

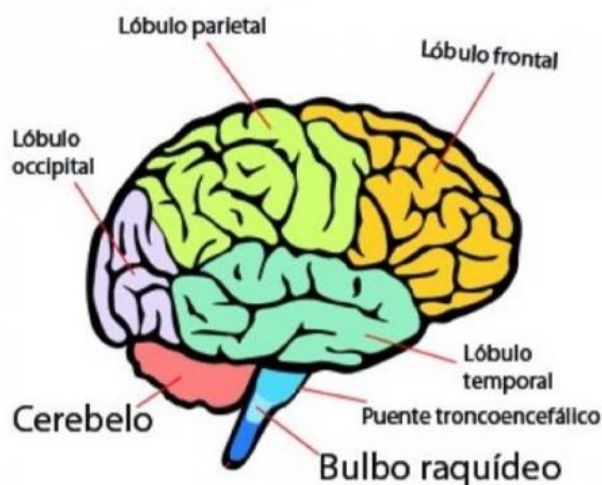
DETECCION DE ERRORES DURANTE LA EJECUCION PIANISTICA

Dr Raúl Ibarra Guadalajara, Jalisco 2024 willshak5280@yahoo.com.mx (*)
el presente artículo, forma parte del libro: “ El Cerebro del Pianista”
(Piano y Cerebro Humano - Facebook). El libro - Tercera Edición, 2024
(450 págs.) se consigue directamente con el autor.

Para poder realizar una adecuada Ejecución Pianística, la (el) artista debe utilizar
-“al mismo tiempo” - cinco de nuestros Aparatos o Sistemas :

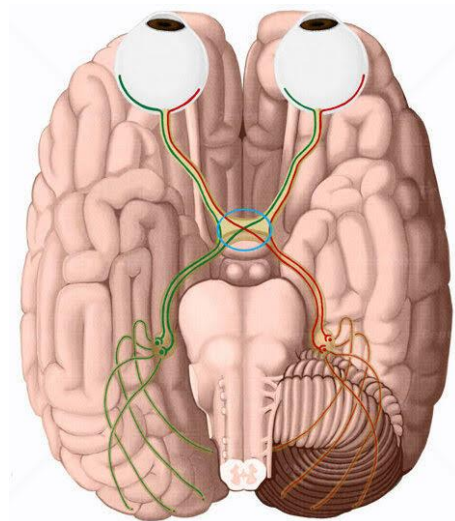
- a) Vista
- b) Oído
- c) Movilidad de las Extremidades Superiores
- d) Corteza Sensitivo Somato-Estética
- e) Integración o Coordinación

Es imposible decir cuál de los ellos es “más importante “que los demás,
puesto que el Entrenamiento Musical durante años (preferentemente, durante
la infancia) estimula la NEUROPLASTICIDAD y con ello, el desarrollo de
las habilidades necesarias para lograr una adecuada técnica o habilidad pianística.
-Altenmuller (2016) dice: “ Los cambios más dramáticos en la Neuroplasticidad,
han sido demostrados en músicos profesionales ”.

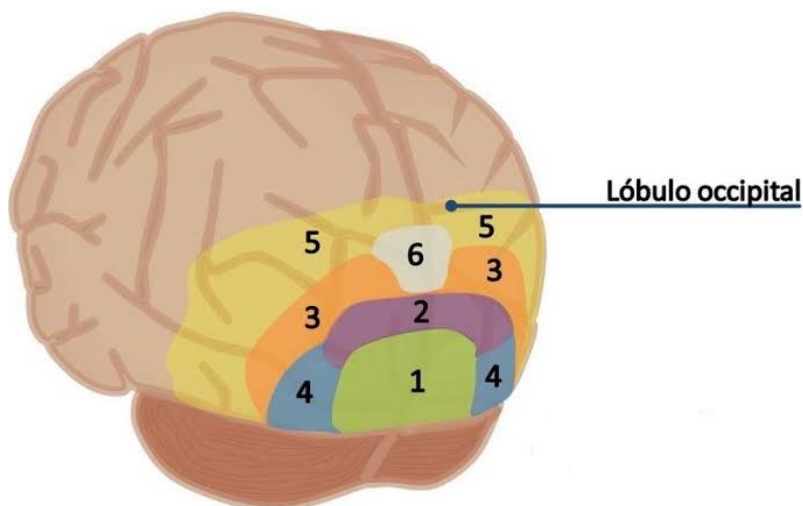


-VISTA :

Al leer una partitura y/o mirar al teclado, las Imágenes Visuales viajan desde la Retina de los ojos hacia adentro - en dirección a los Nervios Ópticos (derecho e izquierdo), Quiasma Óptico (situado en la base del cerebro - cerca de la silla turca y donde se aloja la glándula Hipófisis), se continúan nuevamente separados, hasta llegar finalmente a la Corteza Visual Primaria - situada en la región Occipital (posterior e inferior) del cerebro.



La CORTEZA VISUAL está formada por 5 Áreas y ocupa la totalidad del Lóbulo Occipital. Sus neuronas se encargan de la Interpretación o Reconocimiento de las imágenes, procesamiento o reconocimiento Visual-Espacial y la Discriminación del Movimiento y los Colores.



-a) Área Visual Primaria:

Detecta puntos específicos de luz y oscuridad, lo mismo que orientaciones de líneas y límites, destellos de luz, colores u otras imágenes simples.

-b) Áreas Visuales Secundarias:

Interpretan la información visual (como por ejemplo: Interpretación del significado del Lenguaje Escrito (como lo es una Partitura).

Al leer una partitura, o al observar las manos sobre el teclado, el ojo realiza MOVIMIENTOS SACADICOS (movimientos del ojo de forma que pequeñas partes de la escena puedan ser vistas con “ mayor resolución “.

La palabra “ Sacada “ significa: separación de algo (acción y resultado de sacar algo). Una SACADA típica dura entre 20 y 200 milisegundos.

Los ojos humanos NO miran una escena de forma estática - por lo general.

En vez de esto, se mueven “ buscando ” partes interesantes de una escena y construyendo un “ mapa mental ” de ella.

Uno de los primeros en investigar la Visión en los pianistas, fue Cheney (1985).

A continuación - “ únicamente se mencionan los primeros ” - que investigaron temas relacionados con la Visión de los pianistas:

-(1985): Visión - Cheney

-(1992 y 93): Lectura de Partituras - Sergent

-(1995): Sacadas - Kinsler

-(2005): Lóbulo occipital medio - Bengtsson

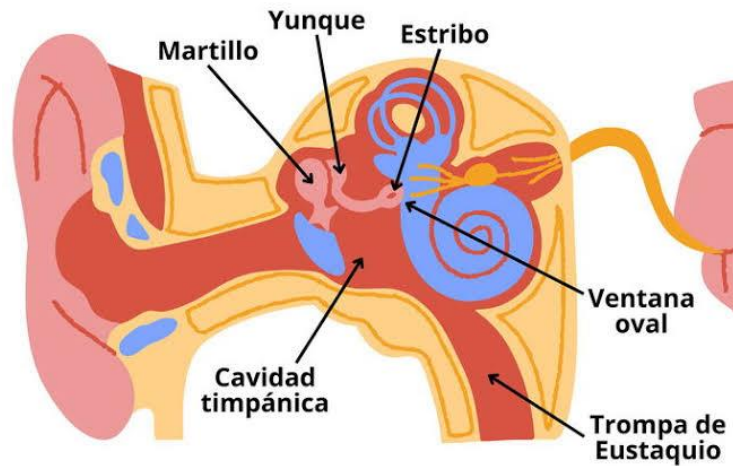
-(2005): Percepción visual - Cheney

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

-OIDO :

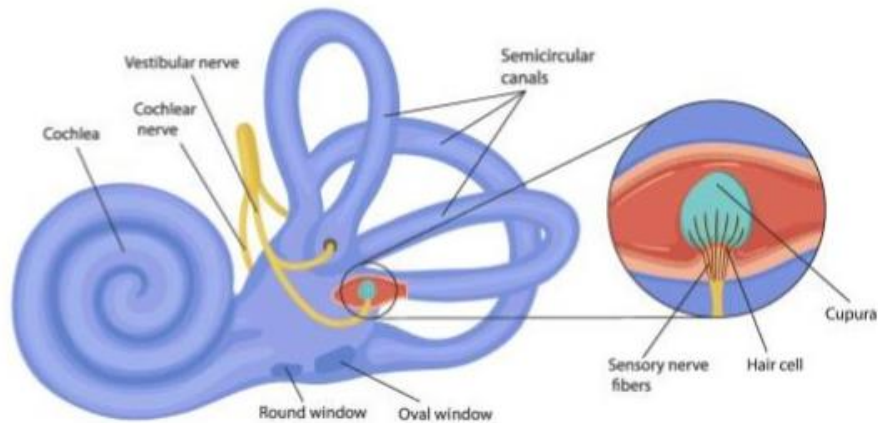
Las ondas sonoras penetran al OIDO EXTERNO, hacia el OIDO MEDIO donde se encuentra una membrana (Tímpano) que vibra por la presión ejercida por ellas, y que está conectada con los huesecillos del oído (Martillo, Yunque y Estribo); los cuales conectan el Tímpano con la Ventana Oval del Oído INTERNO.

Partes del oído medio



El Martillo se une por fuera con la membrana del Tímpano, y por dentro con el Yunque. Ambos huesecillos se mueven “ al mismo tiempo ” cuando las ondas sonoras mueven el Tímpano (o Membrana Timpánica). El Estribo se une con el Yunque y con la Ventana Oval del OIDO INTERNO (permitiendo que las ondas sonoras pasen hacia el interior de este último).

Vestibular system



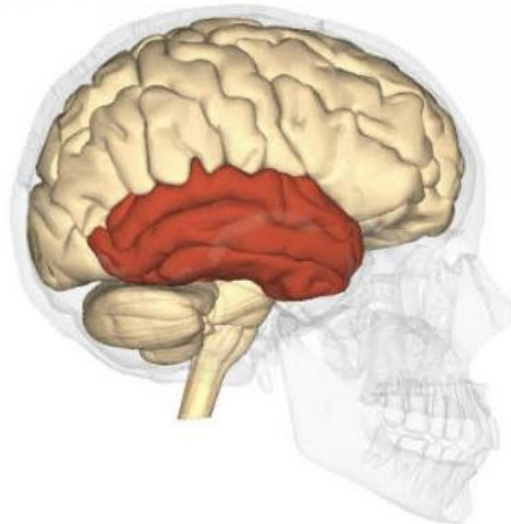
Finalmente, el OIDO INTERNO (o Laberinto) consta de varios elementos, de los cuales sobresale el Órgano de Corti (con las Células Ciliadas) - que son los Receptores Auditivos (“ transforman ” las Vibraciones Sonoras en Impulsos Nerviosos). A partir de ahí, surge el NERVIÓ AUDITIVO (formado por el Nervio Vestibular - transmite hacia el cerebro la información sobre el equilibrio; y por el Nervio Coclear - transmite la información sobre el sonido)

-LOBULO TEMPORAL : se localiza a ambos lados del cerebro, a la altura de los oídos, y está formado por :

a) CORTEZA AUDITIVA PRIMARIA:

Procesa la información relacionada con el sonido, lenguaje y música. Se localiza en la parte Superior del Lóbulo Temporal. Está rodeada por la Corteza Auditiva Secundaria, y ésta a su vez por la Terciaria.

Las Neuronas de la Corteza Auditiva están organizadas según la FRECUENCIA y ALTURA de los sonidos. Algunas situadas en un extremo responden mejor a las Frecuencias más BAJAS (2 Hertz) - en tanto que las otras, situadas en el otro extremo responden mejor a las Frecuencias más ALTAS (128 Hertz). Además de recibir la información del sonido y del equilibrio que llega desde el oído interno y los centros de la base del cerebro, también devuelven información hacia éstas áreas.

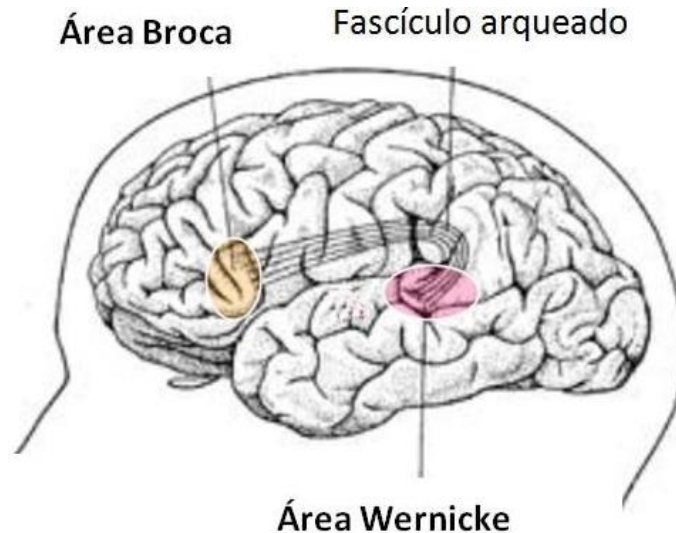


b) AREA DE WERNICKE:

Se encuentra en la corteza de Asociación Auditiva (situada en la parte posterior e inferior de la Corteza Auditiva Primaria, o Área de Heschl).

Se encarga de la Comprensión de las palabras habladas, para la integración sensitiva. Interviene en la Interpretación última de los significados de prácticamente todos los tipos diferentes de información sensitiva (como el significado de oraciones e ideas -ya sean oídas, leídas, percibidas o inclusive generadas dentro del cerebro. Coordina el Pensamiento. Solo está bien desarrollada en uno de los dos Hemisferios (generalmente en el izquierdo). Se comunica con el Área de Broca (elaboración del Lenguaje), mediante el Fascículo Arqueado.

Su desarrollo unilateral evita confusión de los procesos del pensamiento entre los dos Hemisferios. En personas Diestras - se desarrolla “ más el lado izquierdo ”. En alrededor del 95 % de las personas, el Hemisferio Izquierdo - es el dominante. Participa en la función de Escuchar y Reconocer diferentes palabras, y en su Disposición o Acomodo para formar un pensamiento coherente; así como en la Comprensión de la lectura.



Cuando cada instrumento de una orquesta toca la misma nota, las “características” de cada sonido son DIFERENTES, aunque los músicos perciban que todas ellas tienen la misma Tonalidad.

c) AREA DE LA MEMORIA RECIENTE:

La mitad Inferior del Lóbulo Temporal participa en el Almacenamiento A Corto Plazo - de los Recuerdos (aquellos que persisten entre pocos minutos y varias semanas). Sus neuronas son capaces de responder ante una TONALIDAD determinada. Están Tono-Tópicamente organizadas (las neuronas que son vecinas entre sí, responden a FRECUENCIAS similares). Se encarga de identificar los elementos básicos de la música (como el VOLUMEN o el TONO).

d) CORTEZA AUDITIVA SECUNDARIA:

Se encarga de interpretar el SIGNIFICADO de las palabras habladas, y porciones de estas áreas intervienen en el Reconocimiento de la Música. Procesa los Patrones RITMICOS, MELODICOS y ARMONICOS.

e) CORTEZA AUDITIVA Terciaria:

Integra “ toda la información ” - hasta crear la experiencia global de la percepción musical. La Percepción de la característica musical del TONO, no solamente tiene lugar en la Corteza Auditiva; sino también en la Corteza Prefrontal Rostromedial (que es sensible a la TONALIDAD (o sea, se activa por los TONOS y FRECUENCIAS producidos por los sonidos y la música).

En la mayoría de los adultos, los centros del Lenguaje, están situados en el Hemisferio Izquierdo (Dominante).

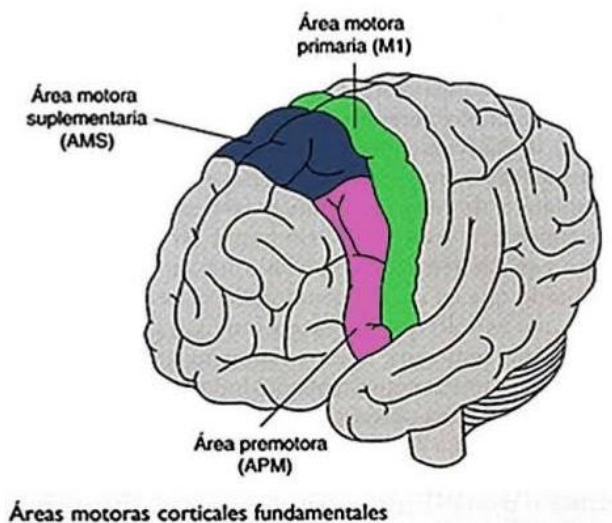
Dos de los primeros que investigaron la Audición en los pianistas, fueron Creutzfeld (1989) y Zatorre (1989). Posteriormente Bangert (2003) y Jancke (2012) y Pfordresher (2012) - entre otros.

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

-MOVILIDAD DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES:

El Área Motora permite al pianista realizar sobre el teclado los movimientos necesarios para interpretar una melodía.

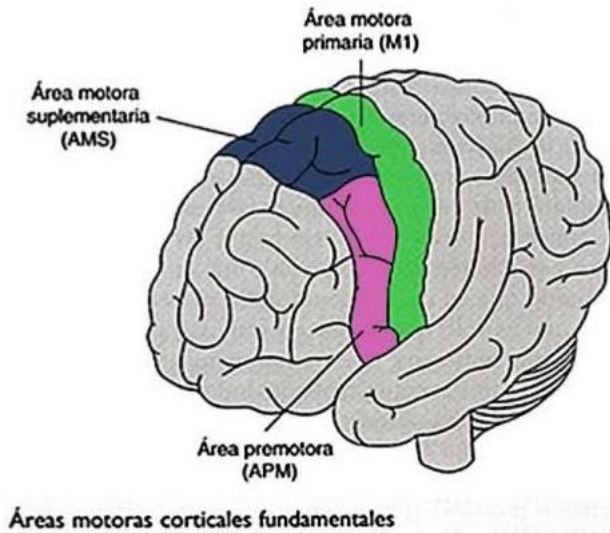
Se encuentra en la parte superior del cerebro (Lóbulo Parietal), formando parte de la porción posterior del Lóbulo Frontal. La Cisura de Rolando la separa del Área Sensitiva.



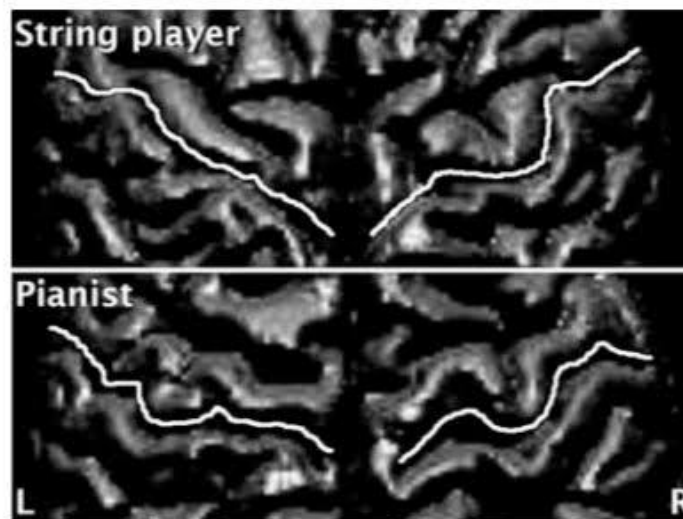
Se divide en :

a) CORTEZA MOTORA:

Localizada en una banda de aproximadamente 2 cm de ancho, inmediatamente por adelante de la Cisura de Rolando: controla los movimientos musculares específicos



-(2006) Bangert fue el primero en demostrar el “ mayor crecimiento ” del SIGNO OMEGA IZQUIERDO (situado alrededor de la Cisura de Rolando, y que representa el Movimiento de la MANO DERECHA del pianista).



-AREA MOTORA SECUNDARIA:

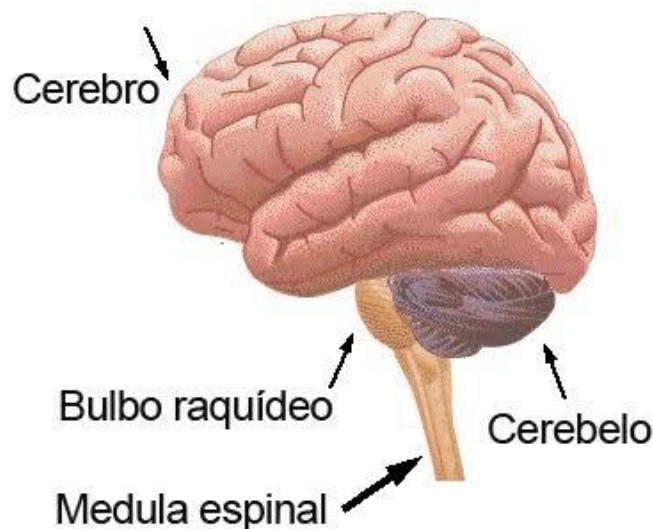
Almacena la información motora que resulta de las experiencias pasadas (APRENDIZAJE). Participa en el Control de los movimientos POSTURALES Gruesos mediante sus conexiones con los Ganglios Basales, y además recibe información de la Corteza Sensitiva y del Tálamo.

(1985) Cheney fue el primero en estudiar esta área en los pianistas.

-AREA PRE-MOTORA:

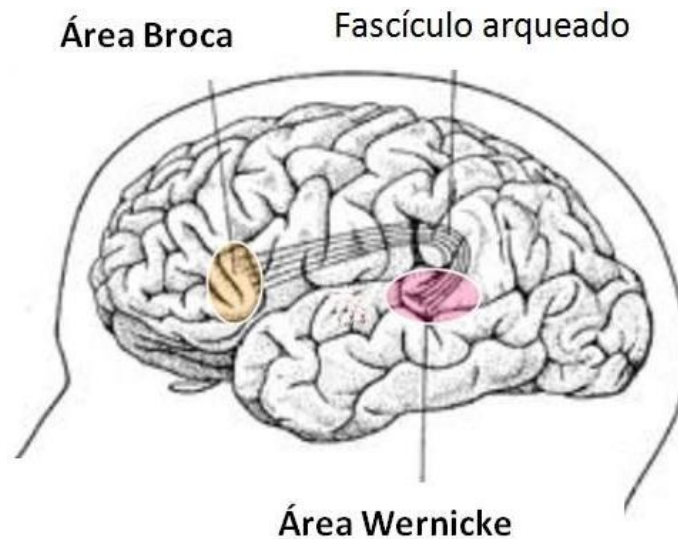
Se localiza por delante de la Corteza Motora, controla los movimientos coordinados que comprenden SECUENCIAS de movimientos de un músculo individual, o movimientos combinados de una cantidad de músculos diferentes, “ pero al mismo tiempo ” = COORDINACION MOTRIZ .

En esta área es donde se almacena gran parte de la información que permite controlar los movimientos aprendidos (APRENDIZAJE MUSICAL) que requieren cierta destreza, tales como la EJECUCION PIANISTICA o la Atlética. Tanto la Corteza Motora, como la Pre-Motora envían las señales provenientes de la Corteza Frontal, pasando por varias estructuras en la base del cerebro, y en coordinación con el CEREBELO - para bajar hacia los músculos correspondientes a través de la MEDULA ESPINAL -la cual conforme desciende se va ramificando.



-AREA DE BROCA:

Localizada delante de la Corteza Motora, en el borde lateral de la Area Pre-Motora. Controla los movimientos coordinados de la laringe y la boca, para producir el habla. Esta área solo se desarrolla en uno de los dos Hemisferios Cerebrales. En el Hemisferio Izquierdo (en alrededor de 19 a 20 personas, incluyendo todos los diestros y la mitad de los zurdos).



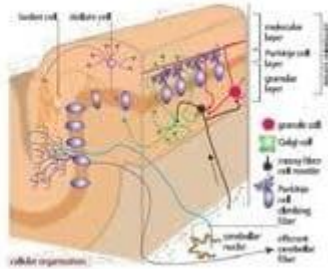
Dos de los primeros en investigar la Coordinación Motriz en pianistas, fueron Cheney (1985) y Christman (1993). Posteriormente, Gerloff (1997) fue el primero en estudiar el aprendizaje motriz en los pianistas.

-CEREBELO:

Es una de las estructuras más importantes para la adecuada COORDINACION de las Extremidades Superiores del pianista, así como en la Ejecución BIMANUAL (o de una MANO SOLA) de las SECUENCIAS - durante las ESCALAS y los ARPEGIOS . Se encuentra en la base posterior del cerebro (por debajo del Lóbulo Occipital). Coordina las vías Sensitivas (ascendentes hacia la corteza cerebral) y las Motoras (descendentes, conectan hacia abajo con la Médula Espinal). Interviene en ciertas funciones cognitivas, como la Atención y el Procesamiento del Lenguaje, así como en el Aprendizaje. Las diferentes partes del cuerpo humano están representadas en su interior. Además de participar junto con otras estructuras cerebrales en los Movimientos Voluntarios e Involuntarios - también participa en el Equilibrio y la Marcha.

Cerebelo

- Capas de la corteza cerebelosa:
 - La corteza es uniforme
 - Está constituida por tres capas:
1. Capa molecular: (externa)
 2. Capa de las neuronas de Purkinje
 3. Capa granular: (interna)



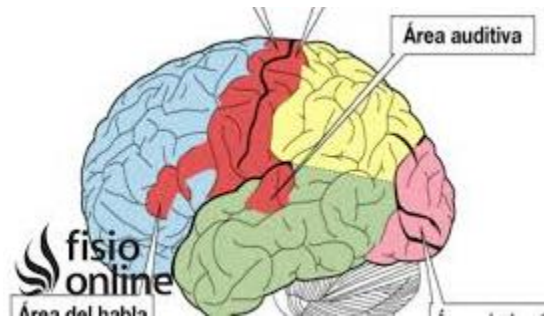
El cerebelo contribuye a que los movimientos sean uniformes y coordinados

ADAM



-CORTEZA SENSITIVA SOMATO-ESTETICA:

Recibe la información ASCENDENTE - proveniente de las diversas partes del cuerpo, proveniente de diversas partes del cuerpo (tales como el tacto, presión, temperatura y dolor). Se ubica en la parte POSTERIOR de la Cisura de Rolando. Ocupa casi la totalidad del Lóbulo Superior o Parietal. Se divide en:



a) PRIMARIA:

Funciona como centro de relevo inferior del cerebro y transmite la información a otras regiones de la corteza cerebral. Es la parte de la Corteza Cerebral que recibe las señales “ directamente “, desde los receptores sensitivos ubicados en todo el cuerpo. Permite distinguir los tipos específicos de sensación en determinadas regiones del cuerpo.

b) SECUNDARIA:

Sirve principalmente para interpretar las señales Sensitivas (no para distinguirlas)- como cuando una mano percibe una silla, una mesa, o una pelota.



-INTEGRACION o COORDINACION:

Llamaremos así, a la función que permite la participación de las Áreas Frontal, Auditiva, Visual, Motoro y Sensitiva - en la ejecución pianística.

-(1995) Pascual-Leone dice: “ Tocar el piano demanda un control ordenado, SECUENCIAL de los movimientos individuales de los dedos y un alto grado de COORDINACION BIMANUAL. Incluso teniendo cierta información acerca de la posición de la mano, los movimientos de los dedos, la secuencia de las teclas que debe oprimir, y la duración y velocidad de cada tecla que debe de presionar - un principiante, sería incapaz de tocar incluso la sonata para piano más sencilla”.

-(2008) Stewart dice: “ Un pianista profesional puede producir hasta 1,800 notas por minuto (30 notas por segundo), con una precisión en el tiempo y en el espacio, que es inigualable en ninguna otra área del conocimiento humano ”.

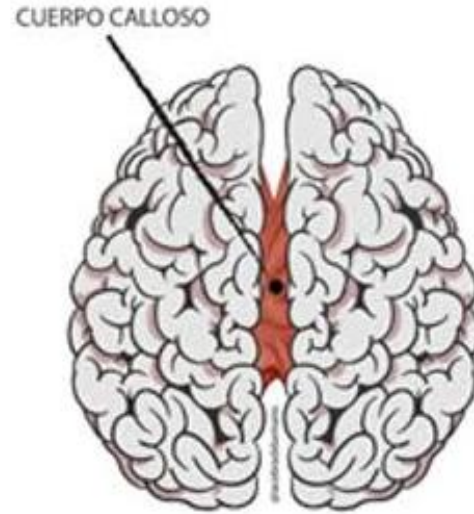
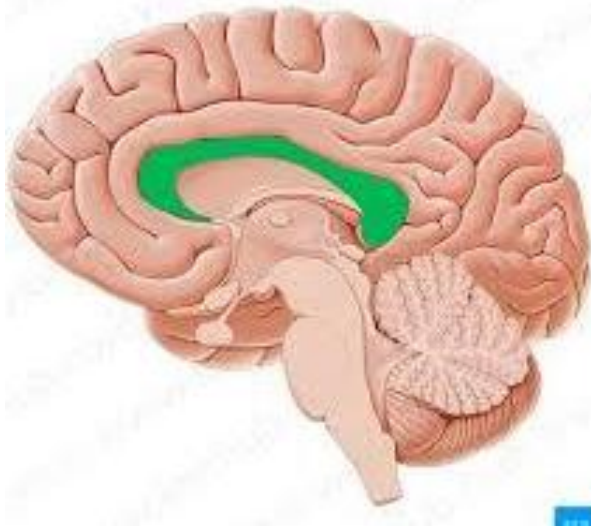
-(2009) Altenmuller dice: “ La ejecución musical a un nivel profesional, es quizás una de las actividades humanas más complejas. Requiere la integración de información multimodal Sensitiva y Motora, junto con el monitoreo preciso del desempeño motriz a través de la Retroalimentación Auditiva ”.

-(2010) Cuartero dice: “ El piano es el instrumento que mayor memorización exige ”.

Dos de los primeros en investigar la Integración o Coordinación en el cerebro de los pianistas, fueron Kristeva (1984) y Shaffer (1984).

Además de todos los elementos ya descritos en la MOVILIDAD DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES y en la CORTEZA SENSITIVA, un elemento fundamental que interviene en la adecuada COORDINACION BIMANUAL Vollman (2014); Este último explica que “cada instrumento modifica específicamente ”, la estructura del Cuerpo Calloso.

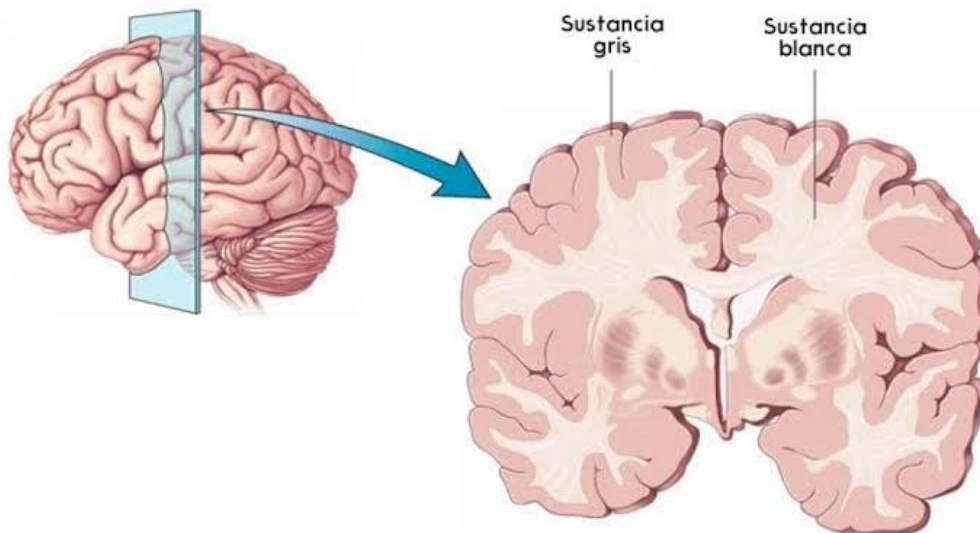
Es el CUERPO CALLOSO - sirve de “ enlace ” entre los Lóbulos Cerebrales y las estructuras inferiores del cerebro (Cerebelo y Médula Espinal).

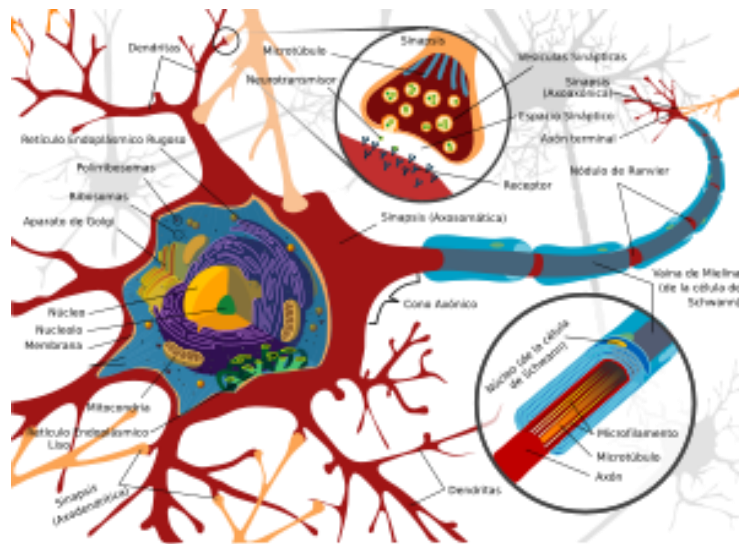


-(1995) Schlaug fue el primero en describir la Neuroplasticidad y el AUMENTO en el cuerpo calloso debido a la extensa práctica musical y posteriormente Vollman (2014).

-SUBSTANCIA o MATERIA BLANCA:

(2005) Bengtsson demostró el desarrollo o aumento “ específico ” de ella en ciertas regiones - debido a la Extensa Práctica Pianística. Mayor Mielinización en el cerebro de pianistas concertistas, mayor concentración de MIELINA en los trayectos neuronales de la parte posterior de la Cápsula Interna.





-MIELINA:

Es la que le da el color BLANCO a los axones de las neuronas, y por lo tanto, es la que forma la Substancia Blanca.

Existe una correlación positiva entre el desarrollo de dicha materia y el **NUMERO DE HORAS DE PRACTICA PIANISTICA:**

a) Niños:

Encontraron un **AUMENTO** en la Mielinización en ambas partes posteriores de la Cápsula Interna, el Cuerpo Calloso, y las fibras en el Lóbulo Frontal (en proporción al número de horas de práctica pianística. Estas regiones llevan información Sensitivo-Motora que permite los **MOVIMIENTOS INDEPENDIENTES** de los dedos, así como las Conexiones Cruzadas - entre las regiones Auditivas y la Corteza Premotora (que coordina los movimientos de ambas manos).

b) Adolescentes:

El aumento en la Mielinización, se produjo en fibras interhemisféricas en las áreas de la Corteza Temporal Superior y Corteza Occipital (que incluyen las regiones de Procesamiento Auditivo y Visual - respectivamente). Igualmente, en el Cuerpo Calloso. Dicho proceso continúa por lo menos, hasta la edad de adulto temprano.

c) Adultos:

Aumento en la Mielinización en fibras de Asociación, en el Fascículo Arqueado (que conecta los Lóbulos Temporal y Frontal). Dicho aumento continúa por lo menos, hasta la tercera década de la vida.



Por lo tanto, la adecuada Ejecución de las SECUENCIAS, requiere la participación “ Al Mismo Tiempo “, de la:

- VISTA
- CORTEZA AUDITIVA
- CORTEZA SENSITIVA
- CORTEZA MOTORA
- LOBULO FRONTAL (Toma de Decisiones).

Para la Realización de las mismas, se requieren dos Etapas:

a)-PLANEAMIENTO o PREPARACION :

- 1983: Rosenbaum, DA: Hierarchical control of rapid movement sequences.
- 2009: Herrojo Ruiz, M: Detecting wrong notes in advance; neuronal correlates of error monitoring in pianists.
- 2016: Bianco, R: Syntax in action has priority over movement selection in piano playing; an ERP study.
- 2017: Herrojo Ruiz, M: Cingulate and cerebral beta oscillations are engaged in the acquisition of auditory-motor sequences.
- 2019: Zeid, O: Moving in time; simulating how neural circuits enable rhythmic enhancement of planned sequences.
- 2020: Anderson, SP: Rewards interact with explicit knowledge to enhance skilled motor performance.

-2022: Bianco, R: Lateral prefrontal cortex is a hub for music production from structural rules to movements.

-2024: Ariani, G: Cortical areas for planning sequences before and during movement.

b)-EJECUCION o PRODUCCION :

-1983: Rosenbaum, DA: Hierarchical control of rapid movement sequences.

-1985: Cheney, PD: Role of cerebral cortex in voluntary movements. A review

-1997: Engel, KC: Anticipatory and sequential motor control in piano playing.

-1998; Gerloff, C: The role of human motor cortex in the control of complex and simple finger movement sequences.

-2011: Furuya, S: Hand kinematics of piano playing.

-2012: Engel, A: Learning piano melodies in visuo-motor or audio-motor training conditions and the neural correlates of their cross-modal transfer.

-2012: Strubing, F: Error monitoring is altered in musician`s dystonia; evidence from ERP- based studies.

-2012: van Vugt, FT: Fingers phase music differently; trial- to trial variability in piano scale playing and auditory perception reveal motor chunking,

-2013: Wings, SA: Patterns of muscle activity for digital coarticulation.

-2014: Lungu, O: Striatal and hippocampal involvement in motor sequence in motor sequences chunking depends on the learning strategy.

-2016: Bianco, R: Syntax in action has priority over movement selection in piano playing; an ERP study.

-2016: Panasiti, MS: Electrocortical signatures of detecting errors in the actions of others; an EEG study in pianists, non-pianist musicians and musically naive people

-2017: Yokoi, A: Restricted transfer of learning between unimanual and bimanual finger sequence.

-2018: Lappe, C: The influence of pitch feedback on learning of motor-timing and sequencing; a piano study with novices.

-2018: Michail, G: Disruption of boundary encoding during sensorimotor sequence learning; an MEG study.

-2018: Yokoi, A: The role of human primary motor cortex in the production of skilled finger sequences.

-2019: Apsvalka, D: Fluid intelligence and working memory support dissociable aspects of learning by physical but not observational practice.

-2019: Zeid, O: Moving in time; simulating how neural circuits enable rhythmic enactment of planned sequences.

-2020: Anderson, SP: Rewards interact with explicit knowledge to enhance skilled motor performance.

-2024: Ariani, G: Cortical areas for planning sequences before and during movement.

-2024: Paolini, S: The importance of observing the master`s hand; Action observation training promotes the acquisition of new musical skills.

-El primero en estudiar la IDENTIFICACION de ERRORES, fue Repp en 1996;

-(1996a)- Repp, BH : Patterns of note onset asynchronies in expressive piano performance.

-(1996b)- Repp, BH: The art of inaccuracy; why pianists errors are difficult to hear.

posteriormente : Maidhof (2009), Herrojo-Ruiz (2009), Herrojo-Ruiz (2011), Strubing (2012), Lutz (2013) y Maidhof (2013).

-El primero en estudiar las SECUENCIAS MOTORAS fue Cheney (1985), y posteriormente Chen (1997), Gerloff (1997), Gerloff (1998), Hasegawa (2004), De Manzano (2012), Brown (2013), Lu (2014) y van der Steen (2014)

-(1985)- Cheney, PD: Role of cerebral cortex in voluntary movements. A review.

-(1997)-Chen, R: Involvement of the ipsilateral motor cortex in finger movements of different complexities.

-(1997)- Gerloff, C: Stimulation over the human supplementary motor area interferes with the organization of future elements in complex motor sequences.

-(1998)- Gerloff, C: The role of the human motor cortex in the control of complex and simple finger movements sequences.

-(2004)-Hasegawa, T: Learned audio-visual cross-modal associations in observed piano playing activate the left planum temporale. An fMRI study.

-(2012)-De Manzano, O: Activation and connectivity patterns of the presupplementary and dorsal premotor areas, during free improvisation of melodies and rhythms.

-(2013)-Brown, RM: Repetition suppression in auditory-motor regions to pitch and temporal structure in music.

-(2014)-Lu, J: Partial information transmission can be found in music attributes.

-(2014)-van der Steen, MC: Expert pianists do not listen; the expertise-dependent influence of temporal perturbation on the production of sequential movements.

En últimas fechas, algunos de los que han estudiado la NEUROPLASTICIDAD en el Pianista, y la Elaboración de las SECUENCIAS, son:

-2018: Li, Q: Musical training induces functional and structural auditory-motor network plasticity in young adults.

-2018: Yokoi, A: The role of human primary motor cortex in the production of skilled finger sequences.

-2019: Li, Q: Dynamic reconfiguration of the functional brain network after musical training in young adults.

-2019: Ogawa, K: Long-term training-dependent representation of individual finger movements in the primary motor cortex.

-2020: Giovanelli, F: Effects of music reading on motor cortex excitability in pianists. A TMS study.

-2020: Hirano, M: Specialized somato-sensory-motor integration function²⁰in musicians.

-2020: Kuo, YL: Relationship between interhemispheric inhibition and bimanual coordination absence of instrument specificity on motor performance in professional musicians.

-2020: Tavor, I: Short-term plasticity following motor sequence learning revealed by diffusion magnetic resonance imaging.

-2021: Choi, U: Brain plasticity reflects specialized cognitive development induced by musical training.

-2021: Pass, A: Not all errors are alike; modulation of error-related neural responses in musical joint action.

-2021: Schwizer, AS: The benefit of assessing implicit sequence learning in pianists with an eye-tracked serial reaction time task.

-2023: Yewbrey, R: Cortical patterns shift from sequence feature separation during planning to integration during motor execution.

-2024: Ariani, G: Cortical areas for planning sequences before and during movement.

-2024: Costa, C (menciona la RED DE PREDICCIÓN DINÁMICA): Comprehensive investigation of predictive processing. A cross-and within-cognitive domains fMRI meta-analytic approach.

-2024: Sanchez- Moncada, I: Pre-supplementary motor cortex mediates learning transfer from perceptual to motor timing.

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

-RETRO-ALIMENTACION AUDITIVA DURANTE LA EJECUCION MOTRIZ.

El entrenamiento musical refuerza asociaciones sensori-motoras ya existentes.

El primero en estudiar la Retroalimentación Auditiva, fue Repp en 1999.

-(1999): Repp, BH: Effects of auditory feedback deprivation on expressive piano performance.

El primero en estudiar la Interacción Auditiva-Motora, fue fue Bangert (2001):

-(2001) Bangert, M: On practice, how the brain connects piano keys and piano sounds.

-(2007)- Zatorre, R: When the brain plays music; auditory-motor interactions in music perception and production.

El primero en estudiar el Acoplamiento o Integración Auditivo-Motor, fue D-Ausilio en el 2010.

-(2010)- D^Ausilio, A: How and when auditory action effects impair motor performance.

Posteriormente:

-(2007)- Baumann, S: A network for sensory-motor integration; what happens in the auditory cortex during piano playing without acoustic feedback ?.

-(2009)- Herrojo Ruiz, M: Detecting notes in advance; neuronal correlates of error monitoring in pianists.

-(2010)- Furuya, S: Role of auditory feedback in the control of successive keystrokes during piano playing.

-(2011)-Pfordresher, PQ: Delayed auditory feedback and movement.

-(2011)-Pfordresher, PQ: Activation of learned action sequences by auditory feedback.

-(2012) - Pfordresher, P: Musical training and the role of auditory feedback during performance.

-(2017)- Herrojo Ruiz, M: Cingulate and cerebellar beta oscillations are engaged in the acquisition of audio-motor sequences.

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

-BIBLIOGRAFIA (en orden Cronologico):

-(1984) Kristeva, R: bereitschaftspotential of pianists. Ann NY Acad Sci. 425: 477 - 482.

- (1984) Shaffer, LH: Timing in solo and duet performance. *Quarter Jour Exp Psychol.* 36 (A): 577-595.
- (1985)- Cheney, PD: Role of cerebral cortex in voluntary movements. *Phys Ther.* May. 65 (5): 624-635.
- (1989)- Creutzfeld, O: Neuronal activity in the human temporal lobe. III-Activity changes during music. *Exp Brain Res.* 77 (3): 490-498.
- (1989)- Zatorre, RJ: Multiple coding strategies in the retention of musical tones by possesor of absolute pitch. *Men Cognit.* Sept, 17 (5): 582-589.
- (1992)- Sergent, J: Distributed neural network underlying musical sight-reading and keyboard performance. *Science*, 257: 106-109.
- (1993)-Christmann, S: Handedness in musicians; bimanual constrains on performance. *Brain Cogn.* Jul; 22 (2): 266-272.
- (1993)- Sergent, J: Music, the brain and Ravel. *Trends Neurosci.* May, 16 (5): 168-172.
- (1995)- Kinsley, V: Saccadic eye movements while reading music. *Vision Res.* 35; 10: 147-1458.
- (1995)- Schlaug, G: Increased corpus callosum in musicians. *Neuropsychologia.* January, 33 (8): 1047-55.
- (1996a)- Repp, BH: Patterns of note onset asynchronies in expressive piano performance. *Jour Acoust Soc Amer.* 100: 3917-3932.
- (1996B)- Repp, BH: The art of inaccuracy; why pianists errors are difficult to hear. *Music Percept.* 14: 161-184.
- (1997)-Chen, R: Involvement of the ipsilateral motor cortex in finger movements of different complexities. *Ann Neurol.* feb; 41 (2): 247-54.
- (1997)-Gerloff, C: Stimulation over the human supplementary motor area interferes with the organization of future elements in complex motor sequences. *Brain*, Sept. 120 (pt. 9): 1587-1602.
- (1999)- Repp, BH: Effects of auditory feedback deprivation on expressive piano performance.
- (2001)-Hauseisen, J: Involuntary motor activity evoked by music perception. *Jour Cogn Neurosci.* 13, 6 : 786-792.
- (2001)- Schieber, MH: Constraints on somatotopic organization in the primary motor cortex. *Neurophysiol.* 86; Nov: 2125-2143.
- (2003)- Bangert, M: Mapping perception to action in piano practice. A longuitudinal DC-EEG study. *BMC Neuroscience*, 4: 26.

- (2005)- Bengtsson, S: Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development. *Nature Neuroscience*. 8, 9. Sept: 1148 - 1150
- (2005)- Haslinger, B: Transmodal sensorimotor network during action observations in professional pianists. *Jour Cogn Neurosci*. 17, 2 : 282 - 293.
- (2006)- Bangert, M: Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. *Europe Jour Neurosci*. 24: 1832-34.
- (2006)-Brattico, E: Musical scale properties are automatically processed in the human auditory cortex. *Brain Res*. Oct. 30; 1117 (1): 162-74.
- (2008)-Katahira, K: Feedback-based error monitoring processes during musical performance; an ERP study. *Neurosci Res*. May; 61(1): 120-8.
- (2009)- Herrojo Ruiz, M: Detecting wrong notes in advance; neuronal correlates of error monitoring in pianists. *Cereb Cortex*, Nov; 19 (11): 2625-39.
- (2009)-Maidhof, C: Nobody is Perfect. ERP Effects Prior to Performance Errors in Musicians Indicate Fast Monitoring Processes. *Plos One*, April; 4 (4): 25032.
- (2010)-Maidhof, C.: Processing Expectancy Violations During Music Performance and Perception; an ERP Study. *Jour Cognit Neurosc*. 22; 10: 2401-13
- (2011)-Higuchi, M K: Reciprocal modulation of cognitive and emotional aspects in pianistic performances. *Plos One*, 6(9): e24437
- (2011)-Herrojo Ruiz. M: EEG oscillatory patterns are associated with error prediction during music performance and are altered in musicians dystonia. *Neuroimage*, Apr 15; 55 (4): 1791-803.
- (2012)-Candidi,M: Somatotopic mapping of piano fingering errors in sensorimotor experts; TMS studies in pianists and visually trained musically navies. *Cereb Cortex*. Feb; 24 (2): 435-443.
- (2012)-Jancke, L: The dynamic audio-motor system in pianists. *Ann NY Acad Sci*. Apr. 1252: 246-252.
- (2012)-Pfordresher, P: Musical training and the role of auditory feedback during performance. *Ann NY Acad Sci*. Apr; 1252: 171-8.
- (2012)-Strubing, F: Error monitoring is altered in musician`s dystonia ; evidence from ERP-based studies. *Ann NY Acad Sci*. Apr: 1252: 192-199. -
- (2012)-vanVugt, FT: Fingers phase music differently; trial-to-trial variability in piano scale playing and auditory perception reveal motor chunking.

- (2013)-Lutz, K: Development of ERN together with an internal model of audio-motor associations. *Front Hum Neurosci.* Sept 3; 7: 471.
- (2013)- Maidhof, C: Predictive error detection pianists; a combined ERP and motion capture study. *Front Hum Neurosci.* Sept. 26; 7: 587.
- (2013)-Pau, S: Encoding and recall of finger sequences in experienced pianists compared with musically naive controls; a combined behavioral and functional imaging study. *Neuroimage.* Jan 1 (64): 379-387.
- (2014): Vollman, H: Instrument specific use-dependent plasticity shapes the anatomical properties of the corpus callosum; a comparison between musicians and non-musicians. *Front Behav Neurosci.* Jul 16; 8: 245.
- (2016)-Panasiti, MS: Electrocortical signatures of detecting errors in the actions of others; an EEG study in pianists, non-pianist musicians and musically naive people. *Neuroscience,* Mar 24; 318: 104-113.
- (2017)-Proverbio, AM: Error-related negativity in the skilled brain of pianists reveals motor simulation. *Neuroscience,* Mar 27; 346: 309-319.
- (2018)-Li, Q: Musical training induces functional and structural auditory-motor network plasticity in young adults.
- (2018)-Marquez, G: Surrounding inhibition in the primary motor cortex is task-specifically modulated in non-professional musicians, but not in healthy controls during real piano playing. *J Neurosci.* Mar 1 (373): 106-112.
- (2018)-Proverbio, AM: How the degree of instrumental practice in music increases perceptual sensitivity. *Brain Res.* Jul 15; 1691: 15-25
- (2018)-Yokoi, A: The role of human primary motor cortex in the production of skilled finger sequences. *J Neurosci.* Feb 7; 38 (6): 1430 - 42.
- (2019)- Li, Q: Dynamic reconfiguration of the functional brain network after musical training in young adults.
- (2019)- Ogawa, K: Long-term training-dependent representation of individual finger movements in the primary motor cortex.
- (2020)- Giovanelli, F: Effects of music reading on motor cortex excitability in pianists. A TMS study.
- (2020)- Hirano, M: Specialized somatosensory-motor integration functions in musicians.
- (2020)- Kuo, YL: Relationship between interhemispheric inhibition and bimanual coordination absence of instrument specificity on motor performance in professional musicians.

- (2020)- Tavor, I: Short-term plasticity following motor sequence learning revealed by diffusion magnetic resonance imaging.
- (2021)- Choi, U: Brain plasticity reflects specialized cognitive development induced by musical training.
- (2021)- Pass, A: Not all errors are alike; modulation of error-related neural responses in musical performance.
- (2021)- Schwizer, AS: The benefit of assessing implicit sequence learning in pianists with an eye-tracked serial reaction time task.
- (2023)- Yewbrey, R: Cortical patterns shift from sequence feature separation during planning to integration during motor execution. *Jak Neurosci.* March 8, 43 (10): 174-56.
- (2024)-Ariani, G: Cortical areas for planning sequences before and after movement.
- (2024)-Costa, C : RED DE PREDICCIÓN DINÁMICA - Comprehensive investigation of predictive processing. A cross and within-cognitive domains fMRI meta-analytic approach.
- (2024)- Sanchez-Moncada, I: Pre-supplementary motor cortex mediates learning transfer from perceptual to motor timing.