

SUBSTANCIAS BLANCA Y GRIS EN EL CEREBRO DEL PIANISTA.

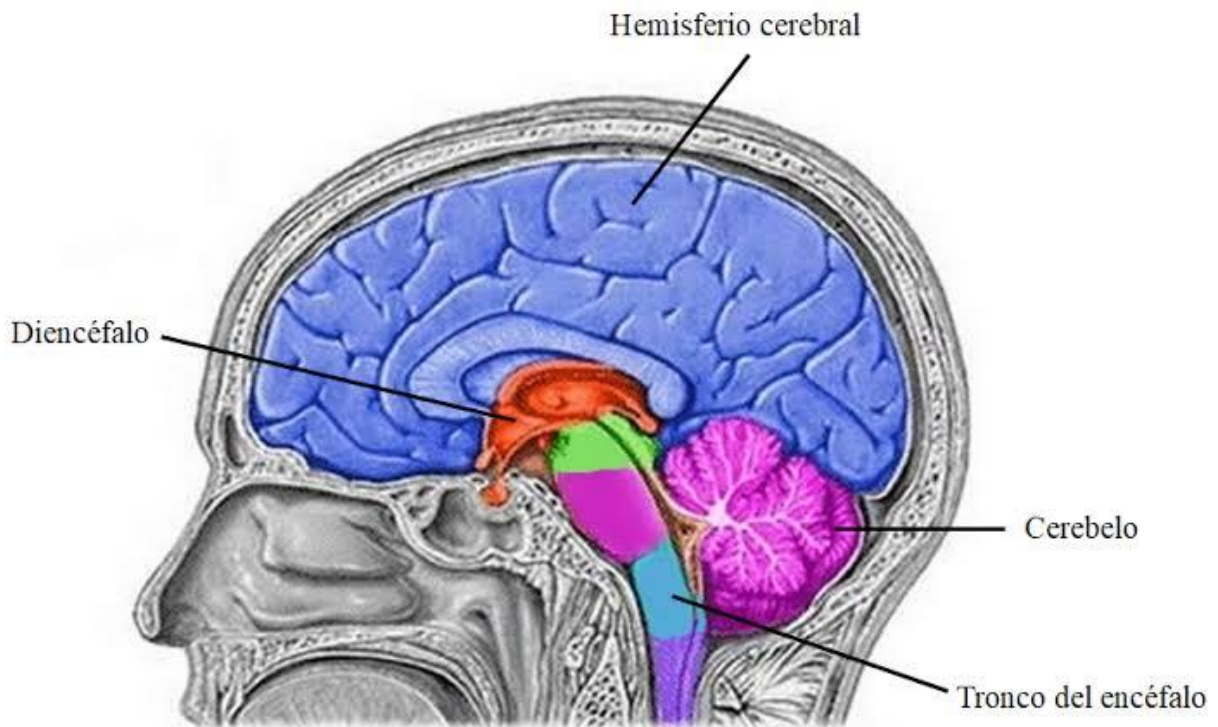
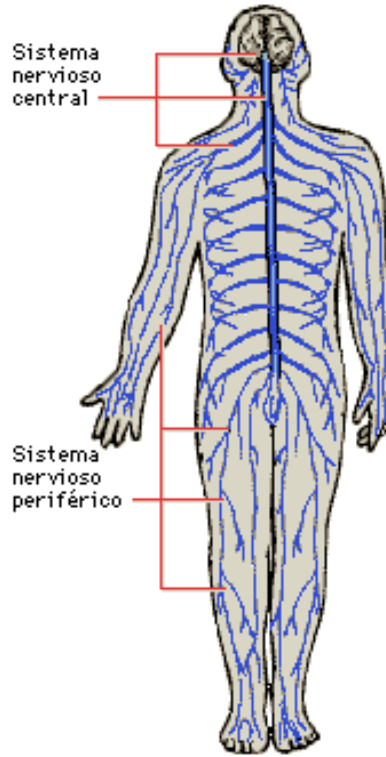
Dr Raúl Ibarra Ovando Julio, 2023 Guadalajara, Jal.

willshak5280@yahoo.com.mx



-INTRODUCCION :

A grandes rasgos, el Sistema Nervioso Central (coordina nuestros movimientos, y recibe información sensitiva de la piel, y los ojos - por ejemplo). Está formado por el Cerebro (que se aloja en el cráneo y primeras vertebrales cervicales) - que a su vez está constituido por varias estructuras como el Cerebelo, el Bulbo Raquídeo, etc. y hacia abajo se continúa formando la Médula Espinal (que se aloja en el interior de las Vértebras), que lleva información descendente (tanto para recibir información sensitiva que asciende hacia el cerebro, como para enviar información descendente que coordina nuestros movimientos).



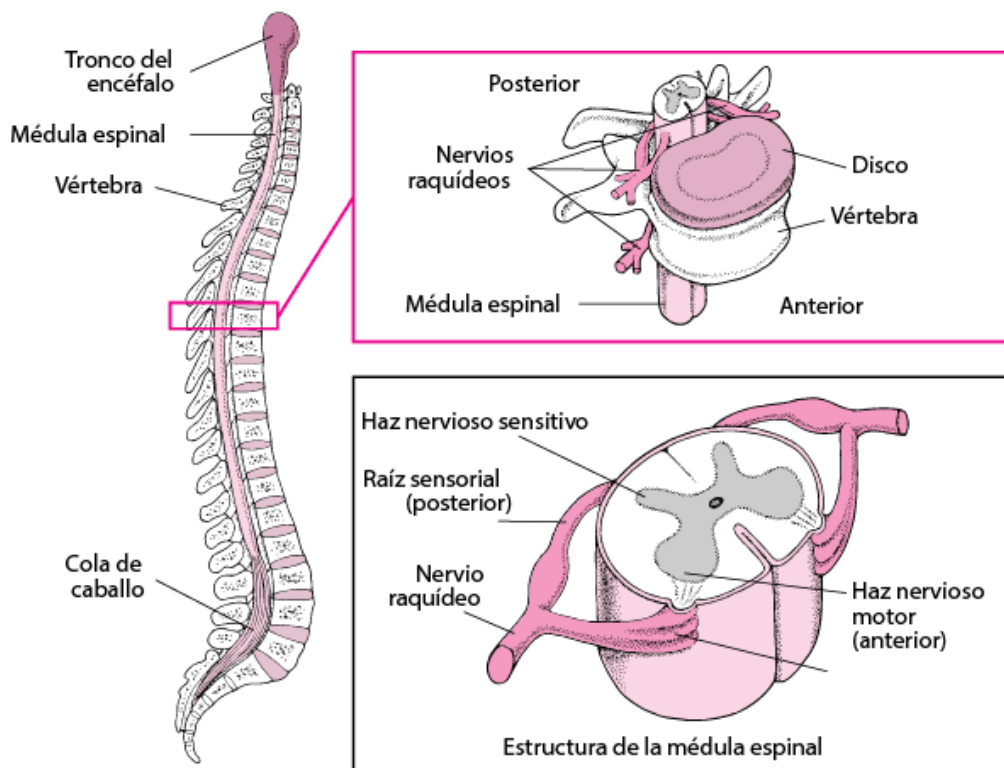
La Médula Espinal se forma por Raíces Sensitivas que llevan información hacia arriba (hacia el Cerebro) procedentes de varias partes del cuerpo, como es el dolor,

temperatura, vibración y posición de las extremidades, así como Raíces Motoras que llevan información descendente (procedente del cerebro), que controlan nuestros movimientos.

Al igual que el Cerebro, la Médula Espinal está formada por Axones “SIN MIELINA” (forman la Materia o Substancia GRIS).

En la Médula (a diferencia del Cerebro), la Substancia Gris se encuentra “en su Interior”- (como si fuera una Mariposa).

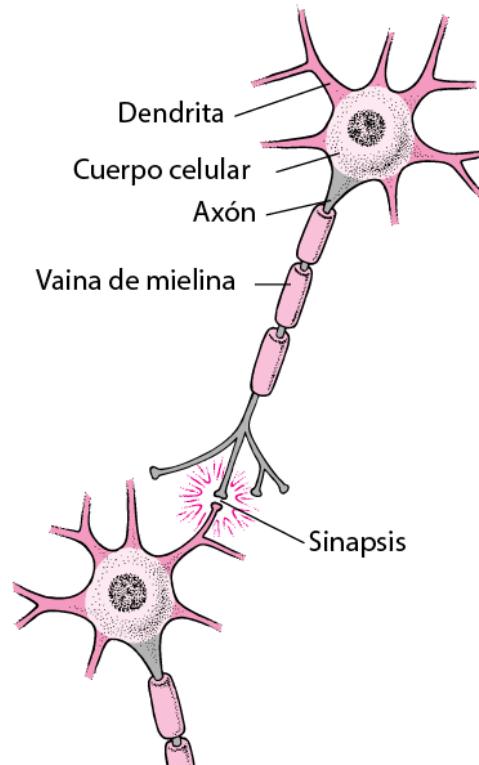
Por fuera de ella se encuentra la Substancia o Materia Blanca- recubierta de MIELINA para formar las FIBRAS SENSITIVAS (situadas en la parte posterior - Raíces Sensitivas, que recogen información periférica y la transportan hacia arriba, rumbo al Cerebro - y las FIBRAS MOTORAS (situadas en la parte anterior y formando las Raíces Motoras - que llevan información descendente procedente del cerebro hacia los músculos de las extremidades - para coordinar nuestros movimientos).



El Sistema Nervioso (tanto el Central, como el Autónomo) está formado por millones de NEURONAS que forman miles de REDES NEURONALES interconectadas entre sí.

Cada Neurona está formada en su parte superior por unas prolongaciones llamadas Dendritas, que se continúan en el Cuerpo Celular (en cuyo interior se encuentra el Núcleo).

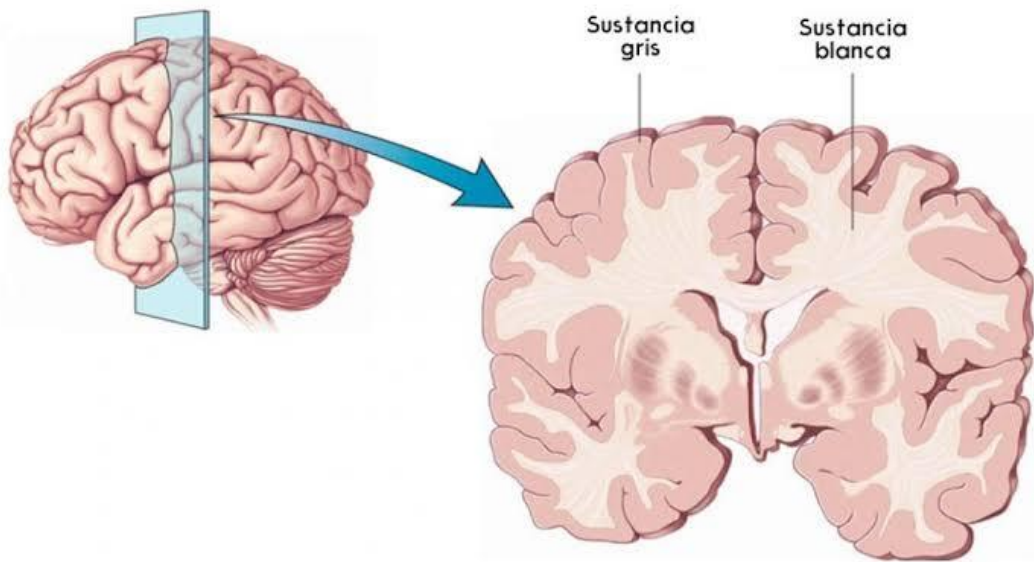
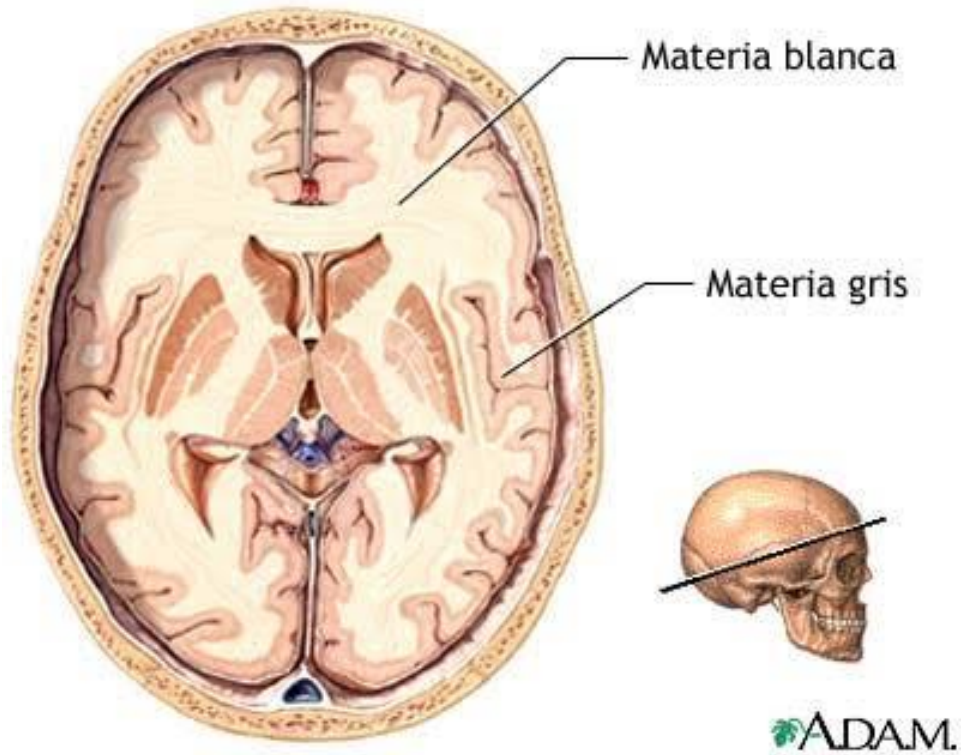
Dicho Cuerpo - se prolonga hacia abajo en el Axón que es una prolongación delgada y larga (cubierta o no de MIELINA), que en ciertas partes tiene separaciones llamadas Nodos de Ranvier, y finalmente las últimas Ramificaciones del Axón se unen con la siguiente neurona, formando la SINAPSIS que es la encargada de transmitir la información entre una y otra neurona.



Los AXONES se clasifican en 2:

-Recubiertos de MIELINA (formando las FIBRAS de la SUBSTANCIA BLANCA) - localizados en el INTERIOR del cerebro y estructuras relacionadas (pero en la Médula Espinal, están situadas en su Exterior -formando las Fibras Sensitivas y Motoras).

-SIN MIELINA (Fibras de la SUBSTANCIA GRIS) - Localizados en el EXTERIOR del cerebro y estructuras relacionadas (pero en la Médula Espinal, dichas FIBRAS están situadas en su Interior - formando una figura tipo alas de mariposa).



////////////////////////////////////

-NEUROPLASTICIDAD:

El entrenamiento musical frecuente, provoca la estimulación del crecimiento en el tamaño y número de las Redes Neuronales.

Se ha descubierto que los mayores cambios en el cerebro de las(los) niñas(niños) se producen cuando el Aprendizaje se realiza antes o alrededor de los 7 años de edad (aunque ésta continúa a lo largo de la vida, pero disminuyendo poco a poco conforme avanza la edad).

La organización estructural y funcional del cerebro de los músicos, se correlaciona con la EDAD a la cual se inició el entrenamiento musical.

Es un Proceso Adaptativo Estructural y Funcional, producto de la Intensidad del Estímulo (en este caso, el Entrenamiento Musical).

Produce un crecimiento regional dependiente de la actividad desarrollada y la adaptación estructural en las sustancias blanca y gris, en respuesta a las intensas demandas ambientales durante un periodo crítico de la maduración del cerebro.

El cerebro de los músicos presenta cambios estructurales dependientes del uso.

El aprendizaje de las habilidades motoras y la actividad motora continúa, requieren la participación del cerebelo, la corteza motora primaria y el hipocampo.

Los músicos presentan diferencias estructurales volumétricas en regiones cerebrales específicas, producto de las adaptaciones al entrenamiento a largo plazo.

Los tecladistas desarrollan habilidades motoras finas en los dedos de ambas manos, con predominio de la mano derecha, puesto que la izquierda tiene función de acompañamiento.

Produce adaptaciones a las Demandas Motoras Específicas de cada instrumento.

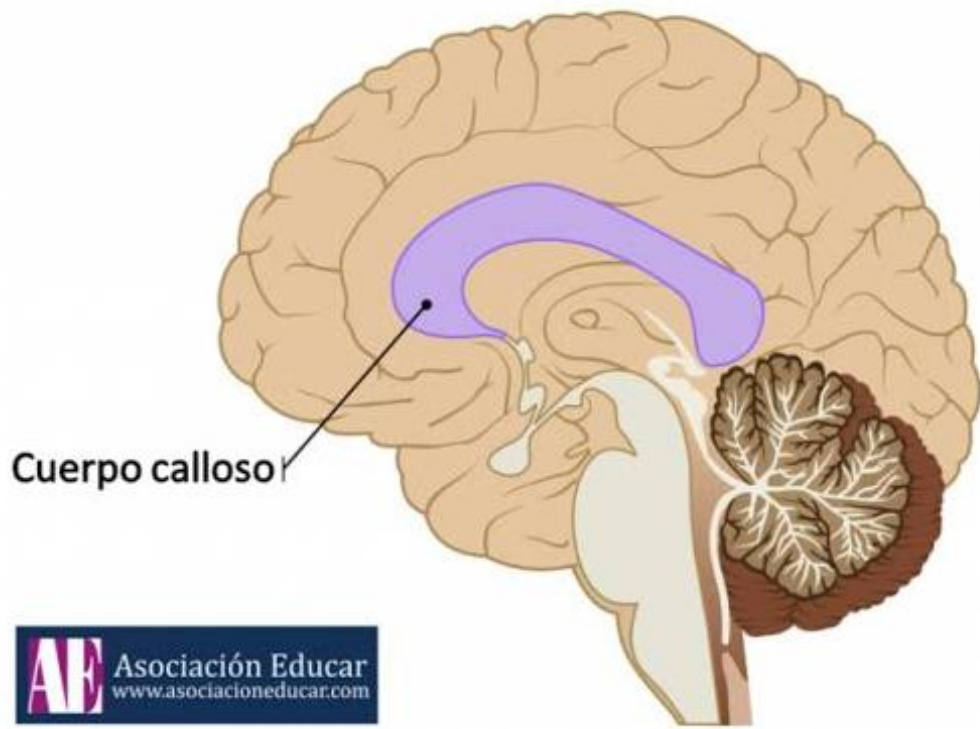
////////////////////////////////////

-SUBSTANCIA BLANCA:

Formada por prolongaciones o FIBRAS nerviosas (Axones) recubiertas de MIELINA (color blanco). Se localiza en el interior del cerebro y en el exterior de la médula espinal, formando los trayectos ascendentes (transportan información sensitiva) y descendentes (transportan información motriz a las extremidades).

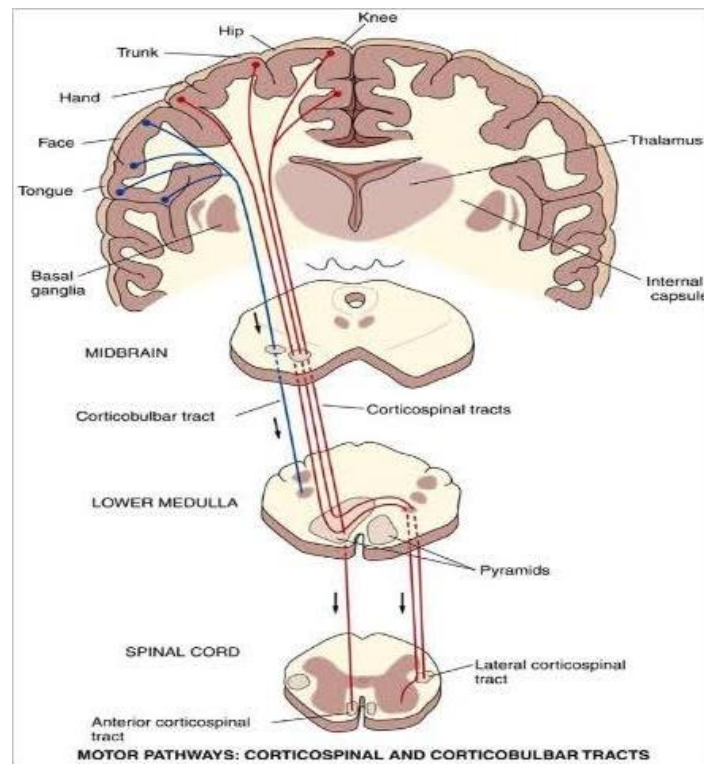
Tiene funciones de conexión.

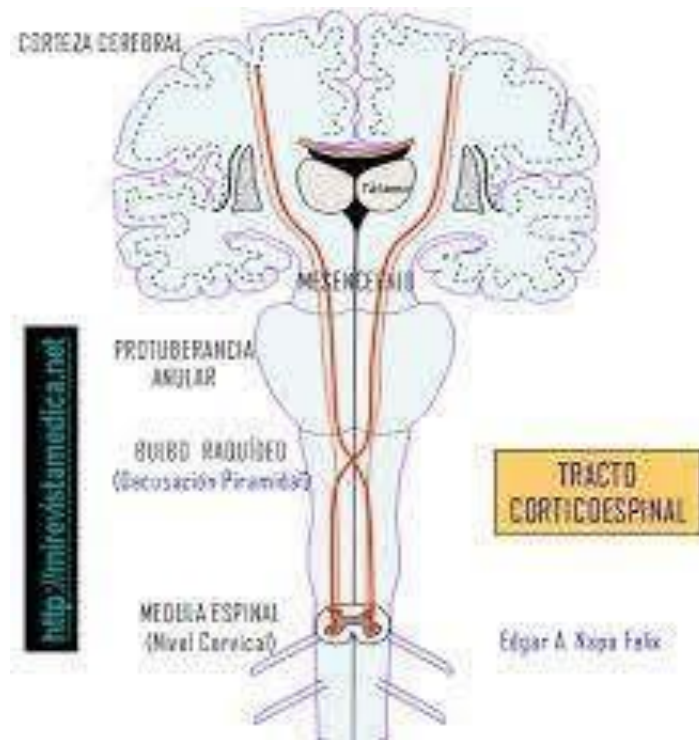
Uno de los primeros en describir el Aumento de las Fibras de la Substancia Blanca debido a la Neuroplasticidad, fue Schlaugh (1995), quien estudió el cambio en el tamaño de la PORCION ANTERIOR del Cuerpo Calloso (coordina la conexión entre ambos Hemisferios en su Corteza Frontal Premotora y Motora Suplementaria - que controlan las complejas Secuencias Motoras Bimanuales), en pianistas profesionales que empezaron su Entrenamiento Musical - antes de los 7 años de edad (aumento en el número de fibras que lo atraviesan).



Produce una Asimetría hemisférica en las Áreas Sensitivo-Motoras, con diferencias en la comunicación interhemisférica, debido a un s. aumento en la Neuroplasticidad durante la Etapa de Maduración en la Primera Década de vida. Demostró que existe un grado considerable de Neuroplasticidad durante el desarrollo del cerebro, hasta llegar a la etapa de adulto. Los Factores Ambientales (tales como el intenso entrenamiento motor bimanual en los pianistas)-juegan un importante papel en el desarrollo del Cuerpo Calloso, para determinar la Composición y el Tamaño de sus fibras.

-Bengtsson (2005) explica que la intensa práctica pianística durante la infancia, adolescencia y etapa como adulto - produce aumento de la Substancia Blanca. En la infancia, la mielinización (Neuroplasticidad de la Substancia Blanca) fue “más intensa”, en el Tracto Piramidal en pianistas, que en no-músicos.



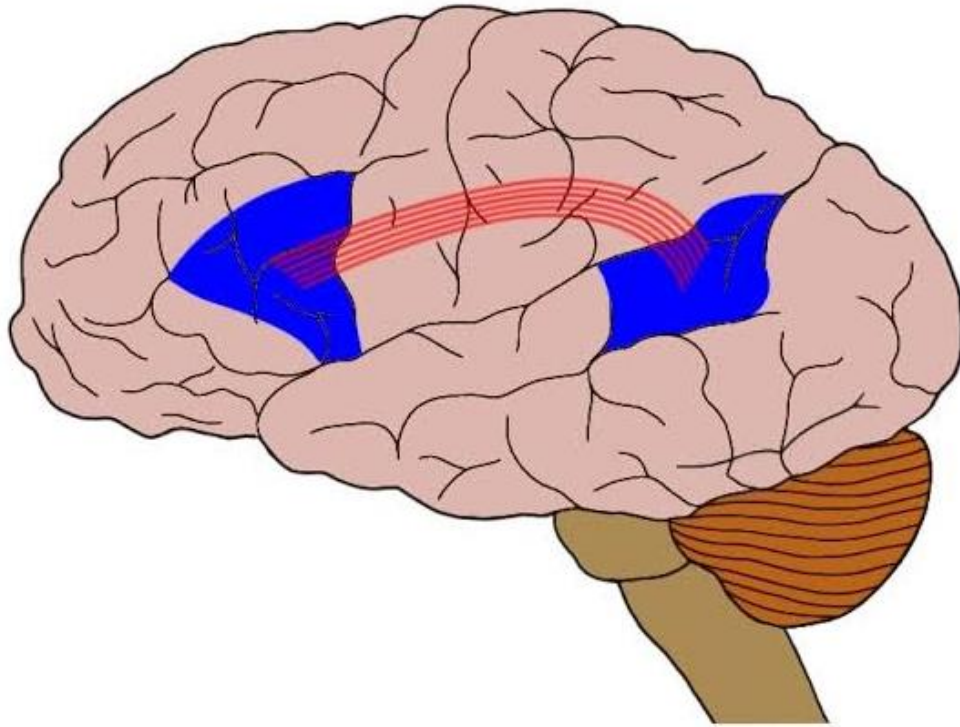


La práctica A Largo Plazo - durante ciertos periodos del desarrollo, produce neuroplasticidad “específica regional”, en los trayectos con mielina (como en la Cápsula Interna - parte posterior del splenium del Cuerpo Calloso).

-Schlaugh (2005) demostró diferencias estructurales en los músicos que empezaron su entrenamiento a temprana edad y que practicaron con gran intensidad.

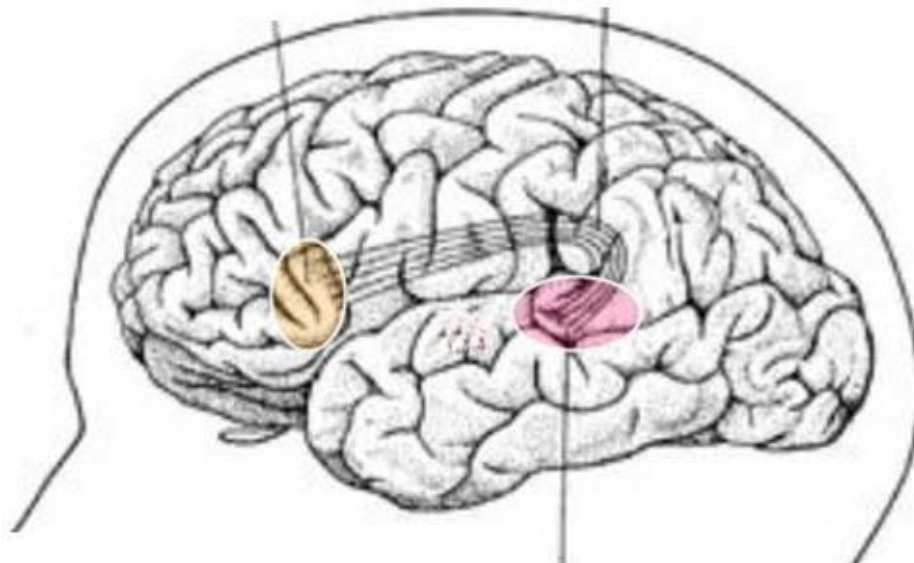
-Han (2009) demostró que existe mayor cantidad de Substancia Blanca en la extremidad posterior de la Cápsula Interna. Tanto la Substancia Blanca como la Gris, aumentan durante la Adolescencia o Adulto Joven, debido a la práctica del movimiento de las extremidades superiores (cambios neuronales o mecanismos, debidos al entrenamiento a largo plazo).

-Halwani (2011) encontró un aumento del volumen en los trayectos específicos de fibras blancas (con mielina) que conectan la región auditiva con la motriz, como el trayecto del Fascículo Arqueado (Arcuate), y en las regiones Temporal y Frontal, Circunvoluciones Temporal Medio y Superior, y la Circunvolución Frontal Inferior, - en pianistas.



Área Broca

Fascículo arqueado



Área Wernicke

-Teki (2012) Encontró un aumento de la substancia blanca en la Porción Posterior de ambos Hipocampos (relacionados con la Audición).

-Engel (2014) encontró un aumento de substancia blanca en las fibras que participan en el Aprendizaje Audio-Motor, en los trayectos cortico espinales bilaterales, asociados con los movimientos voluntarios, y en el Fascículo Longitudinal Superior Derecho, asociado con la conexión Auditiva-Motriz.

-Ruber (2015) encontró diferencias estructurales y funcionales en las fibras motoras que participan en la ejecución musical, con aumento en las fibras blancas (con Mielina) en los Trayectos Motores Cortico-Espinales. Aumento solo en Tecladistas en la Corteza Motora Derecha y el Hemisferio Cerebral Izquierdo. Aumento en la Corteza Motora Primaria, que coordina el Dedo Índice Contralateral.

Se produce una Adaptación a las Demandas Motoras Específicas, de cada instrumento.

-James (2017) encontró cambios en la Substancia Blanca en estructuras que intervienen en el procesamiento de la música, como la Circunvolución Media Temporal Derecha, Cingulate Anterior y Parahipocampal Derechos.

-DeManzano (2018) encontró un engrosamiento de fibras blancas de la Red Auditivo-Motriz, en la corteza de ambos Hemisferios (pero con predominio del Hemisferio Izquierdo),

así como del Cerebelo y el Cuerpo Caloso.

-Finalmente, Cheng (2023) describe un aumento (debido a la Neuroplasticidad) de la Substancia Blanca en las áreas relacionadas con las Emociones (como la Amígdala) y el Lenguaje.

////////////////////////////////////

-SUBSTANCIA GRIS:

Formada por los Cuerpos o Somas de las neuronas, de color obscuro (sin MIELINA).

Se localiza en la corteza (exterior) del cerebro y también en el interior de las neuronas motoras y sensitivas de la médula espinal (en forma de alas de mariposa).

Tiene funciones de procesamiento de la información.

-Gaser (2003) encontró diferencias en la substancia gris en las regiones motora y somatosensorial primarias (motora, auditiva y visual-espacial, en pianistas profesionales, amateurs y no-músicos, producto de las adaptaciones estructurales

como respuesta a la adquisición de habilidades a largo plazo y el ensayo repetitivo de dichas habilidades.

Las diferencias estructurales van relacionadas con la intensidad de la práctica musical.

Aumento de la sustancia gris en el área dedo-mano del cerebelo.

Regiones relacionadas con el movimiento, como la corteza cerebral premotora y la corteza del cerebelo - participan en la planeación, preparación, ejecución y control de los movimientos secuenciales bimanuales de los dedos; y en tareas auditivas-musicales.

Cerebelo: participa en el aprendizaje de las habilidades cognitivas, así como en el procesamiento musical.

Aumento de la sustancia gris en la circunvolución de Heschl izquierda.

Región Parietal Superior: interviene en el procesamiento visual-espacial, y juega un importante papel al integrar información sensorial multimodal (visual, auditiva y somato-sensitiva) y proporciona dirección para las operaciones motoras, a través de intensas conexiones recíprocas con la corteza premotora. También juega un importante papel en la lectura de una partitura, que depende de la rápida integración de la información sensorial multimodal y de la preparación motora.

Los músicos practican repetitivamente esta transformación visual-espacial en motora, al leer una partitura y traducirla en acciones motoras acompañadas de una retroalimentación auditiva simultánea, que ayuda al acoplamiento de los patrones visuales con el programa motor.

Existe una intensa relación entre las diferencias en la sustancia gris y el nivel de entrenamiento musical.

Los músicos amateurs presentan un “aumento Intermedio” -en el volumen de la sustancia gris, en comparación con los músicos profesionales y los no-músicos.

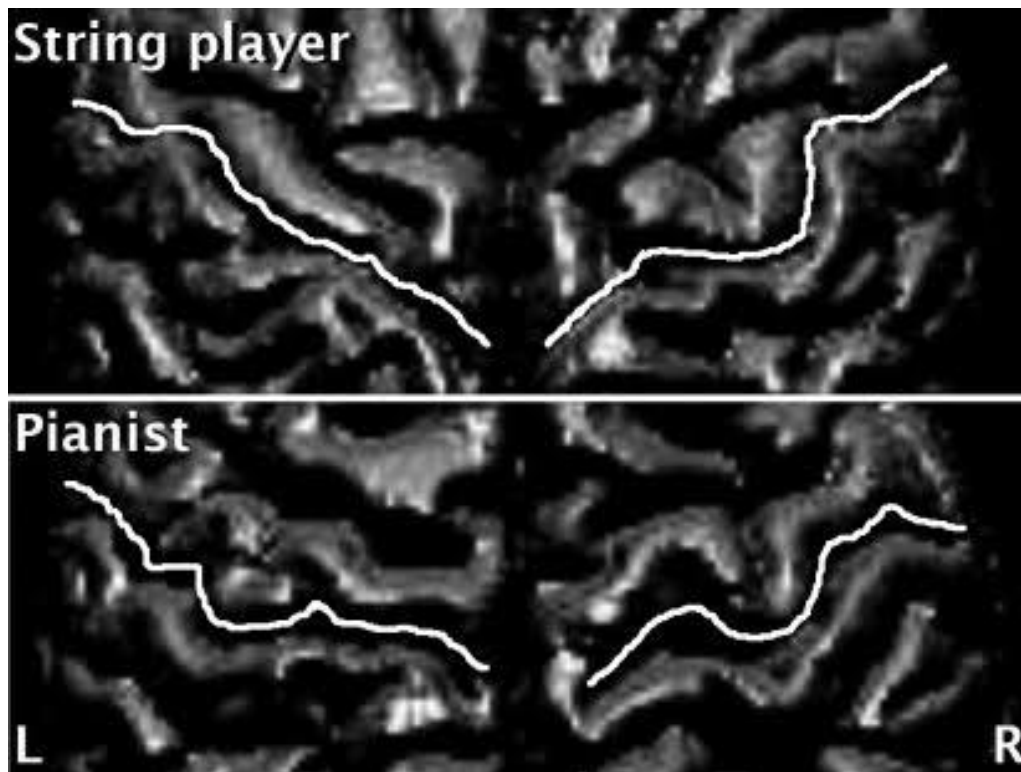
-Schlaugh (2005) demostró un aumento de ella en la Corteza Sensitivo-Motora, y en ambos Lóbulos Occipitales; mediante un estudio comparativo en niños de 5 a 7 años de edad y niños de 7 a 11 años de edad - con 4 años de entrenamiento musical en promedio.

-Schneider (2005) y (2005) demostró la Asimetría en el volumen de la sustancia gris en la circunvolución de Heschl (que procesa rápidamente la información temporal) izquierda (percepción del tono fundamental) o derecha (percepción del tono espectral), lo cual demuestra una “Lateralización Hemisférica Relativa”. El tamaño de la circunvolución de Heschl (izquierda o derecha), depende de las

habilidades de cada músico. Su “Asimetría Estructural y Funcional” refleja la preferencia la percepción del Tono (fundamental o espectral), así como la preferencia del instrumento seleccionado por cada músico.

-Bangert (2006) encontró diferencias en el tamaño, densidad y asimetría de la sustancia gris en ciertas regiones cerebrales, (como el signo Omega izquierdo-situado en la circunvolución pre central de la región pre-rolándica, de la corteza motora) entre ejecutantes de cuerdas y tecladistas - asociada con la representación (Homunculus) del movimiento de la mano.

Lo cual demuestra que el instrumento que se practica, produce una adaptación cerebral. En los pianistas, el alargamiento del signo Omega “más largo en ambos hemisferios”, es debido a que practican con ambas manos (rasgos anatómicos específicos, en el área motora de los pianistas).



-Lv (2008) demostró que el entrenamiento motor a largo plazo produce adaptaciones funcionales y estructurales, en las áreas sensitivo-motor en los músicos. Encontró diferencias en la densidad de la sustancia gris, entre las áreas sensorimotoras primarias izquierda y derecha, entre pianistas y no-músicos. Dichas áreas son la base de la coordinación bimanual en los tecladistas. Contrario a lo

esperado, se encontró una “menor” correlación entre la actividad espontánea y la densidad de la sustancia gris en dichas áreas; lo cual permite una “independencia conductual o coordinación independiente”.

La baja correlación entre los movimientos de ambas manos, pudieran ser la base de la “independencia” entre ambas extremidades (en el caso de los pianistas).

-Han (2009) demostró que tanto la Sustancia Blanca como la Gris, aumentan con una edad promedio de inicio de la práctica pianística de 12 años. Encontró mayor cantidad de Sustancia Gris en la Corteza Sensorimotora Primaria Izquierda y el Cerebelo Derecho.

-Jancke (2009) cita a Slumming (2002), la cual encontró un aumento de la sustancia gris en el área de Broca, en la circunvolución frontal inferior izquierda - en los músicos.

-Granert (2011) encontró que la Sustancia Gris “aumentó” en la parte media-tanto en el Putamen Izquierdo como en el Derecho, en los pianistas. Entre mayor el nivel de habilidad profesional del pianista, “menor” el volumen de la parte media del Putamen Derecho. Esto se debe a que el alto nivel de habilidades, hace que el Putamen sea “menos” importante, para controlar los movimientos de las extremidades.

**Putamen Anterior: Se conecta con áreas corticales que coordinan el planeamiento motor, organización, regulación y la planeación de complejas conductas cognitivas.

**Putamen Posterior: Se conecta con áreas corticales encargadas de controlar la ejecución de los movimientos de las extremidades.

Sin embargo, en el caso de los pianistas con Distrofía Focal, dicho aumento fue “todavía mayor” en la parte media del Putamen DERECHO y en el Globus Pallidus.

-Teki (2012) encontró un aumento de sustancia gris en el Opérculo Frontal Derecho y el Lóbulo Temporal Derecho Superior. En el caso de los AFINADORES de pianos, encontró mayor sustancia gris en la Porción Anterior de ambos Hipocampos, ambas Circunvoluciones Parahipocampales, Circunvolución Temporal Medio Derecho y Circunvolución Temporal Superior, Insula, Precuneus y Lóbulo Parietal Inferior, así como en la Corteza Auditiva e Hipocampos, Lóbulo Lateral Temporal Superior.

-Vaquero (2016) demostró las “Disminuciones y Aumentos”

de la substancia gris, debido al intenso entrenamiento musical, pero dependiendo de la edad de inicio.

El inicio del entrenamiento musical a temprana edad, produce una Disminución en el volumen de la substancia gris, en el Putamen derecho.

**Aumento de la Subs Gris: Putamen Izquierdo y Derecho, Hipocampo, Amígdala, Tálamo Derecho, Circunvolución Lingual Bilateral y en la Circunvolución Temporal Superior Izquierda. Aumento en la red que participa en el reforzamiento del aprendizaje.

**Disminución de la Subs Gris: Circunvoluciones Supramarginal Derecha, Temporal Superior Derecha y Postcentral Derecha.

Disminución en las áreas relacionadas con el control sensorimotor, procesamiento auditivo y la lectura de una partitura.

-James (20107) encontró cambios en la Substancias Blanca y Gris, en estructuras que intervienen en el Procesamiento de la Música, como la Circunvolución Medio Temporal Derecha, el Cingulate Anterior y el Parahipocampal Derechos.

deManzano (2018) encontró engrosamiento de las fibras blancas (con Mielina) en la Corteza del Hemisferio Izquierdo y del Cerebelo, así como en ambos Hemisferios y el Cuerpo Calloso.

-Por último, Tavor (2020) demostró que el aprendizaje de las Secuencias Motoras produce una Neuroplasticidad a Corto Plazo. El aprendizaje de la navegación espacial y la memoria para la localización de objetos produce cambios en la substancia gris, principalmente en regiones del sistema motor, como la corteza premotora y el cerebelo. Asimismo, en el hipocampo y el neocortex.

////////////////////////////////////

-BIBLIOGRAFIA (En Orden Cronológico):

1) SUBSTANCIA BLANCA: -

-(1995) Schlaugh, G : In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. Science. New Series. 267, 5198 (Feb 3): 699 - 701.

-(1995) Schlaugh, G : Increased corpus callosum size in musicians. Neuropsychologia. 33 (8): 1047 - 55.

-(2005) Bengtsson,S : Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development. Nature Neuroscience. 8 (9) Sept: 1148-50.

-(2009) Han,Y : Gray matter density and white matter integrity in pianist's brain, a combined structural and diffusion tensor MRI study. Neurosci Lett, Jul 31: 459 (1). 3-6.

- (2011) Halwani,G : Effects of practice and experience on the arcuate fasciculus; comparing singers, instrumentalists and non-musicians. *Frontiers in Psychology*. July, 2 (156): 1-9.
- (2012) Teki, S : Navigating the auditory scene; an expert role for the hippocampus. *J Neurosci*. Aug 29, 32 (35): 12251-57.
- (2014) Engel,A : Inter-individual differences in audio-motor learning of piano melodies and white matter fiber tract architecture. *Hum Brain Mapp*. May, 35 (5): 2483-97.
- (2015) Ruber, T : Differential adaptation of descending motor tracts in musicians. *Cereb Cortex*. Jun, 25 (6): 1490-98.
- (2015) Schlaugh, G: Musicians and music making as a model for the study of brain plasticity. *Prog Brain Res*. 217: 37-55.
- (2017) James, CE : Electrical neuroimaging of music processing reveals mid-latency changes with level of musical expertise. *Front Neurosci*. Nov 7, 11: 613.
- (2018) de Manzano,O : Same genes, different brains; neuroanatomical differences between monozygotic twins discordant for musical training. *Cereb Cortex*. Jan 1, 28 (1): 387-394.
- (2023) Cheng, LK : Long-term musical training induces white matter plasticity in emotion and language networks. *Hum Brain Mapp*. Jan; 44 (1): 5 - 17.

////////////////////////////////////

2) SUBSTANCIA GRIS: -

- (2003) Gaser,C : Gray matter differences between musicians and non-musicians. *Ann NY Acad Sci*. Nov; 999: 514-7.
- (2005) Schlaugh, G: Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Ann NY Acad Sci*. 1060: 219-230.
- (2005) Schneider, P : Structural, functional and perceptual differences in Heschl's gyrus and musical instrument preference. *Ann NY Acad Sci*. Dec; 1060: 387-94.
- (2005) Schneider,P : Structural and functional asymmetry of lateral Heschl's gyrus reflects pitch perception preference. *Nat Neurosci*. Sept 8 (9): 1241- 7.
- (2006) Bangert, M : Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. *Eur J Neurosci*. Sept, 24 (6): 1832-34.
- (2008) Lv, YT : Correlations in spontaneous activity between left and right sensorimotor areas of pianists. *Neuroreport*, Apr 16; 19 (6): 631 - 4.

- (2009) Han, Y : Gray matter density and white matter integrity in pianist's brain; a combined structural and diffusion tensor MRI study. *Neurosci Lett.* Jul 31; 459 (1): 3-6.
- (2009) Jancke, L : Music drives brain plasticity. *Biol Reports.* Oct. 1 : 78.
- (2011) Granert, O : Sensorimotor skills and focal dystonia are linked to putaminal gray matter volume in pianists. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* Nov, 82 (11): 1225 - 31.
- (2012) Teki, S : Navigating the auditory scene; an expert role for the hippocampus. *J Neurosci.* Aug 29, 32 (35): 12251 - 7.
- (2015) Schlaugh, G: Musicians and music making as a model for the study of brain plasticity. *Prog Brain Res.* 217: 37-55.
- (2016) Vaquero, L: Structural neuroplasticity in expert pianists depends on the age of musical training onset. *Neuroimage.* Feb 1, 126 : 106 -109.
- (2017) James, CE : Electrical neuroimaging of music processing reveals mid-latency changes with level of musical expertise. *Front Neurosci.* Nov. 7, 11: 613.
- (2018) de Manzano, O: Same genes, different brains - neuroanatomical differences between monozygotic twins discordant for musical training. *Cereb Cortex.* Jan 1, 28 (1): 387-394.
- (2020) Tavor, I: Short-term plasticity following motor sequence learning revealed by diffusion magnetic resonance imaging. *Hum Brain Mapp.* Feb 1; 41 (2): 442 - 452.