

Sistema de la movilidad voluntaria: corteza motora y vía piramidal

ORGANIZACIÓN GENERAL

Los movimientos voluntarios requieren la participación del tercer nivel de jerarquía, la **corteza motora** del cerebro. En ella se idean, se planifican, se coordinan y se ejecutan las instrucciones motoras que, en forma de impulsos nerviosos, descienden por la vía piramidal para activar las motoneuronas de la médula espinal o del tronco del encéfalo y llevar a cabo la acción deseada mediante la contracción de grupos musculares determinados.

Sin embargo, es preciso señalar que las áreas corticales implicadas en el movimiento están bajo el influjo de diversas áreas asociativas del cerebro, especialmente de la corteza prefrontal y parietal posterior. Estas áreas no son motoras en sentido estricto –pues su actividad no se correlaciona con actos motores individuales, ni su estimulación produce una respuesta motora concreta–, pero su influencia es de singular relevancia en el caso humano, donde estas áreas alcanzan su mayor desarrollo, y en las que se toman las decisiones sobre la conducta apropiada en un determinado contexto, evaluando su conveniencia y adaptándola a las necesidades del organismo y del medio.

La **corteza motora** constituye el nivel superior de control del movimiento. En ella, asientan las **neuronas motoras superiores**, que *envían impulsos a las motoneuronas inferiores de la médula espinal o del tronco del encéfalo, bien directamente a través de la vía piramidal, bien indirectamente mediante los sistemas de control motor del tronco del encéfalo*. Debido a su influencia sobre las motoneuronas inferiores, una característica definitoria de las áreas motoras corticales es que su estimulación eléctrica provoca movimientos de mayor o menor intensidad y amplitud.

La integran una serie de áreas repartidas por amplias zonas cerebrales, especialmente, aunque no únicamente, en el lóbulo frontal. Dichas áreas se pueden clasificar en área motora primaria y áreas motoras secundarias o programadoras. Todas ellas están ampliamente conectadas entre sí mediante fibras de asociación, y reciben importantes aferencias de los núcleos basales y del cerebelo, estas últimas, a través del tálamo. La musculatura extrínseca del ojo está regulada específicamente por áreas corticales denominadas **campos motores oculares**, que han sido analizadas en el capítulo precedente.

Las áreas motoras presentan algunas características diferenciales. Así, el área motora primaria se activa con la aplicación de estímulos eléctricos poco intensos, es esencial para activar la musculatura esquelética, ejerce un control directo de los movimientos corporales simples y su destrucción provoca *parálisis* o *paresia* de la musculatura contralateral del cuerpo. Por otro lado, las áreas motoras programadoras se activan por la aplicación de corrientes eléctricas más intensas que en el caso del área primaria, dando lugar a movimientos complejos del cuerpo que interesan a varias articulaciones y amplios grupos musculares; llevan a cabo una acción reguladora del movimiento, actuando directamente sobre el área motora primaria o sobre las motoneuronas inferiores. Como su nombre indica, se encargan de establecer las estrategias o pautas motoras para desarrollar con eficacia un movimiento determinado; es decir, regulan aspectos fundamentales del movimiento como son: *qué* músculos deben activarse para un acto motor concreto, *cómo* debe hacerse (en qué orden, con qué fuerza) y *dónde* (a qué distancia, hacia qué lugar, etc.). La lesión de las áreas motoras programadoras provoca *apraxias*, que consisten en trastornos de la movilidad sin que exista parálisis muscular.

En términos generales, *la corteza motora secundaria o programadora parece estar más implicada en la selección de los planes motores del movimiento, mientras que la corteza motora primaria lo está en su ejecución*.

ÁREAS MOTORAS CORTICALES (Fig. 30-1)

Área motora primaria

El **área motora primaria**¹ (área 4 de Brodmann) ocupa los dos tercios posteriores del giro frontal ascendente y se extiende desde el surco de Silvio hasta el surco del cíngulo en la cara medial del hemisferio cerebral.

La corteza motora primaria envía órdenes para movilizar la mitad contralateral del cuerpo. De hecho, la estimu-

¹ **Gustav Fritsch** (1838-1927) y **Eduard Hitzig** (1838-1907) llevaron a cabo –en la cocina de la casa de Hitzig, transformada en laboratorio– la primera demostración experimental de la existencia de un área motora en el lóbulo frontal del perro. La estimulación eléctrica provocaba movimientos específicos de las extremidades del animal.

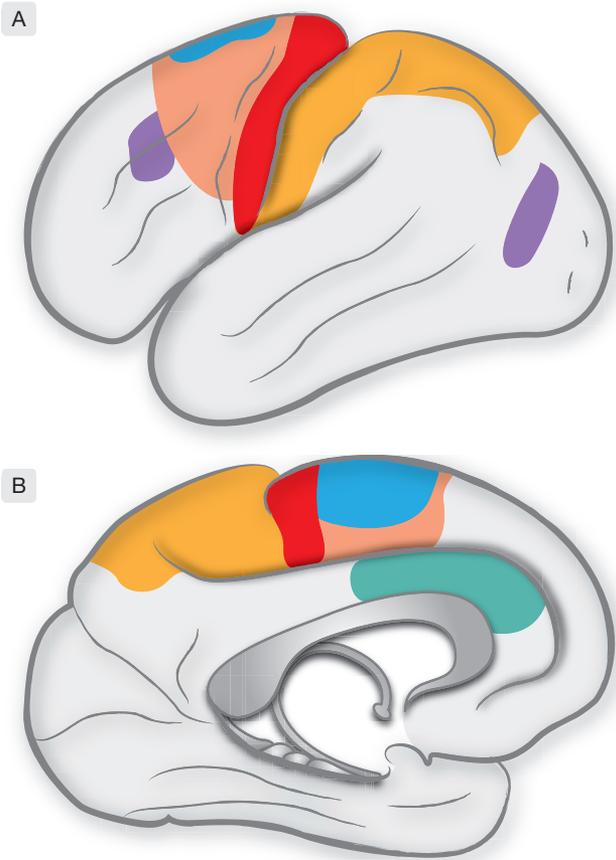


Figura 30-1. Áreas motoras de la corteza cerebral del hemisferio izquierdo. En **A**, se muestra la cara lateral; en **B**, la cara medial (**B**). El área motora primaria se representa en rojo; el área premotora, en marrón; el área motora suplementaria, en azul; el área motora del cíngulo, en verde; y la corteza somatosensorial, en amarillo.

lación eléctrica de zonas de esta área provoca la contracción de determinados músculos del lado opuesto al hemisferio estimulado.

La corteza primaria tiene una representación muy definida del cuerpo, con una organización somatotópica (*homúnculo motor de Penfield*) muy similar a la de la corteza somatosensorial primaria (Fig. 30-2). En este mapa motor, el orden de representación es el siguiente: en la superficie medial del hemisferio, se representan el pie y la pierna; sobre el borde del hemisferio, se encuentra la región de la rodilla, el muslo y la cadera; al continuar sobre la cara externa del hemisferio cerebral, y de arriba hacia abajo, se disponen las regiones del tronco, el hombro, el brazo, el antebrazo, la mano, el cuello y la musculatura de la cara (primero, la frente y los párpados y, luego, las mejillas y los labios); y, finalmente, en la proximidad del surco silviano, la región de la musculatura fonatoria-articular y la deglutoria (es decir, lengua, laringe y faringe).

En la figura 30-2, puede apreciarse que esta representación es muy desproporcionada. La mano –especialmente, el dedo pulgar– y la cara ocupan gran parte del territorio del área motora, lo que denota la relevancia de la musculatura empleada para la expresión facial y para la destreza manual. En recientes estudios con resonancia magnética funcional, se ha observado en primates y humanos que estos mapas de representación experimentan modificaciones con el aprendizaje de habilidades motoras; es decir, son modificables por la experiencia.

La corteza del área 4 es del tipo agranular; en ella, las capas II y IV están muy poco desarrolladas o son prácticamente inexistentes. Una característica estructural singular del área motora primaria es la existencia en la capa V de grandes neuronas piramidales (células de

RECUADRO 30-1. Datos experimentales sobre el funcionamiento de la corteza motora

Codificación del movimiento por la corteza motora primaria

Numerosos datos experimentales en primates apoyan la idea de que las neuronas de la corteza motora no controlan músculos individuales, sino que codifican los parámetros que definen los movimientos individuales o las secuencias simples de movimientos. Hay neuronas que codifican la cantidad de *fuerza* que es necesario realizar para un movimiento concreto. Otras neuronas son selectivas para una *dirección* determinada de movimiento y, por ejemplo, se disparan cuando la mano se mueve hacia la derecha y se inhiben cuando se mueve hacia la izquierda. Hay neuronas motoras que codifican la *amplitud* o distancia del movimiento. Finalmente, hay neuronas que codifican la *velocidad* del movimiento.

El área premotora es sensible al contexto en el que se realiza el movimiento

Estudios en humanos con resonancia magnética funcional han puesto de relieve el papel que la corteza premotora desempeña en la valoración de la *intencionalidad* del movimiento. En un experimento, se analizó la función de la corteza premotora de sujetos humanos que vieron dos tipos de vídeos en los que una mano agarraba una taza sobre una mesa. En uno de los vídeos, la taza estaba llena y, la mesa, con platos llenos de comida. En el otro vídeo, la taza estaba vacía y rodeada de platos sucios. En el primer caso, la implicación era que la persona estaba agarrando la taza para beber, mientras que, en el segundo, la implicación era que la persona agarraba la taza para limpiar la mesa. Pues bien, a pesar de que los movimientos eran los mismos, la actividad de la corteza premotora era mucho más intensa en el primer caso que en el segundo.

De este estudio, parece deducirse que las neuronas del área premotora son sensibles a las intenciones inferidas en un movimiento dado.

Betz),² cuyos gruesos axones contribuyen a formar, aproximadamente, el 5 % de la vía piramidal.

El área motora 4 está organizada, al igual que otras zonas de la corteza cerebral, en módulos. Estos módulos regulan movimientos determinados. Así, en la zona de representación del dedo pulgar, hay módulos que, al ser excitados, provocan movimiento de flexión y otros de aproximación. Con ello, se pone en evidencia que lo que está representado en la corteza no son los músculos concretos, sino patrones de movimiento.

Desde el punto de vista funcional, la corteza motora primaria es una de las fuentes principales, aunque no la única, de los axones que forman la vía piramidal. Esta área controla las características más simples del movimiento corporal y es clave para la ejecución de movimientos finos y precisos que, en general, afectan a pocos grupos musculares.

Áreas motoras secundarias o programadoras

Las áreas motoras programadoras son el área premotora, el área motora suplementaria, el área motora del cíngulo y la corteza somatosensorial.

Área premotora

El **área premotora** corresponde a la **parte lateral del área 6**. Se sitúa por delante del área motora primaria. En la superficie del hemisferio cerebral, tiene forma de cuña con el vértice dirigido hacia el surco lateral. Ocupa el tercio anterior del giro frontal ascendente y la parte posterior de los giros frontales superior y medio. En el ser humano, ha adquirido un gran desarrollo respecto al cerebro de los primates.

El área premotora realiza una coordinación de movimientos complejos que afectan a varias articulaciones y parece desempeñar un papel relevante en la selección de los planes motores adecuados, como pueden ser el establecimiento de la secuencia motora y de la guía del movimiento, especialmente en la guía visual. En el área premotora de los primates, se ha descrito un tipo especial de neuronas denominado *neurona motora-set*, que se activa milisegundos antes de realizar el movimiento cuando el animal se está preparando para realizarlo. Se han distinguido dos territorios con diferente especialización funcional: el área premotora dorsal y el área premotora ventral. La porción dorsal ejerce un control de los músculos proximales y axiales, siendo, por lo tanto, importante para la orientación del cuerpo en movimiento. Parece participar también en el aprendizaje de secuencias motoras. La porción ventral actúa sobre músculos distales de la extremidad superior y, presumiblemente, regula la adaptación de la mano a la forma de los objetos.

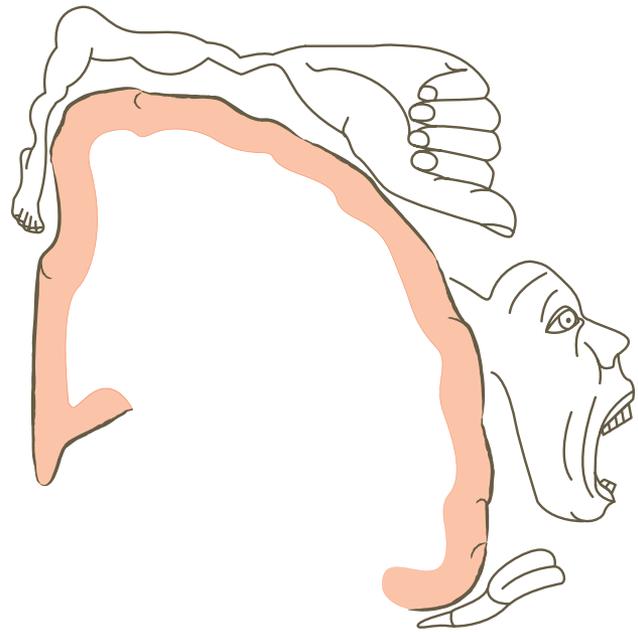


Figura 30-2. Homúnculo motor de Penfield representado sobre el área motora primaria del hemisferio izquierdo en una visión anterior.

Área motora suplementaria

El **área motora suplementaria (AMS)** corresponde a la **parte medial del área 6** de Brodmann, extendiéndose por el borde superior del hemisferio y la cara medial del giro frontal superior. Esta área desempeña un papel determinante en la ideación o imaginación del movimiento que se va a realizar, así como en su planificación. Sus neuronas se activan cuando se pide a los sujetos que piensen en el movimiento que van a realizar. Así, las redes neuronales del área motora suplementaria parecen tener una representación interna del movimiento posible, especialmente de su secuencia temporal. Además, esta área se activa de forma interna o endógena (es decir, «pensando»), sin que exista ningún estímulo externo que lo provoque. Cuando se realiza un movimiento concreto, un segundo antes ya se detectan potenciales bioeléctricos (fenómeno denominado *potencial preparatorio*) en esta área, lo que indica el importante papel iniciador de la planificación motora.

Por otro lado, esta área contribuye de forma relevante a la coordinación de los movimientos de las dos manos, como se ha puesto de manifiesto en algunas observaciones clínicas: los pacientes que han sufrido una lesión vascular específica del área motora suplementaria experimentan dificultades para el uso simultáneo y sincronizado de ambas manos.

Área motora del cíngulo

El **área motora del cíngulo** se encuentra inmediatamente por debajo del área motora suplementaria, en la profundidad del surco del cíngulo; corresponde a zonas

² **Vladímir Alexéyevich Betz** (1834-1894): anatomista de la Universidad de Kiev.

de las áreas 24 y 31. Se ignora su función precisa en el ser humano, habiéndose sugerido su implicación en la regulación de las actividades motoras que están provocadas por emociones o motivaciones. Recientes estudios en primates indican que algunas neuronas de esta área proyectan bilateralmente a la porción rostral del núcleo motor del facial que controla la musculatura facial superior (v. Cap. 32).

Corteza somatosensorial

La **corteza somatosensorial primaria** (áreas 3-1-2) y **secundaria** (áreas 5 y 7) está también implicada en la motilidad. Dado que en estas áreas tiene lugar la recepción de la sensibilidad somatoestésica y, especialmente, de la propioceptiva, no tiene nada de extraño que participen en la integración de estímulos sensoriales que conducen a la realización adecuada de un movimiento determinado. El conocimiento de la posición del cuerpo o de sus partes, así como su grado de tensión, es necesario para coordinar espacialmente un acto motor. Además, las áreas 5 y 7 son una puerta de entrada de información muy elaborada procedente de la corteza visual, sirviendo así de enlace entre la

imagen del objeto (distancia, forma, etc.) y el movimiento que es preciso realizar para agarrarlo o apartarlo, acercarse o separarse.

VÍA MOTORA PIRAMIDAL

La **vía motora piramidal** está formada por los axones de las neuronas motoras superiores de la corteza cerebral que descienden a establecer sinapsis, directa o indirectamente —a través de interneuronas—, sobre las motoneuronas de la médula espinal o de los núcleos motores del tronco del encéfalo. La denominación de *piramidal* obedece a su tránsito por las pirámides del bulbo.

Desde el punto de vista funcional, *la vía piramidal es esencial para la realización de movimientos voluntarios delicados que requieren precisión, ajuste y destreza.*

Está constituida por dos tractos: el **tracto corticoespinal**, que regula las motoneuronas de la médula espinal e inerva la musculatura del tronco y de las extremidades, y el **tracto corticonuclear**, que regula los núcleos motores del tronco del encéfalo, con la excepción de los núcleos de origen de los nervios motores oculares.

RECUADRO 30-2. Lesiones motoras corticales

Epilepsia jacksoniana¹

La irritación del área motora primaria a consecuencia de un traumatismo craneal que deja una cicatriz en alguna zona de esta corteza da lugar a crisis de convulsiones focalizadas que afectan a los grupos musculares correspondientes a los mapas motores. Inicialmente, la crisis comienza por movimientos incontrolados de la mano o de la cara, que son las zonas de representación más amplia, y, progresivamente, se extiende por la corteza motora primaria, afectando a otros músculos hasta que, finalmente, se generaliza.

Parálisis por lesión del área motora primaria

Es muy raro observar en la clínica la lesión pura del área 4. Generalmente, se asocia a la lesión de zonas corticales próximas y de zonas de sustancia blanca subcortical. Cuando la lesión es pura (lo que se ha podido producir experimentalmente en monos o quirúrgicamente en humanos a los que se ha extirpado el giro precentral para tratar, por ejemplo, una epilepsia jacksoniana), se produce una debilidad muscular (*parésia*) de la mitad contralateral del cuerpo (*hemiparésia contralateral*), que se acompaña de hipotonía y flacidez muscular.

Apraxias

Se denomina *apraxia* al deterioro en la realización de movimientos aprendidos en respuesta a estímulos en ausencia de parálisis, inatención o falta de comprensión. Obedece a lesiones focales (accidentes vasculares, tumores) o degenerativas (demencias) que afectan a las áreas programadoras. Los pacientes pueden experimentar dificultades para producir un movimiento en respuesta a una orden verbal, o para imitar el movimiento que hace otra persona, o usar una herramienta correctamente.

Si la lesión afecta al área premotora, el paciente tiene grandes dificultades para coordinar y ejecutar los movimientos de sus extremidades.

Los pacientes con lesiones del área del cíngulo y del área motora suplementaria sufren un déficit denominado *mutismo acinético*, caracterizado por la pérdida de la iniciativa para moverse o hablar, como si hubieran perdido la capacidad de ideación de un acto motor.

Las lesiones de la corteza motora somatosensorial producen apraxias caracterizadas por la falta de orientación del cuerpo o de partes de éste (mano) con relación a un objeto, y los pacientes tienen graves dificultades para realizar movimientos como dirigir la mano para asir una herramienta o un lápiz, a pesar de que ven perfectamente dónde están.

¹ Véase la nota 1 del capítulo 27.

Tracto corticoespinal (Figs. 30-3, 30,4 y 30-5)

Origen

Las fibras motoras corticoespinales se originan en las áreas motora primaria (área 4), premotora (área 6), motora suplementaria y en la corteza somatoestésica (áreas 3-1-2 y 5) del lóbulo parietal. Aproximadamente, un tercio de los axones proviene del área motora primaria; otro tercio, de las áreas premotora y suplementaria; y el tercio restante, de la corteza parietal. Es probable que las fibras originadas en la corteza sensitiva no inervan motoneuronas, sino neuronas sensitivas del asta posterior, contribuyendo a la regulación del flujo de información somatosensorial.

El tracto está formado por un millón de axones, más de la mitad de ellos, fuertemente mielinizados.

Trayecto (Fig. 30-5)

Las fibras atraviesan el centro oval y convergen, a través de la corona radiada, sobre el brazo posterior de la cápsula interna.

Alcanzan el tronco del encéfalo y descienden por la denominada *región del pie*. En el mesencéfalo, el tracto corticoespinal ocupa la parte central del pedúnculo cerebral, flanqueado por los tractos corticopontinos (v. Fig. 11-3). Al llegar al puente, el tracto no forma un haz compacto, sino que se fragmenta en una serie de varios fascículos que se entremezclan con los núcleos del puente y las fibras pontocerebelosas (v. Fig. 11-4).

En el tránsito hacia el bulbo raquídeo, los axones corticoespinales se reagrupan de nuevo y descienden por el pie, dando lugar al relieve de la pirámide. En esta zona, los dos tractos corticoespinales contactan en la línea media (v. Fig. 11-6 y 11-7).

En la parte baja del bulbo raquídeo, en posición ventral y caudal a la decusación sensitiva, una gran parte de las fibras (alrededor de un 80 %) cruza la línea media en la denominada **decusación motora** o **decusación de las pirámides** y da lugar al **tracto corticoespinal lateral**. El 20 % de las fibras restantes permanece, en principio, sin cruzar y forma el **tracto corticoespinal ventral**.

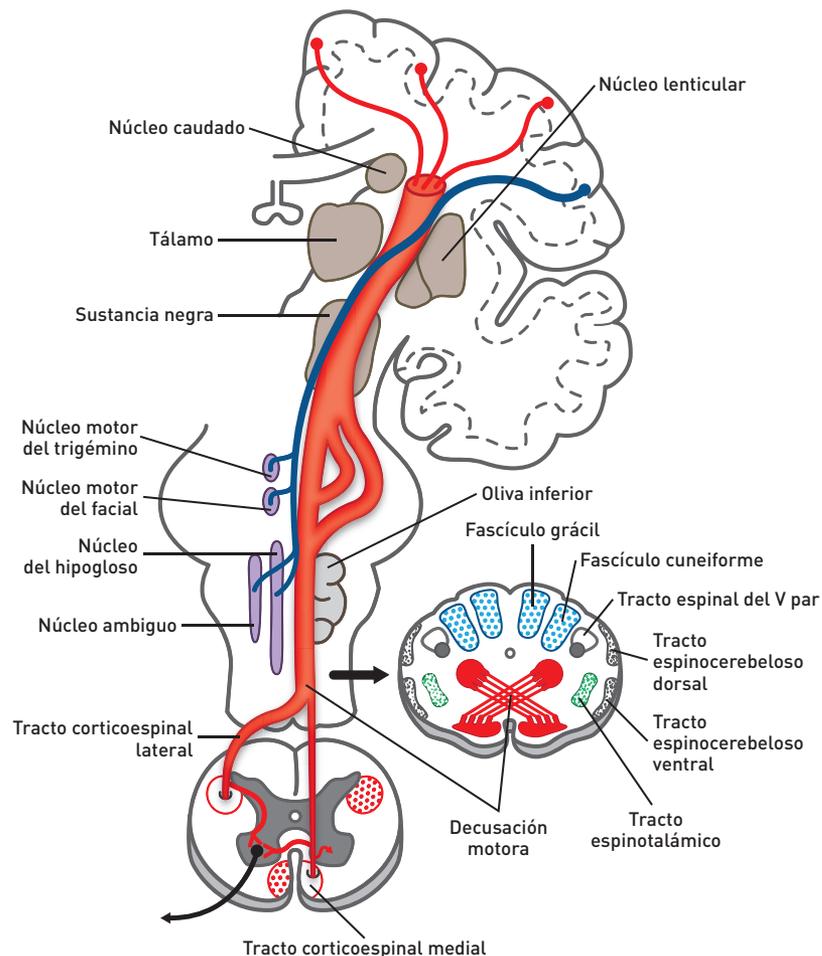


Figura 30-3. Esquema de la vía piramidal. En el nivel cerebral, se representa un corte frontal del hemisferio izquierdo a la altura de la cápsula interna. El nivel troncoencefálico se representa en una visión longitudinal. El nivel inferior se representa en una sección transversal de la médula espinal. La flecha negra horizontal señala un corte transversal del bulbo raquídeo a nivel de la decusación motora. El tracto corticoespinal se muestra en rojo, y el tracto corticobulbar, en azul.

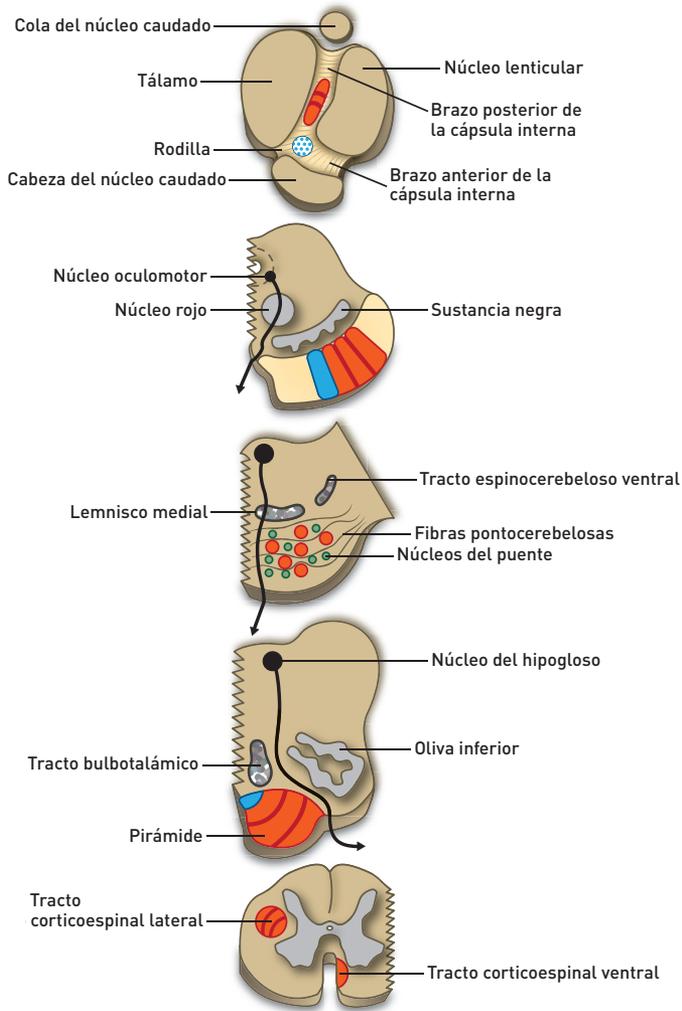


Figura 30-4. Vista del trayecto de la vía piramidal en cortes a distintos niveles del sistema nervioso: corte horizontal del cerebro que pasa por la cápsula interna, visión superior (A); cortes transversales por el mesencéfalo (B), el puente (C), el bulbo raquídeo (D) y la médula espinal (E). El tracto corticoespinal se representa en rojo, y el tracto corticonuclear, en azul. Obsérvese que las fibras del tracto corticoespinal se organizan en láminas de representación somatotópica (v. explicación en el texto).

Tracto corticoespinal lateral

El **tracto corticoespinal lateral** o **crucado** desciende por la parte posterior del cordón lateral de la médula espinal hasta los niveles más inferiores. En su trayecto, va disminuyendo progresivamente de calibre a medida que va dando colaterales axónicas que penetran en la sustancia gris medular.

Tracto corticoespinal ventral

El **tracto corticoespinal ventral** se incorpora directamente al cordón anterior ipsilateral, donde ocupa un área aproximadamente ovalada en la proximidad de la fisura mediana ventral. A medida que desciende, gran parte de sus fibras se decusan segmentariamente por la comisura

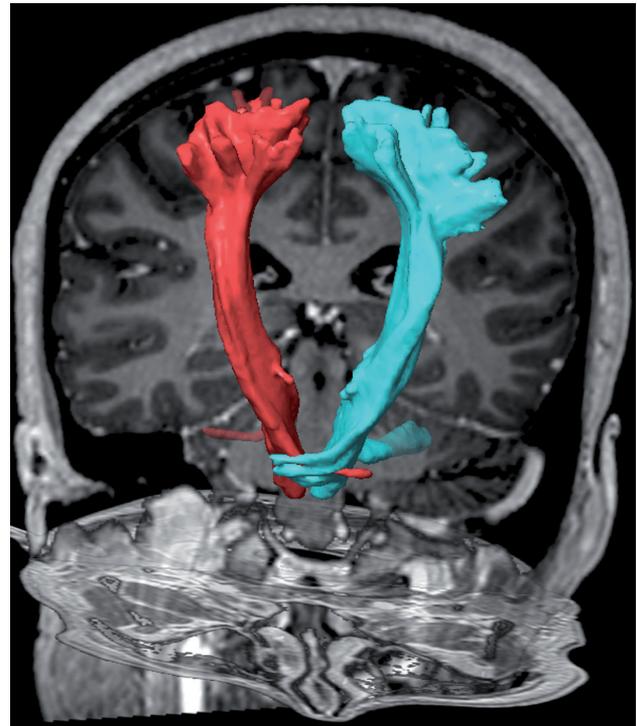


Figura 30-5. Reconstrucción de tractografía por DTI (imagen por tensores de difusión) de las vías piramidales de ambos hemisferios cerebrales. Obsérvese la decusación motora en la parte inferior.

blanca anterior y penetran en la sustancia gris contralateral. El número de fibras del tracto corticoespinal ventral que permanece sin cruzarse es variable en los seres humanos.

Terminación (Fig. 30-6)

El tracto corticoespinal lateral termina haciendo sinapsis directa o indirectamente (a través de interneuronas) sobre las **motoneuronas alfa y gamma de la parte lateral del asta anterior de la médula espinal (lámina IX)**, que inervan los músculos distales de las extremidades.

Los axones del tracto corticoespinal ventral terminan haciendo sinapsis, también de forma directa o a través de neuronas asociativas, sobre las **motoneuronas alfa y gamma de la parte medial del asta anterior (lámina IX)**, que inervan la musculatura axial del tronco y los músculos proximales de las extremidades.

Las **interneuronas** que median entre las fibras corticoespinales y las motoneuronas se sitúan en la zona intermedia de la médula espinal, a nivel de las láminas VII y VIII de Rexed. Hay neuronas de axón corto que establecen sinapsis sobre motoneuronas del mismo segmento, y hay neuronas de axón largo que difunden el impulso hasta motoneuronas de segmentos vecinos. En la mayoría de los mamíferos, la mayor parte de los axones de la vía piramidal conectan previamente con interneuronas; sin embargo, en los primates –y, especialmente, en el hombre–, se incrementa notablemente el número de conexiones directas con las motoneuronas inferiores, siendo esto, posiblemente, un

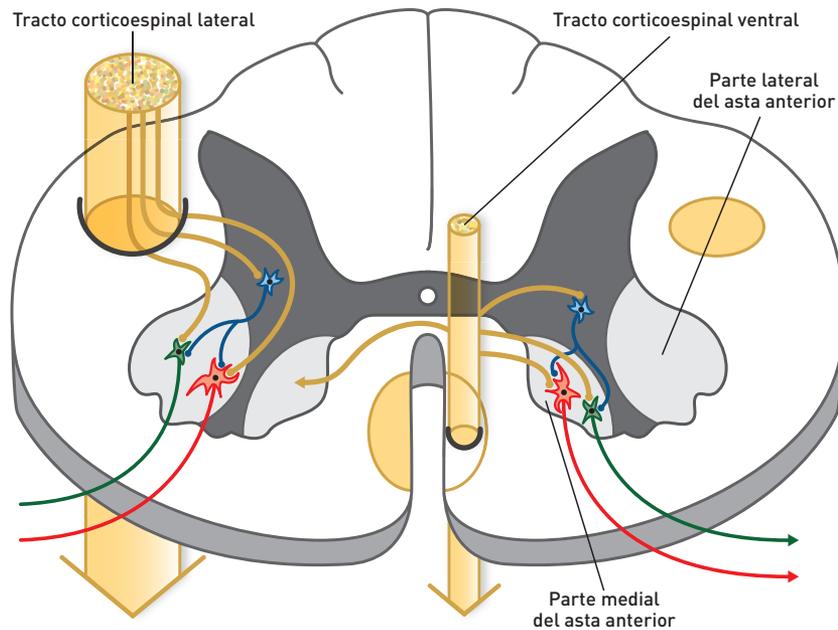


Figura 30-6. Sección transversal de la médula espinal para mostrar la terminación de los tractos corticoespinales lateral y ventral sobre las motoneuronas de las columnas lateral y medial, respectivamente. Las motoneuronas alfa se representan en rojo; las motoneuronas gamma, en verde; y las interneuronas, en azul.

reflejo del incremento de las capacidades motoras de la mano humana.

Debido al cruzamiento de las fibras motoras piramidales, la musculatura distal de las extremidades está controlada fundamentalmente por el hemisferio cerebral contralateral, mientras que la musculatura proximal y la del tronco tiene un control bilateral, hecho que explica la conservación de los movimientos del tronco en las lesiones de la vía piramidal.

Durante su trayecto descendente, el tracto corticoespinal da numerosas colaterales a las neuronas sensitivas del asta posterior. Estos axones proceden de las áreas somatoestésicas parietales y parecen desempeñar un papel relevante en el control de la información sensitiva y del dolor (v. Cap. 21).

Debe recordarse que con los tractos piramidales viajan fibras de proyección de las vías motoras indirectas con destino al núcleo rojo (fibras corticorrúbricas), a la formación reticular (fibras corticoreticulares) y a la oliva inferior (fibras corticoolivares).

Tracto corticonuclear (Figs. 30-3 y 30-4)

El **tracto corticonuclear** o **corticobulbar** se origina en las zonas de representación de la cara y de las vísceras cervicales de las áreas motoras primaria y premotora. Las fibras atraviesan el centro oval y convergen hacia la rodilla de la cápsula interna (de ahí el nombre clásico de **fascículo geniculado** que se dio a esta vía). Penetra, luego, en el pedúnculo cerebral del mesencéfalo, por donde desciende medialmente al tracto corticoespinal. En el puente, es difícil de identificar, pues sus fibras se disgregan junto a las del tracto corticoespinal; los axones se agrupan de nuevo y pasan a la pirámide bulbar, donde ocupan una posición

dorsal al tracto corticoespinal, en la proximidad del tracto bulbotalámico.

A medida que desciende, el tracto emite colaterales que invaden el tegmento del tronco del encéfalo y terminan sobre los núcleos motores de origen de los nervios craneales, a excepción de los motores oculares (Fig. 30-7). Son el **núcleo motor del facial**, que controla la musculatura mímica; el **núcleo motor del trigémino**, que controla los músculos masticadores; el **núcleo del hipogloso**, que controla la musculatura lingual; y el **núcleo ambiguo**, que controla la musculatura de la faringe, el velo del paladar y la laringe.

Estos núcleos, con excepción del núcleo motor del facial, que presenta alguna singularidad importante, reciben fibras directas y cruzadas. El núcleo del hipogloso recibe fibras mayoritariamente cruzadas, pero también fibras directas. En razón de ello, en los casos de lesiones de la vía piramidal (casi siempre, unilaterales), la musculatura de la fonación, de la deglución y de la masticación no se ve afectada; la musculatura de la lengua puede verse afectada inicialmente, pero, al cabo de poco tiempo, las fibras directas asumen el control y la actividad lingual se recupera.

Mención aparte merece el **núcleo motor del facial**. De acuerdo con las aferencias corticales que recibe, se describen dos partes (útiles desde el punto de vista clínico) en este núcleo. Las neuronas que inervan la musculatura de la frente y de alrededor de los ojos, como los músculos frontal, orbicular de los ojos, corrugador, prócer y depresor de la ceja, constituyen el **facial superior** y reciben fibras directas y cruzadas. Las demás neuronas del núcleo que dan inervación al resto de la musculatura facial forman el **facial inferior** y reciben fibras únicamente cruzadas. Este hecho permite diferenciar parálisis centrales de parálisis periféricas (v. más adelante).

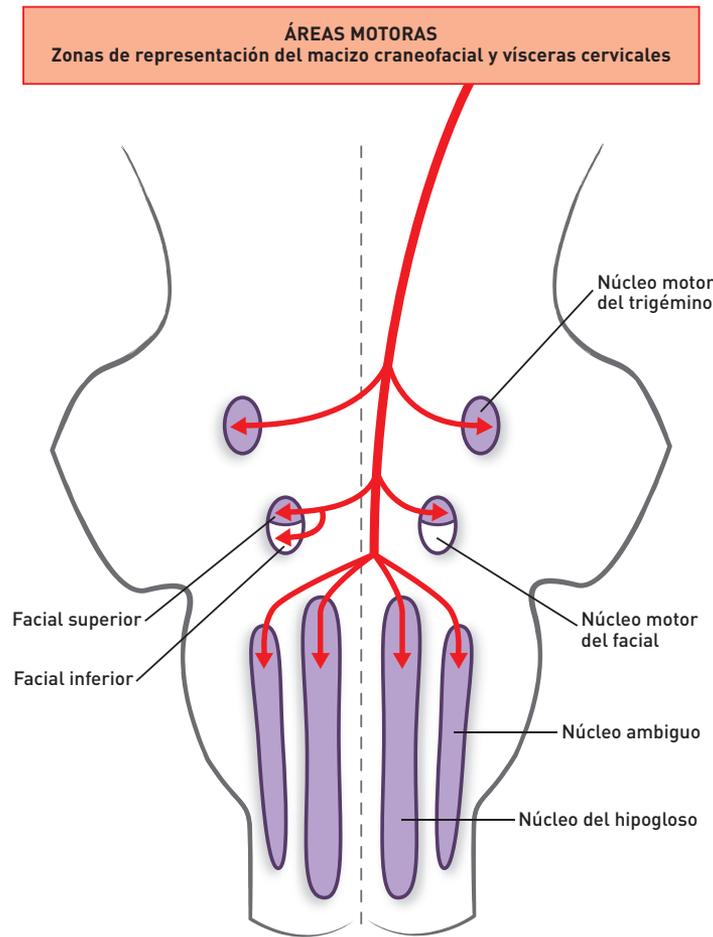


Figura 30-7. Esquema, sobre una proyección longitudinal del tronco del encéfalo, del modo de terminación del tracto corticonuclear del lado izquierdo sobre los núcleos motores de los nervios craneales (con excepción de los motores oculares). Obsérvense los tipos de fibras (directas y cruzadas) y, especialmente, el modo de terminación sobre el núcleo del facial.

El modo de terminación del tracto corticonuclear es similar al del tracto corticoespinal. Algunos axones hacen sinapsis directamente sobre las motoneuronas de los núcleos de origen de los nervios craneales, y otros lo hacen previamente sobre interneuronas de la formación reticular próxima a los núcleos.

El tracto corticonuclear da colaterales axónicas para las estaciones sinápticas sensitivas somatoestésicas del tronco del encéfalo, como los núcleos grácil, cuneiforme y sensitivo del trigémino, que contribuyen a la regulación del flujo sensorial por parte de las áreas corticales motoras.

Organización somatotópica de la vía piramidal

Aparte de la representación somatotópica del área 4, hay también una cierta organización somatotópica a lo largo de todo el trayecto de la vía piramidal (Fig. 30-4). Esta organización tiene gran importancia clínica para interpretar debidamente la localización y extensión de accidentes vasculares o tumores que producen signos piramidales (v. Recuadro 30-3). Tal representación es la siguiente:

- En la *cápsula interna*, los axones del tracto corticonuclear (destinados al macizo craneofacial) ocupan la rodilla. Por detrás de ésta, en el brazo posterior de la cápsula, se ubican, de delante hacia atrás, los axones destinados al miembro superior, al tronco y al miembro inferior.
- En el *pie del pedúnculo cerebral*, la vía piramidal se dispone en una posición intermedia entre los voluminosos fascículos corticopontinos. En ese lugar, los axones para el macizo craneofacial son los más mediales y, luego, en sentido lateral, se sitúan los del miembro superior, el tronco y el miembro inferior.
- En el *punte* y en el *bulbo raquídeo*, no hay una organización claramente reconocible.
- En la *médula espinal*, existe una clara organización del fascículo corticoespinal cruzado. Los axones se agrupan en láminas. Las láminas más mediales terminan en los segmentos más superiores de la médula espinal, mientras que las más laterales lo hacen sobre los segmentos más inferiores.

RECUADRO 30-3. Síndrome piramidal

Es el resultado de la lesión de la neurona motora superior que integra la vía piramidal. Generalmente, obedece a un accidente vascular cerebral (hemorragia, trombo o émbolo) en algún punto del trayecto de la vía piramidal. Si la lesión es en la corteza cerebral, en la cápsula interna o en algún punto de la vía por encima del cruzamiento bulbar, se produce el siguiente cuadro clínico:

- *Parálisis o paresia* de los músculos de las extremidades contralaterales (*hemiplejia* o *hemiparesia*). Afecta, preferentemente, a los músculos distales, manteniéndose indemnes los músculos proximales y la musculatura del tronco por las razones anteriormente expuestas.
- *Hipertonía o espasticidad* de los músculos afectados. Obedece a la pérdida de inhibición que ejerce la vía piramidal sobre el reflejo miotático, que se exagera. En las extremidades superiores, la espasticidad es mayor en los músculos flexores y, en las extremidades inferiores, lo es en los extensores. Por ello, los pacientes adoptan una actitud característica con la extremidad superior flexionada y la inferior extendida. La dificultad de flexionar esta última provoca un andar característico denominado *marcha de segador*. El paciente avanza rozando el suelo con el pie y describiendo con éste un semicírculo.
- Supresión de los reflejos superficiales, como el *reflejo abdominal* (al frotar la piel del abdomen, se contraen los músculos abdominales subyacentes) y el *reflejo cremastérico* (ascenso del testículo, por contracción del cremáster, al frotar la cara interna del muslo).
- *Signo de Babinski*. Es un reflejo plantar anormal muy característico del síndrome piramidal. En un sujeto normal, el dedo gordo del pie realiza flexión plantar cuando se estimula con un objeto duro el margen externo del pie. El reflejo anormal consiste en la dorsiflexión del dedo grueso y separación en abanico de los restantes. Debe tenerse en cuenta que, en los niños menores de 18 meses, y debido a la falta de maduración miélica de la vía piramidal, el signo de Babinski es la respuesta normal ante la estimulación de la planta del pie.
- Si la lesión afecta al fascículo corticobulbar, generalmente, en la rodilla de la cápsula interna, hay parálisis de los músculos faciales inferiores de la hemicara contralateral. Los músculos faciales superiores no se ven afectados, ya que sus motoneuronas (mitad rostral del núcleo motor del facial) reciben fibras de ambos hemisferios. Por el contrario, en las parálisis periféricas del facial resultan afectados todos los músculos de la hemicara ipsilateral.
- Si la lesión se encuentra en la médula espinal, se ve afectado el fascículo corticoespinal cruzado y la hemiplejia es del mismo lado. Con todo, lo normal en la clínica es que resulten afectados los fascículos de los dos lados, produciéndose una parálisis bilateral. Si el daño es a nivel cervical, se observa *tetraplejia* (parálisis de las cuatro extremidades) y, si es a niveles más bajos, aparece *paraplejia* (parálisis de las extremidades inferiores).

RESUMEN

- Los movimientos voluntarios requieren la participación de la **corteza motora** del cerebro. En ella se localizan las **neuronas motoras superiores**, que envían impulsos a las motoneuronas inferiores, bien *directamente* a través de la **vía piramidal**, o *indirectamente* mediante los sistemas de control del tronco del encéfalo (**vías motoras indirectas**, Cap. 29). Gran parte de las áreas motoras se encuentran en el lóbulo frontal. Hay un área motora primaria y varias áreas motoras secundarias o programadoras.
- El área motora primaria (área 4) ocupa el giro frontal ascendente; es esencial para activar la musculatura y es, por tanto, responsable de la ejecución del movimiento. Está organizada somatotópicamente (homúnculo motor).
- Las áreas motoras programadoras se encargan de establecer las estrategias o pautas motoras para realizar adecuadamente el movimiento. El área premotora (parte lateral del área 6) se sitúa por delante del área primaria; coordina los movimientos complejos y selecciona los planes motores adecuados. El área motora suplementaria (parte medial del área 6) es relevante para la imaginación del movimiento y la coordinación de los movimientos de las manos. El área motora del cíngulo participa en movimientos con componente emocional. Las áreas somatosensoriales primaria y **secundaria** son también motoras en cuanto que en ellas se integran estímulos sensoriales propioceptivos para realizar adecuadamente los movimientos.
- La **vía motora piramidal** es esencial para realizar movimientos voluntarios delicados que requieren precisión. Está formada por el tracto corticoespinal y el tracto corticonuclear.
- El **tracto corticoespinal** se origina en las motoneuronas superiores de las áreas motoras (con excepción del área del cíngulo). Atraviesa el centro oval y se incorpora al brazo posterior de la cápsula interna; desciende luego por el pedúnculo cerebral, el pie del puente y el pie del bulbo raquídeo (donde provoca el relieve de las pirámides). En la parte inferior del bulbo, el 80% de las fibras se cru-

RESUMEN *(continuación)*

zan (**decusación motora**) y forman el **tracto corticoespinal cruzado** o **lateral**; el 20% no se cruza y constituye el **tracto corticoespinal ventral**. El tracto lateral desciende por el cordón lateral de la médula espinal del lado contrario y el ventral lo hace por el cordón anterior ipsilateral, pero a medida que desciende se cruza por la comisura blanca anterior. Los axones terminan sobre las motoneuronas del asta anterior (lámina IX). Los del tracto lateral lo hacen en las motoneuronas que inervan los músculos distales de las extremidades, y los del tracto ventral sobre las motoneuronas que inervan la musculatura axial y la proximal de las extremidades. Debido al cruzamiento de los tractos, la musculatura distal de las extremidades

está controlada por el hemisferio cerebral contralateral, mientras que la proximal y axial tienen control bilateral.

- El **tracto corticonuclear (fascículo geniculado)** parte de las zonas de representación de la cara y vísceras cervicales de las áreas motoras. Desciende por la rodilla de la cápsula interna y pasa al pedúnculo cerebral. A nivel del puente y del bulbo da colaterales directas y cruzadas para los núcleos motores de los nervios craneales: **motor del trigémino, motor del facial, hipogloso y ambiguo**. La inervación del núcleo del facial presenta alguna singularidad importante en la clínica: las motoneuronas para la musculatura facial inferior reciben únicamente fibras cruzadas.

MATERIAL COMPLEMENTARIO EN EL SITIO WEB

- ✓ Resumen
- ✓ Cuestionario de autoevaluación
- ✓ Imágenes interactivas de autoevaluación
- ✓ Lecturas complementarias

