográfica tiene un rol limitado en la rehabilitación de los pacientes hemipléjicos. Esta, según estos autores, puede ayudar a enseñar a los pacientes -- como suprimir movimientos asociados indeseables, o posturas -- distónicas. Los pacientes pueden tener buen insight para poder usar esta técnica y transferir sus experiencias a demandas funcionales (71).

#### Otras terapias

Una técnica desarrollada por Adams Belfast consiste en restringir a los pacientes en su lado funcional para tratar la negación, la apraxia o el descuido del lado hemipléjico. -- Adams considera que se puede contribuir a la recuperación del lado paralizado de ciertos pacientes con esta técnica que parece digna de investigación en el futuro.

Las terapias enunciadas a continuación no están dirigidas de modo directo al problema motor sino en general a las deficiencias del hemipléjico (72).

(70) SWENSON, J. R., op. cit. pp 271 a 273.

(71) REDING, Michael and Mc. Dowell, Fletcher, H., "Stroke Rehabilitation" En. Scheinberg, M.D. and Bhagwan I. Shahani, (Eds.). Neurologic Clinic. Washington, W.B. Saunders - Company, 1987. p. 617.

(72) REDING y Mc. Dowel., op. cit., pp. 225 y 226.

### **Terapia ocupacional.**

La terapia ocupacional se recomienda sobre todo para iniciar a los pacientes al programa general de rehabilitación y para que el terapeuta mismo tenga bases más adecuadas para evaluar efectivamente las funciones en los pacientes y para utilizar las facilidades clínicas para el entrenamiento de los mismos.

Una de las modalidades de la terapia ocupacional es el entrenamiento cognitivo que es dirigido hacia aquellos déficits -- cognitivos que son identificados. Hay tareas disponibles para pacientes con dificultades en la orientación, memoria, atención, solución de problemas, dispraxia o negligencia. En los pacientes más avanzados se incluyen actividades computacionales con auxilio del terapeuta.

Otra modalidad es el entrenamiento en actividades de la vida diaria siendo el objetivo central el desarrollar la independencia del paciente en su vida cotidiana.

### **Terapia recreacional.**

La terapia recreacional es muy similar a la anterior. Los pacientes son inducidos a explorar actividades que les interesen, esto le provee de un escape social pues son actividades grupales de recreación planeadas fuera de las horas regulares de terapia. Esta terapia lleva a los pacientes a explorar pasatiempos alternativos que les permite expresar sus necesidades de ser creativos y productivos; se provee un foco de atención que el terapeuta aprovecha para incrementar la participación del grupo en el programa de entrenamiento.

## Terapia musical.

La terapia musical y de movimiento es planeada dentro del programa regular de rehabilitación del paciente. Esta induce tanto un ambiente grupal-social como también una oportunidad de practicar al gusto los movimientos simples repetitivos. Las referencias musicales son dirigidas a asociarse con memorias y experiencias vinculadas a un periodo feliz de la vida del paciente. Los estudios respecto al efecto de la música en el movimiento y la memoria son limitados pero sugieren un beneficio terapéutico.

## D) LA TERAPIA CONDUCTIVA

La terapia conductiva surge como un intento de dar una visión diferente de lo que debe ser el tratamiento orientado a rehabilitar a los pacientes hemipléjicos, esta es una síntesis basada en un artículo de Esther Coton (73).

El objetivo de la terapia conductiva o mas bien Educación Conductiva al igual que las aproximaciones tradicionales es:

- Romper los patrones motores.
- Reducir la espasticidad.
- Desarrollar movimientos más adecuados.

La diferencia entre la Educación Conductiva y otras terapias tradicionales es que el Profesor Peto (Creador de la terapia

---

(73) COTTON, Ester., Educación conductiva para adultos hemipléjicos. Churchill Livingstone, Edinburgh London Melbourne y New York, 1983 pp. 6-12.

conductiva) escogió para la realización la propia participación e iniciativa del paciente más que el manejo y habilidades del terapeuta. Los terapeutas, sin embargo, tienen un importante papel de conductores y para su formación se requiere no sólo adquirir la técnica del sistema, sino también ampliar su conocimiento teórico en el área de la educación y la neuropsicología, específicamente en lo que se refiere a la información sobre movimientos voluntarios y el proceso de adquisición de las destrezas.

Basándose en los conocimientos aportados por Pavlov, Bernstein, Luria, Vigotsky y otros la educación conductiva parte del principio de que los pacientes hemipléjicos tienen que -- reaprender los movimientos voluntarios. El paciente aprende a trabajar con la guía de la voluntad para la adquisición de -- destrezas, inicialmente él intenta la totalidad de tareas observando al conductor, el trabajo después es seccionar esto -- en partes, en los elementos correctos de la acción. Cuando -- una parte del trabajo se domina, esta etapa se asimila y se -- introduce una parte nueva, de esta forma el paciente desarrolla un amplio repertorio de movimiento y a menos que varias -- combinaciones se aprendan, el paciente fallará en su intento de realizar la tarea en forma controlada. El paciente es enseñado como guiar sus movimientos a través de cada etapa del -- trabajo usando su propio lenguaje. A esto los educadores conductivos le llaman ritmo intencional.

En este tipo de terapia la hemiplejía es considerada como una disfunción y ésta como un conjunto de manifestaciones parciales de desórdenes neurológicos los cuales se dan a partir de un rompimiento del desarrollo adaptativo general y que afecta la personalidad en su totalidad. Por lo tanto, el sistema de educación conductiva se relaciona con la enseñanza de personas disfuncionales para que lleguen a ser funcionales, a través del desarrollo de sus habilidades adaptativas y de apren-

dizaje. El operador del sistema es el conductor. El conductor es una persona que coordina el día del paciente de manera -- que éste pueda realizar su mejor tarea intelectual, emocional y físicamente. La formación de conductores en el Instituto de Budapest lleva 4 años, los conductores son principalmente mujeres y su curriculum incluye anatomía, fisiología, patología, pediatría, psicología, conocimientos de enfermería, de educadora y maestra, teorías de movimiento, dinámicas de grupo, mé todos y técnicas de tratamiento, fabricación de férulas y taller de rutinas. Además el conductor debe desarrollar una personalidad singular, positiva y dinámica e incluso musical.

Lo siguiente son responsabilidades del Conductor:

1. Evaluar a cada paciente, tanto en situaciones normales de la vida como en situaciones del trabajo grupal.
2. Organizar y dirigir el horario y rutina diaria.
3. Introducir al paciente en el grupo en el cual habrá de trabajar.
4. Dirigir al grupo.
5. Llevar a cabo las tareas seriadas.
6. Crear una atmósfera de trabajo placentera.

En la educación conductiva el trabajo de grupo es la forma -- más adecuada, las ventajas de ello son:

1. Motivación.
2. Desarrollo de la iniciativa.

3. Aprendizaje de habilidades motoras.
4. Aprendizaje a través de la observación.
5. Estimulación.
6. Interacción social.

En cada grupo trabajan dos o tres conductores pues se trata de tener una observación y atención constante a los pacientes, esto permite incluir a cada paciente en el grupo más adecuado: de principiantes, el intermedio o el avanzado.

La Educación Conductiva es un sistema de aprendizaje en el cual todo está destinado a facilitar el aprendizaje, lo cual requiere no sólo un método, sino posibilidades de motivación, continuidad, repetición y reforzamiento. Un educador que pueda combinar todos estos aspectos en una atmósfera conductiva es adecuado para trabajar con el paciente hemipléjico. Todo el sistema de Educación Conductiva actúa como facilitador.

Cada unidad, ritmo intencional, horario, programa individual, el grupo, el conductor, es tan importante como el otro y cada uno debe ser considerado como facilitador. La sincronización del programa diario es tal que el paciente puede pasar de una tarea a otra con poco esfuerzo. La meta del programa es evitar la inercia y la apatía y ayudar al paciente a desarrollar un sentimiento de autorrealización.

En la educación conductiva hay facilitaciones individuales que deben ser claramente entendidos y luego integrados al programa por el conductor. Estas son:

1. Ritmo intencional.
2. Motivación.

### 3. Continuidad.

### 4. Autofacilitaciones.

### 5. Facilitaciones manuales.

Las facilitaciones deben ser consideradas como apoyos que son necesarios para la existosa realización de las tareas: conforme el paciente mejora, estos apoyos se retiran.

La educación conductiva está basada en las teorías neuropsicológicas de la adquisición de destrezas. Las destrezas básicas de manipulación y locomoción se aprenden en los primeros años de vida. Si se pierden como en el caso de la hemiplejía deben ser re-enseñadas y re-aprendidas.

El paciente se guía hacia las destrezas por el conductor, es motivado por el grupo y aprende con el uso del lenguaje. El paciente nunca hace ejercicios pero trabaja a través de las tareas seriadas que se integran a través de las tareas parciales y lo conducen a la meta (el logro de la destreza). El éxito del paciente depende de las habilidades del conductor para escoger la tarea correcta. La tarea debe ser entendida por el paciente y al mismo tiempo no ser demasiado fácil ni demasiado difícil. Al principio se intenta toda la tarea y aprenderla incorporando un movimiento constante entre la tarea completa y las diversas tareas parciales que conducen a la meta. Conforme el paciente mejora se introducen nuevas metas.

Las técnicas terapéuticas que se han mencionado están concentradas hacia algún o algunos aspectos de las alteraciones hemipléjicas. La excepción es la terapia conductiva que defiende una atención integral del paciente.

El programa de rehabilitación no sólo debe centrarse en la --



fisioterapia, sino también en el conocimiento de cual es la - base de alteración hemipléjica, de las alteraciones asociadas, de cómo se ven afectadas las funciones psíquicas (cognoscitivas y afectivas) del paciente y de las condiciones sociales - necesarias para su recuperación.

Cualquier técnica utilizada para tratar de reestablecer las - funciones motrices alteradas en el hemipléjico debe estar apo yada por una concepción adecuada de lo que son el conjunto de las funciones psíquicas y de su base cerebral. La técnica de EEF se presenta como una técnica novedosa en el tratamiento - de esta tipo de alteraciones, sin embargo, por sí misma no -- puede ser suficientemente útil debe ser sólo parte de un programa más amplio de carácter interdisciplinario.

No se quiere en este trabajo proponer a la EEF como una técni ca mejor o más ventajosa que otra, sino ejemplificar su utili zación a partir de bases multidisciplinares.

## C A P I T U L O V

### LA ELECTROESTIMULACION FUNCIONAL

## LA ELECTROESTIMULACION FUNCIONAL

### A) ANTECEDENTES

La electroestimulación funcional (EEF) es una técnica relativamente nueva, su objetivo central es la rehabilitación de la actividad motora en pacientes privados, en diversos grados, - del control voluntario de sus miembros. Consiste en la aplicación directa de corriente eléctrica a los músculos que, debido a un daño neurológico, están privados de dicho control - (74).

Cuando se le describió por primera vez, en 1961, se le denominaba electroterapia funcional y a partir de 1962 se le conoció como EEF, describiéndola como la estimulación eléctrica - de los músculos blandos o estriados privados de control nervioso para provocar una contracción muscular que permita un movimiento funcionalmente útil.

La EEF es una nueva y moderna aproximación al campo de la rehabilitación. En el ámbito médico se ha utilizado para el control de las funciones rítmicas tales como los latidos cardiacos, de la respiración (a través del nervio frénico), del funcionamiento unitario de la vejiga utilizando injertos, de la motilidad gastrointestinal y de otras funciones (75).

Un campo especial en el área de la rehabilitación en el que se ha desarrollado la aplicación de la técnica es en el con-

(74) STEFANČIČ, M., "Introduction into functional electrical stimulation". In: Stefančič, M. (ed.), Functional electrical stimulation. Ljubljana, 1986. pp. 1-3.

(75) GRACANIN, F., "Hemiplegia and psychiatric principles of treatment spacity and control - motor of functions with special stress on functional stimulation". In: Stefančič, M. (ed.), op. cit., pp. 4-6.

trol de la salida motora y de los movimientos de las extremidades paralizadas cuyo estado es producto de alguna lesión en la motoneurona superior. En este sentido, en un principio se aplicó para el alivio de la espasticidad y otros síntomas del fenómeno de liberación; posteriormente se ha utilizado en el control directo del movimiento como la dorsiflexión y la evasión en una persona hemipléjica con caída del pie (76); ha sido aplicada neuromuscularmente para aumentar el rango de movimiento; para el fortalecimiento y facilitación del programa de tratamiento de los músculos que rodean al hombro; para prevenir y corregir la subluxación del hombro; y además como un método de investigación para determinar la función de algunos grupos musculares tales como los de la pantorrilla y del vasto (77).

Como ya se había mencionado, la EEF es actualmente utilizada para el tratamiento de la parálisis muscular de pacientes cuyo control voluntario sobre sus extremidades está alterado, - bajo el presupuesto de que la función perdida puede ser restituida mediante la terapia.

Refiriéndonos precisamente al tratamiento de trastornos motores la estimulación eléctrica se ha aplicado - con una variante de la técnica: trascutánea (mediante electrodos quirúrgicamente implantados). Sin embargo, esta variante, ha presentado algunas dificultades, debido a los riesgos inherentes a la operación quirúrgica (78). En este sentido la estimulación superficial (sobre la piel) ha ofrecido mejores -

(76) GRACANIN F., Dimitrijevic, M. and Prevec T., Clinical testing of funtional electrical peroneal brace (FEPB). Report to research community of Slovenia, Ljubljana, Yugoslavia, 1966.

(77) BAKER, L. and Parker, K., op. cit.

(78) WATERS, R. and McNewal, D., "Funtional electrical stiaulation of the peroneal nerve -- for hemiplegia (Long-term clinical fllow-up)". In: Journal of Bone and Joint Surgery, - american volume. Boston, 1985. Vol. 67.

resultados pues tales riesgos son eliminados y la aplicación y manejo de la técnica son más sencillos.

Por otro lado, se han desarrollado diversos sistemas de EEF, no sólo de un canal, sino también multicanal. Hasta la década de los 70's los investigadores se habían dedicado a la estimulación de varios músculos de manera individual para corregir y asistir la marcha, sin embargo, se dieron cuenta de que no podrían beneficiarse suficientemente, entonces procedieron a la estimulación multicanal. Inicialmente se desarrolló un estimulador de tres canales para abordar el nervio peroneal, el músculo cuádriceps y el músculo tríceps surae con lo cual se pretendía lograr la sincronización de varios músculos y desarrollar una marcha aproximada a la normal. Posteriormente se intentó desarrollar un estimulador de seis canales para cubrir el nervio peroneal, los músculos tríceps y cuádriceps, - glúteo mayor, menor y medio, con el fin de lograr el control de todas las articulaciones de la extremidad inferior (79). - Los resultados de estas investigaciones se presentan más adelante.

## B) CARACTERISTICAS Y DESCRIPCION DE LA TECNICA

Las características generales idénticas a todos los sistemas de EEF comprenden:

- un generador de impulsos (estimulador).
- electrodos de estimulación (superficiales o implantados).
- un encendido construido en una plantilla o en el mismo calzado y cables para la conexión entre el generador de impulsos

[79] MALEZIC, M. and Nirogljub, K., "Therapeutic effects of multisite stimulation". Archives of physical medicine and rehabilitation. Chicago, 1987. Vol. 69.

Los, los electrodos y el encendido, esto es, en el caso de - una estimulación peroneal (Fig. 13); en el caso de la estimu- ción radial el encendido está integrado al mismo generador - de impulsos y mediante un cable se conecta a la antena que - se coloca en la piel por encima del receptor implantado (Fig. 14).

La EEF está indicada para el tratamiento de pacientes cuya pa- rálisis motora resulte de una lesión de la motoneurona supe- rior, a condición de que la excitabilidad de la motoneurona in- ferior y los reflejos esten mantenidos.

Los casos en que la EEF está indicada son:

1. Los pacientes que tengan hemiplejía o hemiparesis debidas a una lesión cerebral por traumatismo craneoencefálico, tumor, accidente cerebrovascular, etc. (80) (81) (82).
2. Niños con parálisis cerebral que presenten hemiparesis, dis- paresis, monoparesis, etc. (83) (84) (85) (86) (87).

(80) LIBERSON W., Holmquest H., Scott D. and Dow A., "Functional electrotherapy: stimulation of the peroneal nerve synchronized with the phase of the gait of hemiplegic patients". Archives of physiol. med. rehabilitation. 1961.

(81) GRACANIN, F., 1986, op. cit.

(82) STEFANJIC, M., op. cit.

(83) GRACANIN, F., 1986, op. cit.

(84) VRENDENBERG, I and Van Leeuwen, H., "A muscle stimulator for hemiplegic patients". In: Vrendenberg, I and Wartenweiler, I. (eds.) Biomechanics II. Medicine and sport. Vol. 6, Skarger, Basel, 1971.

(85) LEVEDEV, B., Rumjanceva, M. and Krandieva, A., "Influence of Sinusoidally modulated currents on functional structure of neuromuscular system in children with perinatal cerebral diseases". In: Proc. conference perinatal disease of brain and spinal cord in chil- dren. Kazanj, URSS, 1975.

(86) SEVASTIANOV, V., Grazeva, N., Misis, A. and Kae, J., "Influence of programed electri- cal stimulation in cerebral hemodynamics and heart activity in children with perinatal spinal syndromes". In: Proc. Conf. perinatal diseases of brain and spinal cord in chil- dren. Kazajan, URSS, 1975.

(87) CRAGO, F., Riso, R. and Makley, J., Control of abnormal muscle contraction, report. - Department of Health, Education and Welfare. Washington, DC, 1979, 23 p- 5796715-02.

3. Pacientes con lesiones espinales con paraplejía o tetraplejía espástica y paresis (88) (89) (90) (91) (92) (93) (94) (95).

En los casos de hemiplejía, cuya etiología puede ser accidente cerebrovascular, traumatismo craneoencefálico, extirpación de un tumor cerebral, etc. la EEF está indicada como parte del -- programa de tratamiento.

La aplicación de EEF se realiza directamente sobre el tronco -- del nervio periférico, estimulando las unidades motoras que -- consisten en neuronas motoras periféricas (inferiores) con sus axones, ramificaciones y terminaciones axónicas y fibras musculares correspondientes (96).

Específicamente para el tratamiento de la locomoción se aplica la estimulación eléctrica al nervio del peroné o a los músculos correspondientes mediante controles que se ponen en marcha automáticamente cuando el paciente empieza a caminar. Al caminar el paciente los controles automáticos provocan la estimula

- (88) KANTRIVITS, A., Electronic Physiologic aids. Report of Mountsinness Hospital of Brooklyn, N.Y., 1963.
- (89) WILKINSON, W., Money, V., Mc. Neal, D. and Reswick, J., Surgical implanted peripheral neuroelectric stimulation. Internal report of Rancho Los Amigos Hospital, Los Angeles, 1970.
- (90) KRALJIC, T., Grobelnik, S. and Bajd, T., Functional electrical stimulation of spinal cord injured patients fundamental locomotion patterns, Bull Prostheses, Res. Fall, 1972.
- (91) COOPER, E., Bunch, E. and Campa, J., "Effects of chronic human neuromuscular stimulation". Surgery Forum, 1973.
- (92) BRINDLEY, G., Polkey, S. and Rushton, D., "Electrical splinting of the knee in paraplegia". Paraplegia, Vol. 16, 1987.
- (93) VODOVNIK, L., Bajd, T., Kalj, A., Gracanin, F. and Strojnik, P., "Functional electrical stimulation for control of voluntary systems" CRS Critical Review in Bioengineering, Sept., Vol. 63, 1981.
- (94) BAJD, T. and Trnkočny, A., "Attempts to optimise functional electrical stimulation of -- antagonistic muscles by mathematical modeling" Journal Bionech, Vol. 12, 1981.
- (95) SIEFANCIK, M., op. cit.
- (96) Ibid.

ción en alguna fase de la marcha, activando con ello los dorsi flexores del tobillo e inhibiendo la espasticidad de los flexores plantares (97).

En algunos casos se puede utilizar el electroestimulador como un auxiliar ortésico, a condición de que no existan contracturas o deformidades, ni epivalgus espástico intenso, de que no haya desigualdad en la longitud de las extremidades, ni debilidad extrema de la cadera, rodilla o articulación del tobillo, pues ello reduce las posibilidades de su uso efectivo.

Para el tratamiento de la extremidad superior la EEF se utiliza en el control de los dedos y la extensión de la muñeca en pacientes que no pueden asir objetos debido a una parálisis del extensor de dicha extremidad. La estimulación eléctrica se aplica directamente al nervio radial o a los músculos correspondientes para permitir el empleo funcional de los dedos y, en sí, de toda la mano. El uso de la EEF en la rehabilitación de la extremidad superior no se ha practicado mucho, al menos los reportes abundan más sobre la aplicación a la inferior.

Las condiciones que permiten el uso efectivo de la técnica son:

1. La trayectoria de la motoneurona inferior debe permanecer intacta.
2. Los músculos deben poseer buenas propiedades de contracción.
3. El nervio peroneal debe mostrar una excitabilidad normal.
4. No deben existir dificultades para localizar los puntos exactos de la estimulación trascutánea. Debe existir una respuesta normal a la intensidad habitual de la estimula-

(97) GRACANIN, F., 1986, op. cit.



ción.

6. El paciente debe ser capaz de comprender y utilizar el sistema EEF de modo independiente.

Es importante que los puntos de estimulación sean exactamente localizados para la colocación de electrodos. Los mejores sitios son aquellos en los que un estímulo de intensidad mínima produce un movimiento óptimo. No cualquier colocación de electrodos produce movimiento y no todos los movimientos que se -- pueden producir son adecuados, debe buscarse aquel que sea funcionalmente útil (vid. infra., cap. VII).

### C) OBJETIVOS DE LA ESTIMULACION

Hasta aquí se ha descrito la EEF en el sentido en el cual se -- le ha considerado y aplicado, es decir, como un auxiliar en el programa rehabilitador. Algunos autores, según Gracani, parecen confundir la EEF con la forma clásica de la electroterapia de los músculos inervados y denervados o la consideran como un simple auxiliar ortésico. En tal sentido se hablaría, no de -- electroestimulación funcional, sino simplemente de estimulación eléctrica (98).

Por un lado está lo que es la técnica en sí y, por otro, la visión que sustente su aplicación y en general al programa terapéutico. Tal concepción debe basarse en todo un planteamiento objetivo de lo que es el movimiento, tanto en el aspecto neurofisiológico, como en el neuropsicológico, físico y psicológico, de cómo este proceso se ve alterado en diferentes condiciones patológicas y de cómo se da el proceso de recuperación para -- que, partiendo de ello, se oriente mejor el programa de rehabilitación.

(98) GRACANI, F., 1986, op. cit.

El objetivo central de la EEF es el de lograr el paulatino -- reestablecimiento del movimiento de las extremidades afectadas, no sólo implementando un movimiento artificial, sino logrando que éste quede bajo el control del propio paciente.

Las metas específicas de la EEF son:

1. Aliviar la espasticidad.
2. Sustituir el control eléctrico para movimientos simples tales como la dorsiflexión del pie o la extensión de los dedos.
3. Acelerar la recuperación neurológica base para el control del movimiento.
4. Influir en el reestablecimiento de los mecanismos motores básicos integrados al nivel de la médula espinal.
5. Contribuir a la reorganización de la actividad motora en la fase inicial de la alteración.
6. Lograr la reorganización funcional del movimiento voluntario.

La utilización de la técnica depende pues de como sea considerado el proceso del movimiento voluntario y de que se admita su lugar dentro de los procesos psíquicos regulado a un alto nivel de complejidad.

A continuación se presentan algunos reportes sobre los resultados de la aplicación de la EEF, a partir de los cuales se puede suponer que esta técnica es útil más allá que como un simple auxiliar ortésico, que puede constituirse en un útil instrumento del programa interdisciplinario de rehabilitación.

## D) ALGUNOS REPORTES DE LA APLICACION DE LA EEF

Las mejoras post-estimulación han sido observadas desde el comienzo de la aplicación de la EEF. Varios autores han reportado un incremento en la fuerza y volumen del músculo así como mejoras en la coordinación motora y en el patrón de marcha después de la estimulación simple del nervio peroneal (99).

Realmente las investigaciones que se han realizado en cuanto a los efectos de la EEF no son abundantes, sin embargo, son suficientes como para afirmar que su uso tiene un gran potencial en la rehabilitación de trastornos motores e incluso en la investigación de la función motriz.

Gracanin reporta que la aplicación de la EEF para reducir deformidades en la esclerosis idiopática ha demostrado resultados notables, se ha aplicado exitosamente a 2,000 hemipléjicos, a 50 pacientes con esclerosis múltiple y paraparesis de orígenes diversos, a 400 pacientes con parálisis cerebral y se ha utilizado en 3,000 unidades en varios centros de rehabilitación de todo el mundo (100).

A partir de lo anterior Gracanin concluye que la EEF es más que un estimulador muscular, es un método exitoso para el reestablecimiento de las funciones motoras, para controlar la salida motora y en general los movimientos.

Brandell utilizó la electroestimulación para determinar la función de algunos grupos musculares tales como los de la pantorrilla y del vasto y lo utilizó al mismo tiempo para dar trata

(99) GRACANIN, F., Prevec, I. and Irontelj, J., "Evaluation of use of functional electronic peroneal brace in hemiparetic patients". In: Proc. int. Symp External Control of Human Extremities, Dubrovnik, Yugoslavia, 1976.

(100) MALEZIC, M., and Mirosljub, K., op. cit.

miento a un paciente hemipléjico de 51 años de edad que tenía un grado moderado de espasticidad (101).

Con el advenimiento de la EEF para la corrección del pie caído y de otras deshabilidades en la marcha hemipléjica y parapléjica, Brandell decidió utilizarla para investigar las funciones de talus músculos como un suplemento de la electromiografía -- (EM).

La EEF aplicada al paciente hemipléjico resultó en el incremento de la flexión de la rodilla, de la flexión plantar y del -- tobillo, de los movimientos que tenían lugar cuando el talón -- del pie opuesto (no alterado) llegaba al piso. Sin embargo, al momento que era sostenida la extremidad hemipléjica persistía una sinergia que dificultaba la flexión de la rodilla y del to billo.

Así pues la estimulación al nervio peroneal común de este paciente le permitió el levantamiento de la extremidad inferior en la fase de balanceo de la marcha, se logró un buen balance entre la inversión y la eversion del pie, lo cual habilitó su adecuado contacto con el piso. En la fase postural la rodilla fué capaz de mantener la rigidez de igual manera que cuando el pie era levantado.

Cozen y cols. realizaron un estudio en el cual examinaron y com pararon la eficacia de los tratamientos de EEF y retroalimentación biológica (RAB) en la rehabilitación de pacientes que sufrían hemiplejía como resultado de algún accidente cerebrovascular (102).

{101} BRANDELL, B., "The study and correction of human gait by electrical stimulation". American surgeon. Filadelfia, 1986. vol. 52.

{102} COZEAN, C., Pease, W. and Hubbell, S., "Biofeedback and functional electric stimulation in stroke rehabilitation". In: Arch. Phys. Medicine and Rehabilitation. June, 1988, -- Vol. 69.

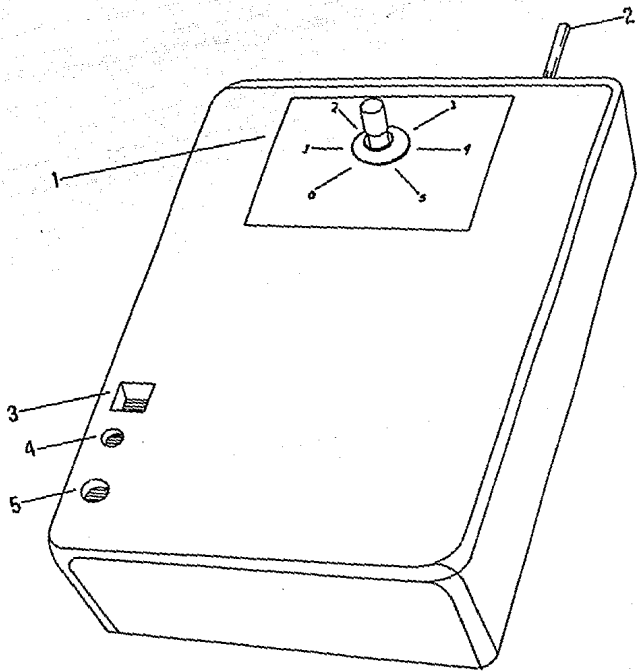


Fig. 13. Sistema de EEG pessoal.

Cozen y cols. incluyeron en su estudio a 36 pacientes los cuales fueron repartidos en cuatro grupos al azar: grupo control (que recibió terapia tradicional bajo la consigna de que estarían participando en el estudio de un nuevo tratamiento), grupo de EEF, grupo RAB y grupo combinado (que recibió tanto EEF como RAB).

Los resultados reportados son los siguientes:

1. Ninguno de los sujetos desarrolló un patrón normal de marcha, pero fueron observadas notables mejorías en muchas áreas. Dicha mejoría fué mayor y más sostenida con el tratamiento combinado que con las demás condiciones.
2. Se observaron diferencias significativas en cuanto al grado de flexión de la rodilla ( $p=0.05$ ) y dorsiflexión del tobillo entre el grupo combinado y el grupo control favorable al primero.
3. La duración del ciclo de marcha cambió en todos los grupos después del estudio. Los tres grupos de tratamiento (EEF, RAB y combinado) desarrollaron una marcha más rápida que el grupo control. Esto está relacionado con el incremento producido en la longitud del paso (un 15% de incremento, lo cual representa el 53% de la marcha normal).
4. El grupo combinado obtuvo las ganancias más grandes. El logro postratamiento fué en promedio del 55% del ciclo normal de marcha.
5. De todos los sujetos bajo estudio los hemipléjicos derechos mostraron una mayor mejoría que los izquierdos ( $p=0.05$ ).
6. En los pacientes con espasticidad severa la respuesta a la terapia tiende a ser mejor que la del resto del grupo, esto

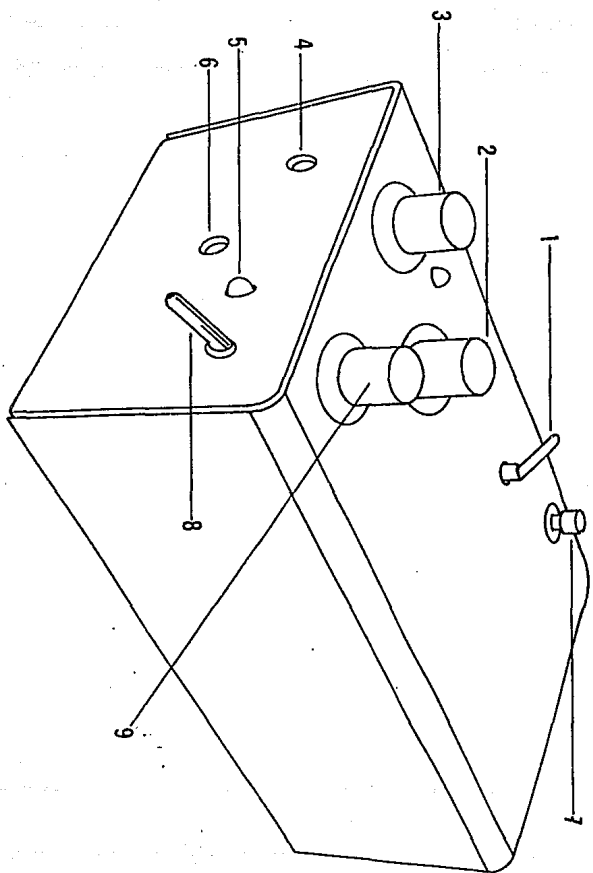


Fig. 14. Sistema de EEP radial.

se manifiesta en el incremento en los parámetros de marcha en cuanto a la mejora. Esto significa que la espasticidad - no representa una contraindicación para la aplicación de la EEF.

7. Se presentó una pequeña correlación entre la mejora de la - marcha y la edad del paciente ( $p=0.05$ ) para todos los grupos.

En general los mejores resultados se lograron con el tratamiento combinado. Según los autores la aplicación de la EEF-RAB tuvo como meta acrecentar la aferentización de la contracción -- muscular de la pierna; específicamente de la RAB incrementar la propiocepción.

Malezic, viendo los resultados que se habían logrado en investigaciones anteriores con la estimulación por separado de distintos grupos musculares para corregir la marcha, vió la necesidad de lograr un mayor beneficio a través de la estimulación múltiple (multicanal), es decir, de varios grupos musculares a la vez y así lograr su sincronización y, por tanto, una marcha aproximada a la normal (103).

Malezic procedió entonces a la aplicación de la EEF por medio de un sistema de seis canales para estimular los siguientes - puntos: nervio peroneal, músculos tríceps y cuádriceps, glúteos mayor, medio y menor con el fin de controlar las articulaciones de la extremidad inferior.

La estimulación multicanal se aplicó a 10 pacientes hemipléjicos y un parapárético (con paresia de ambas piernas), teniendo

---

(103) MALEZIC, M. y cols., op. cit.



### Estimulador peroneal

1. Control de intensidad de la estimulación
2. Interruptor de encendido-apagado
3. Control de frecuencia
4. Entrada del disparador automático de la estimulación.  
(el disparador está integrado a la plantilla del zapato del paciente)
5. Salida de electrodos de estimulación

### Estimulador peroneal

1. Interruptor de activación automático-manual
2. Frecuencia
3. Amplitud
4. Salida de electrodos de estimulación.
5. Foco piloto
6. Orificio de ventilación
7. Interruptor para uso manual
8. Interruptor de encendido-apagado
9. Control de intensidad de la estimulación.

como control a otro grupo de 10 pacientes hemipléjicos tratados con un método de rehabilitación estándar. Los tratamientos fueron aplicados durante 2.6 meses.

Los parámetros que fueron medidos son los siguientes:

1. La longitud del paso.
2. La velocidad de la marcha.
3. La fuerza de reacción a la tierra y su distribución en ambos pies.
4. Registro EMG de los principales músculos utilizados.
5. Goniogramas de las articulaciones.
6. Análisis kinesiológico de la marcha.

Las mediciones se hicieron antes del tratamiento, durante la terapia y 8.4 meses después de terminado el tratamiento.

Los resultados cuantitativos y cualitativos mostraron que una buena parte de las anomalías típicas de la marcha hemipléjica fueron disminuidas por la estimulación multicanal.

Entre los resultados más importantes están los siguientes:

1. Una más rápida recuperación de la marcha en el grupo que recibió EEF.
2. Más altos índices de mejora: 2.14 veces mejor en la longitud del paso, 1.42 veces mejor en el nivel de la marcha y 1.63 veces mejor en los indicadores del análisis kinesiológico.

3. La diferencias en cuanto al grado de recuperación entre los grupos se desvaneció a los 8.4 meses después de haber concluido la terapia.
4. Durante la estimulación se observó una marcha mejor (18.5% con estimulación y 7.7% sin estimulación).

Los pacientes tratados con EEF, antes de que la terapia diera inicio, no podían deambular por sí solos, ésta de hecho fué iniciada por la estimulación.

Los resultados indican que la técnica es eficaz en la rehabilitación de los pacientes hemipléjicos. Sin embargo, el hecho de que las diferencias en cuanto a mejora entre los grupos se hayan desvanecido al cabo de 8 meses indica que el uso de la estimulación eléctrica se aplicó de manera mecánica y, por tanto, se obtuvo un resultado inmediato de igual manera mecánico y, hasta cierto punto, artificial. Esto es, a la aplicación de la técnica no se le dió una orientación funcional.

Hasta aquí sólo se han presentado investigaciones en las que la EEF es aplicada superficialmente (sobre la piel), pero también se han desarrollado sistemas de electroestimulación implantados quirúrgicamente. Con tal sistema se ha pretendido establecer un sustituto periférico del control neuromuscular. No obstante, este sistema tiene varias desventajas.

Waters y cols. desarrollaron un estimulador neuroeléctrico implantado quirúrgicamente para utilizarlo en la corrección del pie caído en pacientes hemipléjicos, mediante su aplicación en el nervio peroneal. Se hizo un seguimiento de los casos por varios años (104).

(104) WATERS, P. and Mc Neal, D., op. cit.

Los resultados reportados son los siguientes:

1. Seis casos fracasaron y el implante fué removido. Dos de -- ellos se debieron a la dificultad en la operación del equipo, otros dos por la presencia de daño progresivo en el nervio, tres por infección tardía y un caso más por malfunción eléctrica del implante.
2. Diez pacientes tuvieron un resultado clínico afortunado: en dos casos la estimulación fué mantenida por 16 meses, uno - lo mantuvo por 36 meses, este último finalmente fué removido por la presencia de una aguda polineuritis de etiología desconocida que resultó en paraplejía, y siete pacientes - continuaron el uso del implante por un promedio de 10.1 a - 12.3 años.
3. De los siete casos que continuaron usando el implante se observó que cuatro casos recobraron la dorsiflexión volunta-- ría en la fase de balance de la marcha, lograron uso del implante para todas las actividades de caminado y llegaron a menos de 10° de pie caído o más; un paciente había interrumpido el continuo uso del estimulador porque ya había recuperado la dorsiflexión activa durante la fase de balance de la marcha, sin embargo, después del uso discontinuo del estimulador la espasticidad del tríceps tendió a incrementar, hubo deformidad equina de 20° y no hubo adecuada dorsiflexión.

Los autores concluyen que la estimulación a largo plazo puede facilitar la recuperación motora y sugiere que se dé estimulación al mismo tiempo que a otros músculos.

La implantación de la electroestimulación como se ve es efectiva, pero conlleva muchas dificultades en sí misma, por otro lado se muestra como las mejoras se mantienen en el mismo grado sólo si la estimulación es continua, es decir, se substituye -

el control neuromuscular normal por uno artificial. Sin embargo, se trata de que la recuperación sea funcional y no artificial, es decir lograr que las mejoras se mantengan aún sin la presencia del estimulador.

Pocos trabajos se han dedicado a la EEF radial para la rehabilitación del movimiento de la mano, quizá ello se deba a que la técnica ha sido considerada como un simple auxiliar ortésico o como un sustituto mecánico periférico para restituir funciones de cierta manera automatizados, tales como la locomoción. Otra explicación puede ser la necesidad más urgente de los pacientes para lograr la recuperación en la extremidad inferior para poder movilizarse que de utilizar la mano.

La EEF se ha aplicado a la extremidad superior para obtener movimientos relativamente sencillos. Por ejemplo, Lucinda Baker y Karen Parker usaron la estimulación eléctrica neuromuscular para prevenir o corregir la subluxación del hombro en los pacientes con parálisis con compromiso neurológico (105).

Se aplicó la estimulación a un grupo de 31 pacientes con parálisis que desarrollaron una subluxación del hombro de 14.8 mm. en promedio. La subluxación del hombro ha sido reportada que se produce entre el 50% y el 75% de los pacientes que han experimentado algún accidente cerebrovascular, debido al extendimiento de la cápsula articular y, en muchos casos, es causa de dolor e impide la suficiente actividad muscular para mantener la articulación glenohumeral.

El grupo tratamiento se comparó con un grupo control de 32 pacientes con un índice de subluxación de 13.3 mm en promedio el

---

(105) BAKER, Lucinda and Parker, Karen., op. cit.

tratamiento duró seis semanas. Los resultados indican que hubo un significativo decremento en la cantidad de subluxación del hombro en los sujetos que recibieron la estimulación ( $p=0.05$ ). El grupo bajo estudio logró un promedio de subluxación del 8.6 mm y el control de 13 mm.

Ante tales resultados las autoras proponen:

1. La electroestimulación neuromuscular como un complemento -- del programa tradicional.
2. El uso a largo plazo de la electroestimulación neuromuscular como una ayuda ortésica para mantener el normal extendimiento e integridad de la articulación glenohumeral.

Concluyen que la electroestimulación es un método efectivo en la temprana movilización de los músculos y que constituye una base normal musculoesquelética por la cual el paciente puede - lograr el control distal y proximal de sus extremidades.

La EEF se ha aplicado también directamente a la médula espinal. Nakamura y Tsubokawa aplicaron la estimulación al cordón espinal con el objetivo preciso de reducir la espasticidad en tres pacientes con hemiplejía espástica post-apopléjica (106).

Los resultados reportados muestran que en términos generales - desde los primeros días de la estimulación (de 3 a 9 días) se observó una reducción de la espasticidad, hecho que fué confirmado tanto por la evaluación clínica como por la electrofisiológica de la misma.

(106) NAKAMURA, S. and Tsubokawa, I., "Evaluation of spinal cord stimulation for postapopleptic. Neurosurgery. Dep. of Neurosurgery, Nihon University School of Medicine. Tokyo, 1985 Vol. 19 No. 2.

Los casos evaluados concreta e individualmente mostraron lo siguiente:

CASO I. Hombre de 74 años de edad, diagnosticado como hemipléjico izquierdo como secuela de un infarto cerebral en el putamen derecho y en la rama posterior de la cápsula interna. La estimulación al cordón espinal comenzó cuando se había ya cumplido un año de haber ocurrido la apoplejía. Al cuarto día la espasticidad de la extremidad inferior se redujo y la marcha hacia adelante mejoró notablemente; en el séptimo día también fue reducida la espasticidad de la extremidad superior y la extensión de la articulación del codo se amplió de 90° a 130°; el exámen neurológico reveló que el continuo clonus del tobillo disminuyó después de siete meses; la velocidad de la marcha recobró la rapidez de 10m/50 seg. antes de la estimulación a 10m/28 seg. a los dos meses de dar la estimulación, a 10 m/15 seg. a los 2 años; y la mejoría en cuanto a la espasticidad fue claramente reconocida por la evaluación electrofisiológica a los 173 días y el porcentaje de recuperación del arco reflejo fue de más del 100%.

CASO II. Masculino de 47 años de edad que presentó hemiplejía derecha y disartria, la tomografía axial computarizada (TAC) indicó la presencia de hemorragia en el puente la espasticidad severa apareció a los seis meses. La estimulación al cordón espinal comenzó a complicarse un año después de haber ocurrido el padecimiento. Desde el noveno día ya la espasticidad en la extremidad superior derecha se fue reduciendo, presentando mejoría en las extremidades inferiores al comenzar a caminar en un plano horizontal; la velocidad de la marcha incrementó de 10m/10seg. a 10m/5seg. al primer mes, los parámetros electrofisiológicos también mues-

tran mejoría.

CASO III. Hombre de 47 años de edad presentó hemiplejía derecha asociada con disturbios de consciencia y oftalmoplejía internuclear. La TAC mostró la presencia de hemorragia pónica. La estimulación al cordón espinal inició al año dos meses de haber ocurrido la lesión. A los tres días presentó una reducción en la espasticidad de ambas extremidades derechas, especialmente en la superior. Al día 13 la velocidad de la marcha bajó a 10m/18 seg., sin embargo la velocidad de la marcha retornó al nivel preestimulación a los 48 días e incrementó a 73 seg. a los 88 días. Todos los parámetros electrofisiológicos también -- mostraron mejoría. En este caso se reporta que el efecto de la estimulación apareció a los 20 minutos después de haber dado inició ésta por la mañana, -- aparejado con una disminución de la rigidez de las extremidades. El efecto continuo por 30 minutos después de haber terminado la estimulación y en la noche se fué reduciendo gradualmente.

Según los autores, los detalles del mecanismo de reducción de la espasticidad por la estimulación al cordón espinal no están claros, sólo suponen que según los datos de la fisiopatología de los tres pacientes, la estimulación ejerce sus efectos a la corteza sensorial y además al tracto piramidal; al núcleo ventral posterolateral de la vía extrapiramidal, o al núcleo ventral posteromedial porque estos tractos son interrumpidos por las lesiones específicas apopléjicas.

Todos estos estudios muestran que la aplicación de la estimulación eléctrica, independientemente de que se llame funcional, neuromuscular, etc. ofrece una alternativa viable en la rehabilitación de la parálisis motora pues, como se ha mostr



do, sus efectos son benéficos en distintos grados, dependiendo de la forma específica como se utilice. Sin embargo, aún - hay muchas cosas que no están claras acerca de cuáles son sus mecanismos de acción y ello se debe, en gran medida, a que no se conoce como se dá el proceso de recuperación después de -- presentado el daño y por tanto cómo puede éste ser acelerado.

La mayoría de los estudios revisados han utilizado la estimulación eléctrica como un simple auxiliar ortésico, como sustituto del "órgano de control cerebral" que toma el mando sobre los músculos y nervios periféricos. En tal sentido sus objetivos son simplemente recobrar la fuerza muscular, reducir la espasticidad, recobrar la flexión de las articulaciones, etc. pero ninguno ha planteado, excepto Gracanic (vid. supra.) el contribuir a la reorganización funcional del movimiento. Claro que tras de tales estudios hay una proximación teórica -- acerca de los diferentes aspectos del movimiento voluntario y de sus alteraciones (v. gr., la hemiplejía) y a partir de -- ella se hacen derivaciones prácticas pertinentes para orientar el programa de rehabilitación y el uso de la EEF. De --- acuerdo a la definición de tales aspectos se hace planteamiento de qué procesos se quiere rehabilitar: una acción mecánica a nivel neurofisiológico y físico o un proceso como lo es el movimiento voluntario y cuyas bases rebasan con mucho a los - aspectos neurofisiológicos y neuromusculares que son aspectos que están supeditados a los procesos psíquicos superiores.

En base a lo anterior la técnica puede ser simplemente un auxiliar ortésico o un valioso instrumento en la rehabilitación funcional del movimiento neuromuscular y funcional en la investigación del mismo, en sus múltiples aspectos supeditados a los procesos psíquicos superiores. La reorientación del trabajo terapéutico en la rehabilitación del movimiento debe contemplar una visión mucho más amplia de lo que es éste, la -- cual debe iniciar con una definición clara de su estructura -

psicológica y consecuentemente de su base material (el SNC).

Por otro lado se hace necesario esclarecer cuáles son los procesos que subyacen a la recuperación de los pacientes hemipléjicos para dar cuenta de cuáles son los posibles mecanismos - de acción de la EEF, realizar nuevas investigaciones y darle un uso más benéfico y definido en el proceso terapéutico.

## C A P I T U L O   V I

### PROCESOS DE RECUPERACION Y PLASTICIDAD CEREBRAL

## PROCESOS DE RECUPERACION Y PLASTICIDAD CEREBRAL

La cuestión de cómo puede la EEF contribuir a la rehabilitación del movimiento del paciente hemipléjico exige el análisis de cuáles son los mecanismos que subyacen a la recuperación, aún en ausencia de un programa sistemático y específico de tratamiento (v. gr., la recuperación espontánea).

En otros términos, para poder dar un empleo mucho más fructífero a la EEF y a cualquier otra técnica terapéutica en el reestablecimiento de cualquier alteración neurológica, es preciso revisar los datos que hasta la fecha se tienen en cuanto a los procesos de plasticidad cerebral, por los cuales es posible la rehabilitación de los pacientes con aquellas alteraciones.

En el presente capítulo se revisan, de manera general, los datos que se han destacado acerca de la plasticidad cerebral y de los posibles mecanismos que subyacen a la recuperación de funciones, con el objetivo de esbozar algunas hipótesis de cómo puede actuar la EEF en la rehabilitación del movimiento voluntario.

Según Bach-yRita:

"...el factor crítico para la rehabilitación profesional es un entendimiento del rol de la rehabilitación en la modificación o aceleración de las etapas, o en la obtención de un más alto estado de recuperación final" (107).

(107) BACH-Y-RITA, P., "Process of recovery from stroke". En: Brandstaler, M.E. y Bsaajian, J.V. (Eds.), Stroke Rehabilitation. Williams & Wilkins, 1987. p. 81.

El grado de recuperación en los pacientes con daño cerebral depende de varios factores tales como la edad, el área que - haya sido dañada, la extensión de la misma, el programa de - rehabilitación, factores ambientales y psico-sociales, entre otros.

Pero, dentro de todo lo anterior, es un factor muy importante la habilidad que tenga el cerebro para modificar las funcio-- nes y para compensar el daño.

La recuperación funcional depende del tipo de lesión y de -- acuerdo a ello puede ocurrir de dos formas:

- a). Recuperación rápida o temprana de funciones perdidas a -- causa de lesiones agudas. El mecanismo de recuperación en este caso está en relación con la reversibilidad del proceso lesional y del resultado de la restitución de neuronas afectadas en su función al desaparecer las causas que motivaron su afectación. (v. gra., inflamación, conmoción cerebral, etc.).
- b). Recuperación lenta y más tardía que pueda suceder a pérdi-- das agudas o crónicas por lesiones más graves que efectivamente se recuperen en días, semanas, meses y años debido a otra serie de factores, sobre todo a la capacidad -- plástica del SNC.

De acuerdo a lo anterior Bach-y-Rita plantea que una porción de la recuperación que ocurre después de una parálisis no fatal se debe a la resolución de factores locales (v. gr., el edema y despojos de tejido), pero que otra parte ocurre debido a mecanismos neurales que pueden tener lugar en meses o - años (108). Tales mecanismos no son aún cabalmente entendidos,

(108) BACH-Y-RITA, p., op. cit., pp. 81 y 82.

sin embargo, desde que el concepto del cerebro rígido se ha -  
cambiado por el de un cerebro dinámico y plástico se va avan-  
zando sobre ellos. Pero, ¿Qué es la plasticidad cerebral? --  
¿Cuáles son los mecanismos que la subyacen? y ¿Qué implicacio-  
nes tiene en el proceso de la recuperación de funciones?

#### A) EL CONCEPTO DE LA PLASTICIDAD CEREBRAL

El concepto de plasticidad cerebral es básicamente un concep-  
to en desarrollo que avanza a medida que las investigaciones  
clínicas y experimentales se van ampliando y obteniendo nue-  
vos resultados. Ello también ha dependido de la evolución de  
otros conceptos fundamentales tales como los de localización,  
recuperación, lateralización de funciones, dominancia hemisfé-  
rica, etc.

Una serie de datos fueron poco a poco aumentando hacia el ---  
planteamiento de la plasticidad como característica fundamen-  
tal del cortex (109):

- Dax (1836). Las lesiones en el hemisferio izquierdo provo-  
can afasia.
- Broca (1861). Inicialmente localizaba el habla en ambos ló-  
bulos frontales.
- Broca (1865). Especifica que sólo la tercera circunvolución  
frontal del hemisferio izquierdo es el área de las funcio-  
nes motoras del habla. También notó recuperación del habla  
en adultos que tenían esta función alterada y el desarrollo  
normal de la misma en niños con destrucción del área de Bro-  
ca, llamó la atención hacia la plasticidad de las funciones

(109) SMITH, A., Early Brain Damage, Research orientations and clinical observations. Aca-  
demic Press, New York, 1984. Vol. 1 pp. 7 - 15.

cerebrales en niños y en adultos.

- Volupian. Sus estudios de hemisferectomía muestran la mayor plasticidad y recuperación de los cerebros jóvenes que en los de edad avanzada.
- Kussmaul (1877). Llamó la atención a la ley de Volupian de substitución: "el poder de porciones del cerebro para actuar por otras porciones".
- Bastian (1898). Sus hallazgos en estudios clínicos soportan fuertemente la ley de substitución y especialmente el énfasis de Volupian sobre la edad y la gran plasticidad y recuperación de las funciones del lenguaje en daños más recientes que en lesiones más tardías. Además señala que la plasticidad es mayor en niños que en adultos.
- Goldman (1974) viró la atención hacia las marcadas diferencias entre el cerebro inmaduro y el adulto y concluye que hay un rango de mecanismos que subyacen a la plasticidad de las funciones cerebrales.
- Wolt, Striker y Zigmond (1978) notaron y describieron avances en las técnicas bioquímicas y neurofarmacológicas para la elucidación de la anatomía y las funciones del Sistema Nervioso Central, así como de los procesos de recuperación del daño cerebral.

De manera general los datos presentados apoyan la tesis de -- que el cerebro tiene una gran plasticidad, sin embargo, otros autores han cuestionado tal argumentación.

El avance en cuanto a los recursos experimentales disponibles han permitido hacer comparaciones más sofisticadas de lesiones entre varias especies, encontrándose marcadas diferencias

entre ellas, tanto funcionales como neuroanatómicas; al mismo tiempo, los estudios con animales han contribuido al desarrollo de la neurocirugía así como el refinamiento de las técnicas de investigación.

Una amplia gama de estudios experimentales han puesto la atención en la recuperación de funciones, y en la elucidación de las bases anatómicas y neurofisiológicas que subyacen a ésta en funciones específicas a partir de la destrucción cortical de áreas también específicas.

Rosner, Laurence y Stein, y otros han notado la economía y -- recuperación parcial o completa de funciones dejando de lado los conceptos tradicionales de localización exclusiva de funciones específicas en áreas estrictamente localizadas (110).

Los estudios citados no se han avocado sólo a la definición y explicación de la recuperación de funciones alteradas, sino -- también a su organización y desarrollo y a su desorganización a través de lesiones incurridas en diferentes etapas de la ma duración cerebral. Esto es de gran importancia ya que a par-- tír de determinada lesión tienen lugar consecuencias debidas a los efectos anatómicos primarios y secundarios, incluyendo los referentes a la economía neuroanatómica, a la organización rápida o lenta y a la puesta en marcha de determina-- dos mecanismos cerebrales para la recuperación completa o parcial de determinados mecanismos cerebrales para la recuperación com-- pleta o parcial de funciones. Lo anterior depende de varios -- factores de los cuales dos de los más importantes son precisa-- mente el momento del desarrollo en el cual se produce la le-- sión y cuanto tiempo ha transcurrido a partir de que se produ-- jo.

(110) En BACH-I-RITA, P., 1987, p. 85.



El avance en el concepto de plasticidad ha dependido en cierta medida del desarrollo de otros conceptos tales como el de localización. Tradicionalmente se planteaba que las funciones mentales se localizaban en áreas estrictamente delimitadas del córtex, en contraposición con ello Sherrington (111) planteo que cada área cerebral en colaboración con el resto del cerebro y la médula espinal hace una conducta integrada. Esta -- idea significaba dar un viraje en lo que tradicionalmente se pensaba sobre este tema, sin embargo, ello no bastaba pues -- había que explicar como se daba ese trabajo conjunto sin caer en otra postura igualmente radical en la que se considera que cada función es el resultado de la actividad homogénea del -- cerebro.

Los conceptos de plasticidad cerebral y de recuperación de -- funciones fueron introducidos para explicar casos excepcionales en los cuales la destrucción de una área cerebral específica en la que se "localizaba" una función discreta no resultaba en la pérdida de esa función. De tal manera, el entendimiento de la plasticidad desviaba su correcto abordaje por -- una concepción errónea sobre la localización.

Así pues, los conceptos de localización estricta se hicieron incompatibles con los de plasticidad y recuperación de las -- funciones cerebrales.

Uno de los elementos que hicieron cambiar estos conceptos fueron los estudios genético-experimentales que llevaron a esclarecer el desarrollo ontogenético y funcional del sistema nervioso. Jackson en 1874 basando sus observaciones en los hallazgos experimentales clínicos subrayó los principios que -- subyacen a la evolución de funciones cerebrales inferiores y

---

(111) En Smith, A., op. cit. p. 9.

superiores: el desarrollo de lo general a lo específico y su disolución de lo específico a lo general. Por otro lado, el mismo autor señala, explicando el principio de compensación, que varias funciones están re-representadas en estructuras - vecinas y distantes y que pueden asumir tales funciones en - caso de un daño cerebral (112).

A partir de tales estudios, surgía la posibilidad de que la recuperación consistiera básicamente en una reorganización de funciones. Al surgimiento de esta idea contribuyó el hallazgo obtenido en el segundo cuarto de este siglo, en el que la re-colocación quirúrgica de los músculos de la pierna lograba el éxito pues los reflejos complejos y las funciones motoras se reorganizaban.

Otro hecho importante en la evolución de los conceptos fué el descubrimiento de que, a partir de una lesión cerebral, puede tener lugar una recuperación debida a la alta responsividad - de las células, axones y dendritas en función de la demanda - funcional pues esto mismo es así en el desarrollo de una persona normal. Crag mostró que en el córtex visual los cuerpos de las células ocupan sólo el 3% del volumen del córtex, mientras que el 97% está formado por dendritas, axones y glía -- (113). Ello implica que la función visual depende en mucho de la formación de asociaciones permitidas a través de las conexiones que se establecen entre las neuronas, por tanto, en -- los casos de lesiones cerebrales locales el tejido nervioso - restante puede ser altamente funcional y constituir así la base de la recuperación.

Las evidencias que han llevado a considerar a la plasticidad - como una de las dos principales características fundamentales

---

(112) En Luria, 1965, op. cit. p. 45.

(113) En: BACH-Y-RIITA, P., 1987, op. cit. p. 84.

de la corteza cerebral (la otra es su excitabilidad) constituyen sólo el comienzo de una serie de investigaciones que están replanteando la práctica clínica, sobre todo en lo que a la rehabilitación neurológica se refiere.

Bach-y-Rita, considera que la plasticidad es un concepto ligado a un contexto social en el que el nivel de la tecnología y la ciencia van imponiendo ciertas modas que por supuesto se van replanteando. De acuerdo a ello, la plasticidad ha sido definida como la capacidad adaptativa del sistema nervioso, como su habilidad para modificar su propia organización y funcionamiento estructural (114). Así por ejemplo, Konorski la considera como una propiedad del sistema nervioso la cual permite sobrellevar los cambios funcionales que tengan lugar y Bethe como un principio general de vida de los organismos, como la habilidad del sistema nervioso para reorganizarse después de un daño y restaurar su adecuada función. Sin embargo, Bethe no sólo explica a la plasticidad como una capacidad adaptativa, sino que advierte que existen otros mecanismos que posiblemente la subyacen además de la reorganización de funciones y la regeneración del tejido (115).

El concepto de plasticidad cerebral no es acabado, más bien es un concepto que se ha venido desarrollando de acuerdo a los nuevos hallazgos en diferentes disciplinas, sobre todo de aquellos que van aclarando cuales son los mecanismos que subyacen a la recuperación de funciones, no sólo los adaptativos porque se ha visto que hay diferentes grados de recuperación en cada paciente en dependencia de diversos factores.

¿Cuáles son pues esos mecanismos que subyacen a la recupera--

(114) BACH-Y-RITA, P., Plasticidad cerebral. To appear in Goodgold Joseph (Ed.), Rehabilitation Medicine New York, C.V. Mosby Co. (En prensa) p. 2.

(115) Ibid, op. ? y 4.

ción de funciones y la plasticidad? al respecto aún se tienen muchas dudas, sin embargo, hay algunas hipótesis y evidencias que las apoyan.

Según Bach-y-Rita en esencia el daño no es reparado, el cerebro es incapaz de regenerarse por duplicación mitótica de -- sus neuronas y también parece ser incapaz de promover el significativo crecimiento de los axones cortados, tal y como ocurre en los nervios periféricos, por lo que se hacen indispensables otro tipo de mecanismos neuronales (116).

Los mecanismos de plasticidad cerebral pueden incluir cambios estructurales y neuroquímicos de las terminaciones nerviosas de los receptores y del propio cuerpo de las neuronas, éstos se pueden englobar como mecanismos neurofisiológicos. Pero -- también existen procesos, por supuesto muy ligados a los anteriores, cuya complejidad se ubica a otro nivel y que implican no sólo factores de tipo orgánico, sino también de tipo psicológico y social. Tales procesos expresan la influencia no sólo de lo orgánico sobre lo psicológico sino también de lo -- psicológico sobre lo orgánico. Hablamos de los procesos neuro psicológicos.

## B) MECANISMOS NEUROFISIOLOGICOS

Aún no se tiene claro cuales son los mecanismos que subyacen a la plasticidad cerebral, no obstante, existen diversos planteamientos que apuntan hacia ello, fundamentados en investigaciones clínicas y experimentales. En ellas uno de los métodos fundamentales ha sido el de análisis de las lesiones cerebrales en animales y en seres humanos.

Hoy en día nos es claro que el sistema nervioso tiene peculiar

[116] BACH-Y-RITA, P., 1957, op. cit., p. 84.

ridades que hacen posible su readaptación a las condiciones cambiantes, su protección y compensación por esa falta de duplicación mitótica de sus células. Estas van desde las características de las propias neuronas hasta las más complejas interrelaciones entre estructuras cerebrales completas.

Las neuronas tienen propiedades muy importantes que protegen el adecuado funcionamiento del sistema nervioso. Ellas constituyen varios billones de unidades celulares relacionadas entre sí mediante contacto múltiples (sinapsis) y con varias decenas de neuroglías por cada una. Las neuroglías son un complejo de gran importancia para el funcionamiento de las neuronas y particularmente para su plasticidad, esto se reafirma por otro hecho: éstas sí se multiplican.

Cada neurona establece su campo dendrítico y como axónico un número elevado de conexiones sinápticas que las relaciona en variada intensidad con un número elevado de otras procedentes de incluso distantes y diferentes niveles del sistema nervioso. Además las conexiones que entre ellas se establecen pueden ser excitatorias o inhibitorias. La respuesta positiva o negativa de una neurona depende del número, capacidad y signo de las sinapsis en un momento dado y es determinada por el fenómeno de despolarización, el cual es exponencial y sumatorio en donde el tiempo-espacio juega un papel importante. En esa capacidad de las neuronas de establecer un número ilimitado de conexiones de diverso tipo es donde empezamos a advertir las primeras evidencias de la gran capacidad plástica del sistema nervioso (117).

Por otro lado las neuronas tienen un bien establecido sistema de protección que le dan mayores posibilidades de enfrentamiento a las agresiones. Dichas propiedades son (118):

(117) ESTRADA, 6., op. cit. pp. 2-4.

(118) *Ibid.*, p. 84.

1. Supervivencia. Un gran número de neuronas vive todo el --- tiempo de vida del organismo mientras que otro tipo de células mueren y sus sutituyen constantemente.
2. Aseguramiento de sus necesidades metabólicas. El aparato - circulatorio que nutre al cerebro tiene características es peciales que aseguran un aporte constante de oxígeno y nutrientes: 20% del gasto cardiaco va al cerebro y 30% de la glucosa es también destinada al mismo.
3. Excelente protección física. El SNC se encuentra protegido de golpes, compresiones y otras agresiones físicas por un estuche óseo fuertemente constituido por los huesos del -- cráneo y columna vertebral.
4. Excelente protección química. Está constiuida por la barre ra hematoencefálica que actúa a nivel de los vasos capilares del sistema nervioso como filtro que selecciona el paso de las sustancias químicas que pueden o deben llegar has ta las neuronas. Aquí juegan una función importante las -- neuroglías.
5. Una reserva numérica de magnitud considerable. El número - de neuronas con que cuenta el SN de un adulto joven es muy superior a la que realmente utilizamos en la vida. La dife rente capacidad de los individuos estriba en una amplia- ción en el uso de esa capacidad de reserva.

Las propiedades de las neuronas enunciadas anteriormente son la base sobre la cual se despliegan procesos de mucha mayor - complejidad en el SN y que constituyen los mecanismos de la - neuroplasticidad.

Bach-y-Rita es uno de los autores que se ha interesado espe- cialmente por estudiar los mecanismos de plasticidad cerebral.

El plantea algunas hipótesis al respecto: Regeneración, desenmascaramiento de vías, crecimiento regenerativo y colateral y discipación y discrepancia (119). A continuación se revisan algunas de las hipótesis que han tenido una mayor aceptación.

### 1. Regeneración:

Potencialmente todas las neuronas son capaces de regenerar su axón y sus dendritas cuando éstas son lesionadas y destruidas, sobre todo a nivel de sistema nervioso periférico donde incluso se tiene lugar una restitución anatómica completa; en el SNC tal cosa no se había confirmado hasta que tuvo lugar la demostración de una de las formas de regeneración: la colateralización. Experimentalmente se ha demostrado que los axones seccionados pueden regenerarse si las condiciones ambientales le son propicias.

Cuando se presenta una lesión tiene lugar un fenómeno llamado reacción axonal que consiste, en la afectación del soma de la neurona cuyo axón sufre una interrupción, es decir, se produce una degeneración retrógrada que se manifiesta por tumefacción, cromatólisis y excentricidad nuclear. La reacción axonal se produce debido a la interrupción del flujo axonal retrógrado el cual es el que mantiene la información constante a la neurona sobre su integridad anatomo-funcional y de su intercambio bioquímico a nivel sináptico con las neuronas relacionadas o las células efectoras o receptoras de la periferia. Los cambios morfológicos que surgen como consecuencia de la reacción axonal son transitorios y representan el inicio de un proceso celular que se apresta a poner en acción el mecanismo de re-

(119) BACH-Y-RITA, P., En prensa, op. cit., pp. 5-7.

generación en su progreso próximo-distal. Tal proceso no tiene lugar si no se propician ciertas condiciones favorecedoras y en este caso la neurona puede morir (120).

Se cree que entre las principales condiciones facilitadoras de la regeneración está la producción de ciertos factores bioquímicos llamados "factores neurales de crecimiento" (FNC), los cuales son péptidos que, ya sea vía el flujo axonal retrógrado o sanguíneo promueve no sólo la regeneración, sino otros fenómenos muy relacionados con la supervivencia y la colateralización. Entonces la regeneración se da a partir de las neuronas dañadas por el crecimiento dendrítico y axonal. Por otro lado, la regeneración, como ya se mencionaba en párrafos anteriores, tiene otra forma muy importante: la colateralización (121).

La regeneración colateral es el crecimiento desde el cuerpo de una célula intacta o un axón a una región denervada como consecuencia de un normal crecimiento o por la presencia de un vacío en un sitio particular (122).

El principio básico de la colateralización parece ser el mismo. En el área de las unidades denervadas se producen FNC estimulantes que viajan por el flujo axonal retrógrado de las neuronas contiguas, creando así las condiciones para que se produzca la colateralización de esas neuronas intactas que, a su vez, reinervan las regiones denervadas. Esto es, la inervación se redistribuye. Tal proceso sucede así en el SNP y en el SNC también se ha comprobado, pero las condiciones anatómo-funcionales en las que en este úl-

(120) ESTRADA, G., op. cit., pp. 6-9.

(121) Ibid., pp. 10 y 11.

(122) BACH-Y-RITA, P., En prensa, op. cit., p. 7.



timo suceden son mucho más complejas debido a los múltiples contactos sinápticos de distintos sistemas o grupos neuronales y que, además, pueden ser inhibitorios o excitatorios.

Laurence y Stein están de acuerdo en que la interpretación de los mecanismos de ramificación en la regeneración depende de un entendimiento de que es lo que dispara este tipo de reacción y, si en todo caso, es una respuesta especializada al daño o es meramente representativa de otra normal función sinaptogénica. Más adelante se dará nuestro particular punto de vista, resaltando ante todo el papel de los procesos psicológicos en el advenimiento de tales reacciones (123).

La ramificación colateral ha sido demostrada en:

- a) El núcleo septal y núcleos talámicos anterolaterales a partir de una lesión en el hipocampo aferente.
- b) El núcleo dorsal lateral geniculado por lesión del córtex visual.
- c) El tubérculo olfatorio por destrucción del bulbo olfatorio.
- d) El córtex cerebelar por lesión del pedúnculo cerebelar superior.

(123) En BACH-Y-RITA, P., 1987, op. cit., p. 85.

## 2. DESENMASCARAMIENTO DE VIAS

Según Estrada el desenmascaramiento puede definirse como el uso de sinapsis poco o nada funcionales hasta este momento y que ello está ligado al concepto de capacidad instalada o potencialidad anatomo-funcional (124).

El desenmascaramiento se refiere en sí a la utilización de vías que hasta el momento de la lesión, estaban presentes aunque no participando directamente en la función dada. Así, al momento de la afectación esas vías son "llamadas" a surgir donde el sistema ordinariamente dominante falla.

Bach-y-Rita plantea que en el caso de una lesión del SNC la recuperación se da a partir de las vías enmascaradas y que ellas son las que inicialmente estuvieron involucradas con la función particular, pero que a través de un programa de tratamiento adquirieron un nuevo rol funcional. Se puede decir que a partir de unas pocas fibras remanentes puede tener lugar el desenmascaramiento para ejecutar la acción que antes efectuaba la vía afectada. Inicialmente la función puede ser bloqueada debido, por ejemplo, a la inhabilidad de las pocas fibras remanentes para disminuir el nivel normal de inhibición, pero, después los procesos de desenmascaramiento pueden involucrar el mejoramiento de los accesos sinápticos de las fibras restantes a las células que tienen pérdida de la mayor aferencia sináptica para esa particular función (125).

Para ejemplificar lo anterior el mismo autor presenta un caso de recuperación de un paciente con el 97% del tracto

(124) ESTRADA, G., op. cit., p. 15.

(125) BACH-Y-RITA, P., 1987, p. 86

piramidal destruido. Aparentemente el 3% intacto restante del tracto fué capaz de recibir una gran aferencia sináptica por desenmascaramiento de vías no cruzadas al lado contralateral del cuerpo o de vías extrapiramidales. Estrada, considera que también es posible la existencia de un mecanismo homeostático a nivel de las neuronas mediante el -- cual una disminución de la entrada aferente condiciona un aumento de la excitabilidad de las neuronas a los impulsos aferentes remanentes (126).

El desenmascaramiento puede ser también el mecanismo que subyace a la sustitución sensorial. Por ejemplo, una persona ciega aprende a leer con la información de tipo táctil o un sordo compensa sus pérdidas auditivas por las percepciones visuales.

En 1965 A. Dj. Robertson demostró que a la corteza visual llegan impulsos no visuales tales como los auditivos y táctiles (127). Esto puede ser un ejemplo de la presencia de vías alternas no localizadas precisamente en las zonas que tradicionalmente se han considerado como centros de las -- aferencias específicas (auditivas o táctiles, en este caso).

Otro fenómeno que se puede interpretar como producto del -- desenmascaramiento de vías es el de la "facilitación epiléptica", aquí la repetición en el uso de vía por la descarga neural sincrónica del fenómeno epiléptico pone en -- función las relaciones sinápticas existentes pero poco usadas, facilitando determinadas vías e inhibiendo otras.

(126) ESTRADA, G., op. cit., pp. 19 y 20.

(127) En *Ibid.*, p. 21.

La hipótesis sobre desenmascaramiento de vías tiene una -- buena fundamentación, sin embargo, nada es definitivo.

Las conexiones neurales enmascaradas están inhibidas en un estado normal y pueden ser desenmascaradas después de la - ocurrencia de un daño cerebral. De tal desenmascaramiento pueden ocurrir efectos negativos. Por ejemplo la aparición de reflejos patológicos como el de Babinsky, lo cual se -- puede interpretar como el desenmascaramiento de reflejos - que fueron normales en la infancia pero que han llegado a ser inhibidos durante el desarrollo.

Durante el desarrollo del niño la manera de establecer movimientos complejos requiere de la formación de hábitos -- motrices básicos y con ellos el establecimiento de conexio nes temporales cada vez más complejas que van involucrando zonas corticales específicas con funciones más y más diferenciadas, es decir, la dinámica de la localización cerebral de funciones psíquicas cambia durante el desarrollo - ontogenético. Se supone que las vías utilizadas en un primer momento dejan de ser necesarias en etapas más tardías del desarrollo y por lo tanto ya no son utilizadas y en su lugar se forman otras nuevas, más funcionales. De tal manera que podría suponerse que el desenmascaramiento sea un - "retorno" a esas vías en una condición en que, por haber - tenido lugar una lesión que afecte a las normalmente utili zadas, son necesarias nuevamente.

### 3. REORGANIZACION DE FUNCIONES

Respecto a esta hipótesis se plantea que hay un reordenamiento de las funciones perdidas o perturbadas tanto en - las áreas devastadas como en las zonas contiguas o distantes que tienen que ver con la función.

Hay ejemplos de recuperación que han sido interpretados en este sentido:

- Pacientes con lesión destructora del área de Broca del hemisferio dominante presentan afasia motriz eferente que se recupera con pocas secuelas después de varios meses de rehabilitación activa. La hipótesis más aceptada es la de que la función se reorganiza en el otro hemisferio, sin embargo, las observaciones clínicas han mostrado que dicha reorganización se realiza en zonas contiguas al área lesionada, ya que en estos pacientes se pierde la función motriz del lenguaje permanentemente cuando un nuevo infarto destruye las zonas que rodean a la lesión anti-gua.
- La mejoría de lesiones bilaterales en paciente hemisferectomizados.
- La superación quirúrgica del hemisferio atrófico mejora el estado funcional del sano al suprimirse las influencias anormales que provienen del hemisferio enfermo.

En el primer ejemplo parecen estar implicados los procesos de regeneración, colateralización y desemascaramiento en la reorganización de la función en una área de la corteza que, por tener conexiones anatómicas de poco uso con el área dada, entra en capacidad de sustituirla al reordenarse las aferencias excitatorias-inhibitorias provenientes de las neuronas lesionadas y de otras no lesionadas.

En los otros ejemplos, la reorganización es posible gracias a la supresión de la influencia negativa del hemisferio dañado sobre el hemisferio sano.

Hasta este momento se han considerado las suposiciones res

pecto a la reorganización de funciones en cuanto a los procesos fisiológicos únicamente, es decir, la reorganización dada a partir de procesos que suceden en el tejido nervioso para reestablecer el funcionamiento normal.

La reorganización de funciones debe entenderse también tomando en cuenta el papel de los procesos psicológicos y -- neuropsicológicos, claro, sin negar de ninguna manera las transformaciones neurofisiológicas como una de sus bases.

### C) PROCESOS NEUROPSICOLOGICOS

Para fundamentar la tesis de que los procesos psicológicos -- también tienen que ver en la plasticidad cerebral partimos de inicio de que hay una correlación entre la organización de -- los procesos cerebrales (bioquímicos, eléctricos, fisiológi--cos, etc.) y la organización estructural de los procesos psíquicos (vid supra., cap. I y II). La cuestión de la plasticidad cerebral implica no sólo el cómo se dá la dinámica de la recuperación cerebral y el cómo ésta induce a la recuperación de las alteraciones psicológicas, sino también el cómo la reorganización de los procesos psíquicos pueden influir en la reorganización de los procesos cerebrales.

Sabemos que el estado orgánico afecta a lo psíquico (v. gr., las enfermedades afectan de diverso modo el estado emocional del paciente; si hay lesión neuronal se alteran los procesos psíquicos en diverso grado; etc.), pero también lo psíquico - afecta a lo orgánico y en este sentido la plasticidad cerebral implica la influencia no sólo de la organización neuro--fisiológica sobre la psicológica sino también en el sentido - inverso.

Durante el desarrollo ontogenético el proceso de maduración -

del sistema nervioso, en el sentido de desplegar todas las potencialidades del niño, no se dá de manera espontánea, sino - que depende del nivel de las experiencias del niño, del grado y calidad de su estimulación y de cómo estén organizadas sus oportunidades educativas.

Citando a Kasatkin, Liublinskaia dice que la estimulación -- trae consigo una mielinización mucho más rápida de la fibra - nerviosa y por consiguiente la formación de los reflejos condicionados puede por sí misma acelerar el proceso de desarrollo morfológico de la corteza. Esta autora afirma que la influencia organizada sobre el aparato nervioso del niño es de gran importancia para su desarrollo, que el buen desarrollo - del recién nacido únicamente es posible cuando su vida ha sido organizada de modo que sucite planificadamente el necesario funcionamiento de su actividad nerviosa superiores (128).

En tal sentido los procesos psíquicos van jugando en el transcurso del desarrollo del niño un papel más importante sobre - la maduración de las estructuras neuronales involucradas. Por ejemplo, la adquisición del lenguaje permite el establecimiento de nuevas y más complicadas conexiones neuronales, lo mismo sucede con otros procesos psíquicos complejos tales como el pensamiento y la voluntad.

La plasticidad entonces debe ser abordada considerando el -- principio fundamental de la relación dinámica entre la organización neurofisiológica y neuropsicológica de la actividad -- nerviosa superior, para así entender no sólo los procesos de recuperación "espontánea" a partir de lesiones cerebrales, - sino también y sobre todo poder inducirla positivamente.

---

(128) LIUBLINSKAIA, A.A., Desarrollo psíquico del niño. México, D.F., Grijalbo, 1985. p. 67

En la teoría neuropsicológica se postula que a partir de una lesión cerebral que provoca un síndrome específico la recuperación tiene como base la reorganización de funciones.

Para explicar lo anterior es necesario referirse a algunas tesis ya planteadas en el Capítulo II:

Primero. Recordemos que las funciones psíquicas están organizadas como sistemas funcionales. El sistema funcional está organizado en zonas del córtex diferentes y a veces distantes entre sí, cada una de las cuales cumple un papel específico en la realización de la función. Las partes del sistema funcional tienen una gran movilidad y se caracteriza porque ante la presencia de una tarea constante, el logro del objetivo -- puede ser obtenido por mecanismos variables para llegar a un resultado constante.

De este primer punto se desprende que el hablar de reorganización funcional no solamente implica a los procesos neurales, sino también la relación psiquismo-cerebro, en donde lo psíquico adopta un papel activo y dinámico en la reorganización de la función en todos sus aspectos.

Segundo. Partiendo de la concepción de la organización cortical de los procesos psíquicos como sistemas funcionales, su localización es también concebida de manera sistémica y dinámica.

Esto es, los sistemas funcionales están organizados en grupos de zonas corticales que trabajan concretamente, cada una de las cuales juega un papel específico en el sistema y que pueden estar situadas en áreas completamente diferentes y qui-



zá distantes del cerebro (129) (130) (131).

Para la plasticidad tal concepto de la localización puede significar que al hablar de la pérdida de una función dada como resultado de una lesión cerebral es realmente posible obtener una recuperación en mayor o menor grado, dependiendo del caso específico. Esto se basa en que la tarea constante que requiere llegar también a resultados constantes puede ser realizada por medios variables gracias a que la función no es exclusiva de una zona cortical limitada, sino que es resultado del trabajo organizado de varias zonas. De tal modo que esa posibilidad de llegar al resultado constante por medios variables en la práctica implica la reorganización de ese sistema funcional.

Por otro lado, al hablar de sistema funcional se asume también que los procesos psíquicos tienen una organización estructural definida y cada eslabón del proceso es asumido por alguna zona específica, por tanto, al presentarse una lesión la función psíquica no es perdida en sentido estricto, sino que se da una desorganización del sistema por la alteración de -- alguno o algunos de los eslabones. Respecto a cómo se da tal reorganización se tratará más adelante.

Tercero. El sistema funcional además del carácter sistémico de su localización tiene otra característica importante: es también dinámica. Esto quiere decir que su organización no -- está dada de una vez y para siempre sino que cambia esencialmente durante el desarrollo ontogenético.

Según Luria el carácter sistémico de los sistemas funcionales

(129) LURIA, A., op. cit. 1979. p. 47.

(130) LURIA, A., op. cit. 1985. p. 138.

(131) LURIA, A., op. cit. 1986. pp. 25 y 26.

se manifiesta en tres sentidos:

1. Cambia la estructura funcional del proceso psíquico. El desarrollo de cualquier tipo de actividad consciente compleja al principio es extensa y más tarde se va condensando - hasta convertirse en una habilidad motora automática (v. gr., melodías cinéticas). Las acciones aisladas al principio requieren su propio fin específico pero más tarde se convierten en modo fijos de actuar hacia aquel objetivo, - es entonces cuando éstas se convierten o sirven como medio para realizar otros fines.

Dado que el proceso psíquico recorre varias etapas en su desarrollo también hay un papel diferente en la organización cortical en cada una de ellas de acuerdo a las necesidades inducidas por la diferentes estructura del proceso.

Es posible suponer que en el caso de una alteración del proceso psíquico en un adulto por lesión cerebral se está ante una estructura psicológica afectada que puede ser reorganizada -- como respuesta a las nuevas condiciones. Podría pensarse en una "llamada" a la vía funcional en desuso que participó cuando se estaba formando el proceso. Por ejemplo en el caso de un hábito motor ya establecido cuando se comete un error el individuo toma consciencia de ello y se plantea el objetivo de realizar la actividad como es debido, de corregir la parte errónea; para ello debe separar el eslabón equivocado del total de la acción en que estaba incluida, así, la operación -- que era parte de una acción y servía como medio para alcanzar un fin se hace de nuevo una acción independiente que tiene su propio fin: enmendar el error (132).

(132) VYGOTSKY S. El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Ed. Crítica Grijalbo, Barcelona, 1979.

2. Cambia la organización cerebral del proceso. A partir de - que hay un cambio en la estructura funcional del proceso - la participación de ciertas áreas corticales durante las - primeras etapas de formación del niño no serán ya necesa-- rias en etapas más tardías y la actividad comenzará a de-- pender de un sistema diferente de zonas de trabajo concer-- tado.

El postulado anterior sirve de fundamentación a la hipótesis sobre el desmascaramiento de vías o, más bien de áreas que - en el proceso del desarrollo jugaron un papel importante para el sistema pero que después quedaron relegadas o supeditadas pero que ahora, ante una situación de daño de las zonas res-- ponsables, vuelven a ser necesarias para cubrir la función.

La importancia de cada zona cambia también. Si en un princi-- pio la formación de los centros "superiores" depende de la ma-- durez de los "inferiores" subordinándolos a su acción, según Vygotsky, esta relación cambia y ya en el adulto los primeros subordinan a estos últimos. Esta correlación inversa conduce a que la lesión de una misma región del córtex provoque sín-- dromes distintos en las diferentes etapas del desarrollo (133).

3. Cambia la organización interfuncional de los procesos psí-- quicos superiores. la relación entre los diferentes siste-- mas funcionales no se mantiene constante. En las primeras etapas del desarrollo la actividad del niño descansa sobre una base más elemental y depende de funciones basales (bus-- car referencias en la experiencia directamente percepti-- ble). En períodos subsiguientes del desarrollo de la acti-- vidad psíquica no sólo adquiere una estructura más comple--

(133) VYGOTSKY, L. S., [l] desarrollo de los procesos psicológicos superiores, Ed. Crítica - Grijalbo, Barcelona, 1979. . .

ja, sino que también empieza a desarrollarse con la estrecha participación de elementos estructuralmente superiores (v. gr. el lenguaje).

Vygotsky afirma que las funciones psíquica superiores, formados sobre la base de los procesos "elementales" empiezan a influir sobre sus fundamentos y que incluso las formas más simples de los procesos psíquicos se reestructuran bajo el efecto de la actividad psíquica superior.

En el caso, por ejemplo, de los ciegos la falta de un analizador que en condiciones normales es fundamental para la lectura (el visual) el papel dominante puede ser asumido por otro analizador (el táctil). En los sordos la comprensión del lenguaje oral puede ser asumida por otro analizados, el visual - por ejemplo. Así, la relación entre los procesos cambia en -- dependencia de la demanda funcional.

La estructura de la actividad psíquica no permanece idéntica a lo largo de su desarrollo. Las etapas de la actividad - intelectual que se inicia como actos complejos desplegados, -- apoyándose en una serie de medios externos auxiliares, paulatinamente, a medida que se van asimilando, se convierten en - procesos internos perfectamente automatizados que ya no necesitan de esos apoyos externos.

Seguramente tal proceso no implica una simple reducción de la acción que antes estaba desplegada, sino un desarrollo funcional de la actividad que incluye una reestructuración mucho -- más compleja que no sólo cambia la estructura básica de la acción sino también su base fisiológica.

La dinámica de la organización funcional está predominantemen te influida por factores histórico-sociales. Durante el proceso de desarrollo histórico del hombre se van estableciendo -

nuevas correlaciones entre distintos núcleos cerebrales, la utilización del lenguaje con sus códigos sonoros suscita nuevas relaciones funcionales entre las regiones temporal (auditiva) y cinestésica (sonsomotora) del córtex (134).

En la recuperación del paciente con daño cerebral sin duda -- tiene lugar un proceso de reorganización funcional, entendido que incluye una serie de cambios tanto a nivel del tejido nervioso como a nivel de la actividad psíquica. Las tesis postuladas en párrafos anteriores fundamentan esta idea y además nos permiten explicar de manera aproximada los factores que pueden incidir en la recuperación a diferentes niveles de pacientes con daño cerebral y sobre todo también orientar e inducir el proceso.

4. El lenguaje matiza prácticamente a todos los procesos psíquicos y por lo tanto puede jugar un papel importante en la organización de las estructuras nerviosas que subyacen a tales procesos. El lenguaje permite acelerar el conocimiento de las múltiples relaciones entre los diferentes objetos y fenómenos de la realidad; constituye un conjunto de códigos que señalizan las propiedades diversas de los objetos, los reproduce en forma de representaciones y organiza la experimentación con ellos; es referente directo del mundo objetivo, codifica la experiencia, la generaliza, orienta las acciones presentes y anticipa y -- planea otras futuras.

El lenguaje tiene una importante función en el desarrollo de la actividad voluntaria del niño, en cuanto que poco a poco -- va mediatizando, regulando, dirigiendo y orientando sus accio

---

(134) LEONTEV, A.N., op. cit., p. 71.

nes hacia objetivos previamente planteados.

6. Los procesos psíquicos superiores, entre ellos la voluntad, juega de suma importancia en el logro de la recuperación funcional, siempre y cuando el daño cerebral no destruya las áreas terciarias de el lóbulo frontal.

Por ejemplo, el proceso terapéutico llegará a mejores resultados si el paciente está plenamente comprometido en su recuperación, si adopta un papel activo poniendo en marcha sus procesos volitivos, fijándose metas concretas, objetivos precisos, planteando la forma de lograrlo (en colaboración con el terapeuta) y realizando las actividades necesarias para ello. Un paciente que no participe de esta manera tiene una posibilidad de recuperación más limitada y lenta.

El proceso voluntario es pues de suma importancia en la recuperación, sin embargo, debido quizá a que se ha tenido una -- concepción errónea de éste (como "fuerza de voluntad") y a -- que no se ha esclarecido su estructura psicológica no se le -- ha utilizado en forma sistemática y planeada en el trabajo -- terapéutico. Es bien sabido que el hombre es el único ser vivo con la capacidad de dirigir sus actos de manera propositiva y consciente hacia la obtención de objetivos previa y claramente delimitados y que esta capacidad le ha dado la posibilidad de transformar no sólo el mundo externo, sino también a sí mismo.

El hecho de que la voluntad le da al hombre la posibilidad de transformarse a sí mismo es una amplia y merecida justificación para contemplarla como un elemento importante en la terapia de los pacientes con daño neurológico.

**C O N C L U S I O N E S**

**POTENCIALIDADES DE LA EEF EN LA REHABILITACION**  
**DEL HEMIPLEJICO**

## CONCLUSIONES

### POTENCIALIDADES DE LA EEF EN LA REHABILITACION DEL HEMIPLEJICO:

El beneficio óptimo de cualquier técnica utilizada en la clínica neurológica, específicamente en el área de la rehabilitación, requiere de un marco teórico definido que enfoque el -- problema del paciente con una visión integral sobre el individuo, ya que esto da la posibilidad de realizar un trabajo conjunto inter y multidisciplinario, cada profesional especializado en su área pero teniendo los mínimos elementos para analizarlo como un todo y no como distintas partes aisladas.

En el sentido arriba planteado una de las tesis esenciales de este trabajo es que el psicólogo puede y debe involucrarse en el estudio del sistema nervioso central y sus alteraciones. - El interés por la utilización de esta técnica por el psicólogo está fundamentalmente orientada a un intento de lograr una integración de diferentes aspectos de una misma realidad.

En este capítulo se intenta, sabiendo de antemano las dificultades y limitaciones que ello implica, abordar un problema -- concreto tratando de retomar algunos datos de tres disciplinas diferentes pero a la vez relacionadas: se trata de la rehabilitación del movimiento voluntario en pacientes hemipléjicos valiéndose de la técnica de EEF, dos preguntas se plantean entonces: ¿Cuáles son los procesos que subyacen a la acción de la técnica sobre tal rehabilitación? y, a partir de -- lo anterior, ¿Cómo se puede lograr su uso más efectivo? para tratar de dar alguna respuesta (definitivamente no se logrará agotar en este trabajo) es necesario considerar los conocimientos en el campo de la psicología, la neurofisiología y la neuropsicología.



Se abordan las suposiciones acerca de la acción de la EEF haciendo un seguimiento imaginario desde el momento en que la aplicación de la estimulación activa los procesos neuromusculares. Aunque los músculos son inervados en líneas generales, según segmentos de la médula espinal (fig. 9), cada músculo grande recibe inervación de dos o más raíces (vid. supra., --cap. III), de tal manera que al aplicar la corriente eléctrica directamente al músculo paralizado la estimulación afecta a diferentes músculos o grupos musculares y por tanto no se conduce por una sólo raíz nerviosa sino por varias de ellas.

Partiendo de lo anterior, el impulso eléctrico toma dos caminos: por un lado, distalmente para producir un movimiento y, por otro, proximalmente no sólo a partir del punto estimulado sino también de los propios músculos que se han movido, es --decir, se dá una retroalimentación sensorial.

Al llegar a la médula espinal, a través de diferentes raíces nerviosas, la estimulación no sólo alcanza a las neuronas motoras y sensitivas, sino también a las interneuronas cuyo papel principal es de asociación.

La EEF pone en marcha la actividad de la médula espinal que se encuentra intacta pero que con la lesión cortical está inhibida. La estimulación actúa aquí como un sustituto artificial del proceso electrofisiológico. El sistema inhibitor Renshaw que en condiciones normales permite la transmisión del impulso sin disminución de la señal primaria y suprime la tendencia de las señales a difundirse a neuronas vecinas parece no cumplir con esta función en condiciones de una estimulación artificial. La estimulación eléctrica provoca en principio movimientos gruesos no diferenciados, la excitación, puede suponerse, se difunde a neuronas vecinas.

El hecho de que este sistema inhibitor no esté presente fun--

cionalmente hablando puede deberse a que los centros elevados son determinantes en la modificación y regulación de la actividad de la médula espinal, aunque no la desplaza. La capacidad de respuesta organizada a nivel de la médula espinal se mantiene y eso es precisamente lo que activa la electroestimulación.

La estimulación no puede quedar a nivel de la médula espinal, o más bien si, dependiendo del programa terapéutico que se siga. Si lo que se pretende es que la electroestimulación sea sólo un auxiliar ortésico, un sustituto mecánico del funcionamiento neuromuscular normal, el impulso puede quedarse ahí y en este sentido quizá no se logre mucho en cuanto a una verdadera recuperación funcional. Pero si lo que se pretende es -- lograr una recuperación funcional y consecuentemente con ello el enfoque terapéutico es diferente, el nivel de acción de la estimulación tiene que ir más allá de los segmentos medulares, sobre todo si retomamos la idea de que los reflejos forman -- los trayectos básicos organizados sí en la médula espinal pero regulados desde los centros más elevados mediante la excitación y la inhibición. Esta regulación está orientada por el programa motor voluntario organizado a nivel de la corteza -- cerebral.

La forma en que la estimulación eléctrica puede alcanzar niveles más elevados debe ser a través de los diferentes haces de fibras que parten de y llegan a la médula espinal (vid. supra., cap. III).

De especial importancia es la vía cortiespinal. En el capítulo III se mencionaba que dependiendo de la intensidad y frecuencia de la estimulación en la corteza se podían producir movimientos en otros grupos musculares o que el mismo movimiento puede ser obtenido desde puntos cerebrales diferentes debido muy probablemente a que en la corteza hay representa-

ción múltiple. Esto es muy importante porque suponiendo una lesión en la zona 4 de Broodmann (fig. 5), de donde parte un contingente considerable de vías corticoespiniales, la estimulación pudiera empezarse a integrar en otras zonas intactas que participan en esta representación múltiple.

Por otro lado la vía cortiespinal tiene no sólo funciones motoras, sino también sensitivas, modulando así la información que reciben los centros, discriminándola de acuerdo a los objetivos en la actividad, facilitando la entrada de información significativa y marginando la que no lo es. Aquí es importante resaltar nuevamente que la recuperación funcional implica si una serie de cambios neurofisiológicos, pero con ello una reorganización funcional en la corteza y por ende de las funciones psíquicas superiores (vid. supra., cap. VI).

La EEF debe ser usada en el marco de un programa terapéutico que tenga como objetivo lograr la reorganización de las funciones afectadas en base a las intactas. La estimulación debe estar inscrita en alguna tarea concreta, que tenga un objetivo bien claro y delimitado en donde ese movimiento burdo y sin control empiece a tratar de ser regulado por lo intereses del paciente. Se trata de un reestablecimiento de la organización sitémica en donde los procesos voluntarios superiores reestablezcan las conexiones con los procesos neuromotores elementales.

La recuperación auxiliada por la EEF parte primero de la producción de movimientos gruesos que se pretende vayan quedando poco a poco bajo el control del propio paciente. Para ello el movimiento que artificialmente se produce bajo el influjo de la estimulación debe ser utilizado para lograr algún objetivo preciso (por ejemplo tomar algún objeto, llevárselo a la boca, etc.) la complejidad debe ir poco a poco aumentando en dependencia de los avances en la terapia. El lograr que el pacien-

te empiece a controlar el movimiento implica no la consciencia de cada movimiento particular por sí mismo porque incluso el mayor esfuerzo consciente provoca una mayor espasticidad e imposibilidad para lograrlo, sino la consciencia de lograr el objetivo propuesto de la actividad.

De gran importancia es la vía piramidal (corticoespinal), la cual excita reiteradamente la actividad deseada que luego al ser programada y automatizada queda a cargo del sistema extra piramidal hasta que son engramas bién habituados. Si el sistema piramidal está dañado obviamente no hay una vía de salida para los movimientos programados. La tarea de la EEF sería -- contribuir de alguna manera en la facilitación de la puesta -- en marcha de distintos mecanismos de recuperación cerebral. -- Ello implica utilizar un mecanismo de recuperación cerebral, más bien varios, que son "puestos en marcha por la acción de la EEF". Podría hacerse un símil con un principio del desarrollo ontogenético: programar patrones simples e irlos perfeccionando mediante las repeticiones de tales unidades del -- engrama motor, después combinarlos y encadenarlos para formar patrones motores más complejos. Sin embargo, aquí, a diferencia del desarrollo ontogenético, el proceso es cualitativamente diferente pues, entre otras cosas, el adulto cuenta con -- otros procesos psíquicos superiores desarrollados tales como la voluntad y el pensamiento, los cuales pueden jugar un papel muy importante para lograr la reorganización funcional de la corteza. Así por ejemplo, es bien sabido que el establecimiento del engrama motor para volverse automático depende, -- más que de la repetición, del entendimiento de la tarea y su ubicación dentro del acto voluntario.

Se mencionaba ya que el establecimiento del engrama tiene como base la facilitación de una actividad refleja específica -- por el sistema piramidal hasta que comience a desarrollarse un control extrapiramidal (automatizado). En el caso de la --

utilización de la EEF, a partir del movimiento artificial --- asociado con una tarea voluntaria específica quizá, corriendo el riesgo de especular, se trata de reestablecer la vía interrumpida entre la acción de la vía piramidal y las áreas de la corteza que son la base para plantear la tarea, o de establecer una nueva conexión por otra vía o por la utilización de una vía latente que en algún momento del desarrollo había tenido a su cargo esa función pero que después había sido desplazada y por tanto no había estado funcionando (vid. supra., capítulo VI).

Si bien la coordinación neuromuscular es un cargo importante de las estructuras subcorticales, la corteza cerebral organiza, regula, controla y supedita el movimiento muscular a los programas de actividad consciente y voluntaria de orden superior.

La inhibición del movimiento irrelevante es importante en la actividad motriz y la capacidad de inhibición aumenta con la práctica continua adecuada dando lugar a un engrama más veloz, resistente y complejo ya que no hay irradiación hacia músculos distintos y su actividad se impide. Este "entrenamiento" de la inhibición tiene como base un papel selectivo en donde son relevantes las actividades y señales acordes con el objetivo de la tarea voluntaria.

El proceso arriba mencionado es posible por un sistema de retroacción sensorial, en donde el elemento más importante es la propiocepción de las terminaciones que pueden ser facilitadas porque permiten el movimiento adecuado para la realización de la tarea. En el paciente hemipléjico la FEF puede facilitar el movimiento de algunos grupos musculares pero tales movimientos se ejecutan artificialmente (no lo realiza el paciente por su propia cuenta) y de manera gruesa pues no hay inhibición de ciertos movimientos irrelevantes necesaria para

la actividad distal fina. El establecimiento de patrones motores no yá artificiales sino funcionales así como su refinamiento puede ser apoyado por su contextualización en el marco de una actividad concreta voluntaria en el que el monitoreo - consciente consiste no en la atención directa a cada movimiento sino en el planteamiento de objetivos de la actividad como un todo, la realización de las operaciones necesarias para su logro y un reconocimiento retrospectivo de los errores cometidos.

Claro que todo lo anterior depende en gran medida de las propias capacidades del sistema nervioso para reorganizarse. Recordando algunas de sus características, mencionadas en el capítulo III:

1. El número de las neuronas que lo constituyen son alrededor de 10 elevado a la oncecava potencia.
2. Cada neurona establece algo así como 6,000 sinapsis.
3. Unas sinapsis producen inhibición mientras que otras producen excitación.
4. El mensaje nervioso depende del tipo de neurotransmisor específico que participa en el proceso sináptico (hay por lo menos unas cuantas decenas de neurotransmisores descubiertos) y además también hay acción de factores hormonales.
5. La capacidad potencial del sistema nerviosa es muy superior a la capacidad realmente instalada.

Así pues una lesión cerebral que no lleve a la muerte difícilmente puede acabar con todas las posibilidades de un individuo. De tal manera queda la posibilidad de utilizar esa capacidad "remanente" del sistema nervioso.

Al enfocar el proceso de recuperación y rehabilitación de diferentes lesiones cerebrales e incluso de lesiones muy similares han de tenerse en cuenta factores determinados y no determinados. Por ejemplo, en algunas lesiones aparentemente idénticas suelen determinar alteraciones similares y recuperarse total o parcialmente con idénticos procedimientos, mientras - que en otros pacientes con las mismas lesiones los resultados pueden ser muy diferentes posiblemente porque estén en juego otras lesiones asociadas y desconocidas o porque esten actuando otros factores en la reorganización de las funciones - del sistema nervioso. Tal reorganización funcional está en dependencia de patrones de activación de las estructuras afectadas. Esto quiere decir que las fibras musculares a pesar de su alto grado de especialización tienen la capacidad de cambiar sus propiedades bioquímicas, fisiológicas y estructurales en respuesta a los patrones de activación que actúan sobre su base neuronal.

En consonancia con lo anterior Bach-y-Rita- señala ocho factores relacionados con la reorganización de funciones después - de ocurrir una lesión cerebral:

1. El sustrato neuronal (sus características, que tanto ha sido dañado, propiedad de plasticidad, etc.).
2. Una terapia adecuada.
3. La edad.
4. El tiempo transcurrido a partir de la lesión.
5. La motivación.
6. El ambiente.

7. La familia.

8. El médico (nosotros diríamos mejor la atención profesional interdisciplinaria).

En cuanto a los factores de neuroplasticidad una terapia puede valerse de la EEF como un trasfondo operativo que facilite el reestablecimiento de las funciones afectadas, aprovechando esa capacidad de "reserva" siempre y cuando sean considerados los aspectos neurofisiológicos, neuropsicológicos y psicológicos de la recuperación.

Además, tomando en cuenta otros mecanismos de neuroplasticidad, tales como la regeneración axodendrítica (vid. supra., - cap. VI), estos son puestos en marcha si las condiciones ambientales le son propicias. Continuando con las ideas en este sentido, lo importante es saber qué es lo que dispara la puesta en marcha o aceleración de esos mecanismos y lo más seguro es que ello sea la propia estimulación funcional organizada - en un programa de rehabilitación.

Por ejemplo, respecto a la hipótesis que plantea que es posible un proceso de desenmascaramiento de vías, se antoja pensar que la estimulación probablemente viaja por las vías alternas (enmascaradas que hasta el momento de la lesión habían estado presentes pero de manera latente. Esa "llamada" de las vías - alternas puede ser favorecida por la acción de la EEF, así -- aunque sean pocas las fibras remanentes éstas pueden "retomar" el rol funcional de las vías dañadas. Bach-y-Rita plantea que el principio esta utilización de las vías puede ser bloqueada debido quizá a la inhabilidad de las fibras para dominar el - nivel normal de inhibición (135), puede ser posible que la --

(135) BACH-Y-RITA, P., op. cit.



EEF contribuya a lograr ese dominio.

La sola utilización de la estimulación eléctrica no puede llevar a la recuperación de la función, sino que es necesario -- orientar la terapia hacia la reorganización estructural y cerebral de los procesos psíquicos, sobre esto se abundo en el capítulo anterior.

El propio desarrollo del niño evidencia que no es suficiente contar con un buen potencial neurobiológico, éste solo puede desarrollarse en dependencia de las condiciones ambientales y psicosociales en que se viva (la adecuada organización de la vida del niño, una adecuada educación y estimulación de sus - capacidades, etc.).

La EEF, así como cualquier otra técnica de rehabilitación debe contar con un buen fundamento teórico basado en los datos de diferentes disciplinas.

Es de gran importancia retomar una de las tesis centrales de la neuropsicología, la cual plantea que los fundamentos cerebrales de los procesos psíquicos están relacionados en sistemas funcionales. Cuando se inicia con la aplicación de la estimulación eléctrica lo que se produce es un movimiento artificial organizado a nivel medular, la tarea es lograr que este movimiento se vuelva funcional, un movimiento que sirva al paciente contextualizada en una tarea consciente dirigida y - planeada, es decir, voluntaria.

El logro paulatino en el control de la actividad motriz implica en el establecimiento de una conexión entre ese movimiento, - en principio mecánico, con los procesos psíquicos superiores reguladores de toda actividad humana. Esas conexiones funcionales necesariamente deben involucrar alguno o algunos procesos nerviosos, sean estos desenmascaramiento de vías, produc-

ción de regeneración axónica y dendrítica, colateralización de vías, reorganización de funciones o algún otro proceso no contemplado aquí.

Cuando la EEF se utiliza como un simple auxiliar ortésico las posibilidades de recuperación reales se ven disminuidas, pues el sistema pasa a ser como una parte más de una máquina el cual cumple con su función específica, independientemente de las demás del mecanismo. De esta manera esa pieza no modifica ni propicia un cambio en la organización total del organismo.

Una visión diferente es donde lo que se intenta es contribuir al logro de la recuperación del movimiento voluntario y se fundamenta importantemente en el conocimiento de la base material del proceso psíquico como sistema funcional, en el principio de su organización y localización dinámicas y sistemáticas (vid. supra., cap. II y VI), en el que se fundamenta que el desarrollo de las funciones psíquicas no sólo cambia la organización estructural del proceso, sino también su organización cerebral e interfuncional.

En el caso de un paciente con lesión cerebral como el del hemipléjico hay una desorganización funcional del proceso voluntario a causa de una destrucción de alguna área cortical involucrada que impide el movimiento de los músculos de un lado del cuerpo, sin embargo, la voluntad no está perdida y tampoco la consciencia ni el lenguaje. De igual manera sólo una parte de la masa cortical está afectada más no todo el cerebro; por tanto hay fundamentos suficientes para suponer que la reorganización funcional puede ser orientada con un adecuado programa terapéutico que considere la utilización de los procesos psíquicos superiores tales como la voluntad.

Es necesario entonces que el trabajo de rehabilitación con pacientes que presenten daño cerebral sea abordado con una perspectiva

pectiva que integre los conocimientos actuales de las neurociencias y la psicología, la cual debe cada momento interesarse más en el estudio de la base neuronal de los procesos psíquicos superiores.

A partir de todo lo abordado en este trabajo y específicamente del ejemplo dado sobre la utilización de la EEF en la rehabilitación del movimiento voluntario se puntualizan algunas conclusiones generales:

1. La psicología tiene un lugar muy importante en el conjunto del área de las neurociencias tanto para enriquecerlas como para desarrollarse ella misma y tanto en lo que se refiere a investigación, prevención, diagnóstico y rehabilitación de alteraciones psíquicas como neuronales.
2. El psicólogo debe formar parte del equipo de profesionales que investiga y trata alteraciones neuronales.
3. El proceso de rehabilitación neurológica debe estar sustentada en una adecuada concepción no sólo de los procesos orgánicos que se ven alterados sino también de los aspectos psicológicos y sociales que involucra.
4. En el proceso de recuperación del paciente debe considerarse que los procesos psicológicos pueden jugar un papel determinante (v. gr. la voluntad).
5. Cualquier técnica de diagnóstico o rehabilitación debe ser utilizada sustentándose en un conocimiento amplio de los procesos de organización nerviosa pero sobre todo en un enfoque teórico-práctico que parta de la tesis acerca de la estrecha unidad que hay entre los procesos biológicos, psicológicos y sociales.

6. Se pueden obtener resultados óptimos de la EEF en la rehabilitación de alteraciones que afecten al movimiento voluntario (v.gr . la hemiplejía) siempre y cuando se considere que los procesos de plasticidad neuronal pueden ser estimulados por una adecuado programa terapéutico que influya -- también sobre los procesos psicológicos y sociales.

## B I B L I O G R A F I A :

- ADAMS, R.V., "Degenerative Disease of the Nervous System". Principles of Neurology. New York, Ed. Mc Graw Hill, 1985 No. p.284.
- ARDILA, Alfredo, Psicofisiología de los procesos complejos. México, Ed. Trillas, 1979. No. pág. 183.
- BACH -y- Rita, Paul, "Sensory substitution for space gloves and for space robots" To appear in Proceedings, Jet Propulsion Laboratory -- Telerobotics Work. January 20-22 Pasadena California, 1982.
- BACH y Rita, Paul, "Process of recovery from stroke". En Brandstater, -- M.E. y Basmajian, J.V. (Eds.) Stroke Rehabilitation. Batimore, 1987. Williams & Wilkins, pp- 80-108.
- BACH y Rita, Paul, "BRain Plasticity" EN: Goodgold Joseph. (ed.), Rehabilitation Medicine. New York, C.V. Mosby Co., (En Prensa). pp 1-19.
- BAJD, T. and Trnkoczy, A., "Attempts to optimise functional electrical - stimulation of antagonistic muscles by mathematical modeling. Journal Biomech. Vol. 12, 1981.
- BACKER, Lucinda and Parker, Karen, "Neuromuscular electrical stimulation of the muscles surrounding the shoulder" Physical Therapy. Vol. 66 Number 12, December, 1986.
- BASMAJIAN, John., "La biorrealimentación en el ejercicio terapéutico". - En: Basmajian, Jonh, Terapéutica por el ejercicio. Ed. panamericana. Buenos Aires, 1982. pp 181 a 187.
- BRANDELL, Bruce., "The study and correction of human gait by electrical stimulation". American surgeon, Filadelfia, 1986. Vol. 52.
- BRINDLEY, G., Polkey. S. and Rushton, D., "Electrical splinting of the - Knee in paraplegia". Paraplejia, Vol. 16, 1987.
- CAIRO, Valcárcel, Edurardo., Neuropsicología. Universidad de la Habana - Facultad de Psicología. La Habana, 1987. No. Pág. 264.

- CHUSID, Joseph., Neuroanatomía correlativa y neurología funcional. Séptima edición. Ed. El Manual Moderno, México, 1987. pp 198-240. Núm. pág. 580.
- CONTRERAS, Carlos., El Movimiento. Programa de Publicaciones de material didáctico, Fac. de Psicología, UNAM, México, 1989.
- COOPER, E., Bunch, E. and Campa, J., "Effects of chronic human neuromuscular stimulation". Surgery forum, 1973.
- COTTON, Ester., Educación conductiva para adultos hemipléjicos. Churchill Livingstone, Edinburch London Melbourne y New York 1983. No. pág. 19.
- COZEAN, Colette., Pease, William, Hubell, Susan., "Biofeedback and functional electric stimulation in stroke rehabilitation. In: -- Arch Phys Medicine and Rehabilitation. June, 1988. Vol. 69.
- CRAGO, E., Riso, R. and Makley, J., Control of abnormal muscle contraction, report. Department of Health, Education and Welfare. - Washington, D.C., 1979. 23 p-579675-02.
- ESTRADA G., Rafael., Neuroplasticidad. Instituto de Neurología y Neurocirugía, Cuba., 1988. No. pág. 58.
- GRACANIN, Franjo., Dimitrijevic, M. and Prevec T., Clinical testing of - functional electrical peroneal brace (FEPB). Report to research community of Slovenia Ljubljana, 1966.
- GRACANIN, Franjo., Prevec T. and Trontelj, J., "Evaluation of use of -- functional electronic peroneal brace in hemiparetic patients" In: Proc. int. Symp. external control of human extremities. - Dubrovnik, Yugoslavia, 1976.
- GRACANIN, Franjo., "Hemiplegic and physiatic principles of treatment -- spasticity and control motor of functions with special stress on functional electrical stimulation". In: Stefancic M. --- (ed)., Functional electrical stimulation. Ljubljana, 1986. - pp. 4-8.
- GUYTON, Arthur., Fisiología y Fisiopatología Básicas. Ed. Interamericana, México, 1972. No. pág. 689.

- KANTRIWITS, A., Electronic physiologic ands. Report of Maumonides Hospital of Brooklyn, N. Y., 1963.
- KOTKE, Frederik, Neurofisiología de la función motora. s/l y s/f. pp. -- 248-283.
- KRALIJR, T., Grobelink, S. and Bajol, T., Functional electrical stimulation of spinal cord injured patients fundamental locomotion patterns. Bull Prostheses. Res Fall 1972.
- LAWRENCE, H. E., et. al. Neurociencias. Enfoque sistemático. México, McGraw-Hill, 1982, 1982. No. pág. XVI-557.
- LEONTIEV, A.N., Actividad, conciencia y personalidad. Ed. Cartago, México, 1984. No. pág. 234.
- LEVEDEV, B., Rumjanceva, M. and Krandieva, A., "Influence of sinusoidally modulated currents on functionla structure of neuromuscular - system in children with perinatal cerebral disease" In: Proc. conference perinatal disease of brain and spinal cord in -- children. Kazanj, URSS. 1975.
- LIBERSON, W., Holmquest, H., Scott, D. and Dow A., "Functional electro -- therapy: stimulation of the peroneal nerue synchronized with - the phase of the gait of hemiplegic patients". Archives of -- physiol. med., Rehabilitation. 1961.
- LIUBLINSKAIA, A., A., Desarrollo psíquico del niño. México, D.F., Grijalbo, 1965. pp.413.
- LOPEZ A., Luis., Anatomía Funcional del Sistema Nervioso. Ed. Limusa, -- México, 1973. No. pág. 600.
- LURIA, A. R., El Cerebro Humano y los procesos psíquicos. Ed. Fontanella Barcelona, 1979. Núm. pág. 531.
- LURIA, A. R., Conciencia y Lenguaje. Ed. aprendizaje Visor, Madrid, 1984. 2a. Ed. Núm. pág. 285.

- LURIA, A.R., El Cerebro en Acción. Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1985, - 4a. ed. Núm. pág. 383.
- LURIA, A.R., Las funciones corticales superiores del hombre. México, D.F. Fontamara, 1986. No. pág. 691.
- LURIA, A.R., Cerebro y Lenguaje. Edit. fontanella, Barcelona, 1979.
- MACBRYDE, M., Signos y Síntomas. Ed. Interamericana. México, 1984. No. -- pág. 750.
- MALEZIC, Matija and Kijajic, Miroljub "Therapeutic effects of Multisite - Electric Stimulation of Gait in MotorDisabled Patients". Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. Chicago, - 1987. Vol. 69.
- MOYER, K.E., Neuroanatomía. Ed. Interamericana. México, 1983. No. pág.258
- NARAMURA, Saburo and Tsubokawaa, Takashi, "Evaluation of spinal cord sti mulation for postaplectic spastic hemiplegia" Neurosurgery. 1985, vol. 17 No. 2.
- PASANTES Morales Herminia y Aréchiga Hugo (Compiladores); Aminoácidos y - péptidos en la integración de funciones nerviosas. Biblioteca de Ciencias, UNAM. 1983, pp. 19-58;
- RENDIG, Michael J. and Mc Dowell, Fletcher H., "Stroke Rehabilitation". - IN: Scheinberg, M.D. and Bhagwan T Shahani, M.D., (Eds.). -- Neurologic Clinics. Washington, W.B. Saunders Company, 1987. No. pág. 601-630.
- RUBINSTEIN, S. L. El Ser y la Conciencia. Ed. Grijalbo. México, D.F., -- 1963. 2a. Ed. Núm. pág. 427.
- SMIRNOV, A.A., Rubinstein, S.L., Leontiev, A.N. y Tieplov, B. M. Psicología Ed. Grijalbo. México, 1960. Núm. pág. 571.
- SMITH, A., "Early Brain Damage, Research orientations and clinical obser- vations" Academic Press, New York, 1984. Vol. I.



- PETROVSKY, A. Psicología General. Ed. Progreso Moscú, 1980. Núm. pág. 421.
- STEFANCIC M., "Introducción into funcional electrical situ-  
mulation". In: stefancic M. (ed. Funcional electrical sti-  
mulation. Ljubljana, 1986. pág. 1-3.
- SWENSON, J. R., "Ejercicios terapéuticos en la hemiplejia". En: Basmajian, J.V., Terapéutica por el ejercicio. 3a. ed. Ed. Panamericana Buenos Aires, 1982. No. pág. 470.
- SWENSON JAMES., "Ejercicios terapéuticos en la hemiplejia". En: Basmajian, John., Terapéutica por el ejercicio. Ed. Panamericana. Buenos Aires, 1982. pp. 263-281.
- THOMPSON, Richard., Fundamentos de Psicología Fisiológica. Ed. Trillas, - México, 1982.
- VYGOTSKI, L.S., El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Ed. Crítica, Núm. pág. 223.
- VYGOTSKI, L.S., Pensamiento y Lenguaje. Ed. Alfa y Omega. Quinto sol. Mé- xico, s/d. núm. pag. 219.
- VODOVNIK, L., Bajd, T., Kalj, A., Gracanin, F., and Strojnik, p., "Func-  
tional electrical stimulation for control of coluntary sys-  
tems". CRS Critical Review in Bioengineering. Sept., Vol. 63  
1981.
- WARNER, Linda and Mc Newill Evelyn., "Mental Imagery and its potential --  
for physical therapy". In: Physical therapy rev. J. AH. Rys -  
They Assoc. 1988 vol. 68.
- WATERS, Robert L., Mc Neal Donald and cols. "Functional electrical stimu-  
lation of the peroneal nerve for hemiplegia". (Long-term cli-  
nical follow-up). In: Journal of Bone and joint Surgery, ameri-  
can vol. Boston, 1985 67 vdm.
- WILEMON W., Money, V., Mc Nell, D. And Reswick, J., Surgicall implanted  
periphereal neuroelectric stimulation. Internal report of --  
Rancho Los Amigos Hospital, Los Angeles, 1970.
- SECHENOV, I. Los reflejos cerebrales. Ed. Fontanella, Barcelona, 1978.  
No. pág. 178.