

EL PODER DE LA MÚSICA

ESTUDI DEL CERVELL DE SUBJECTES INTÈRPRETS I NO INTÈRPRETS



Clàudia Duque Albacete
2n Batxillerat
Curs 2019-2020
Tutora: Lúdia Carranza
Escola Daina Isard

Donar les gràcies a totes les persones que m'han donat suport i m'han ajudat en el treball de recerca i a tots aquells que han participat a la part pràctica i l'han fet possible.

Agraeixo l'ajuda del musicòleg i professor de l'ESMUC, Perfecto Herrera, que desinteressadament m'ha aconsellat i acompanyat durant la recerca.

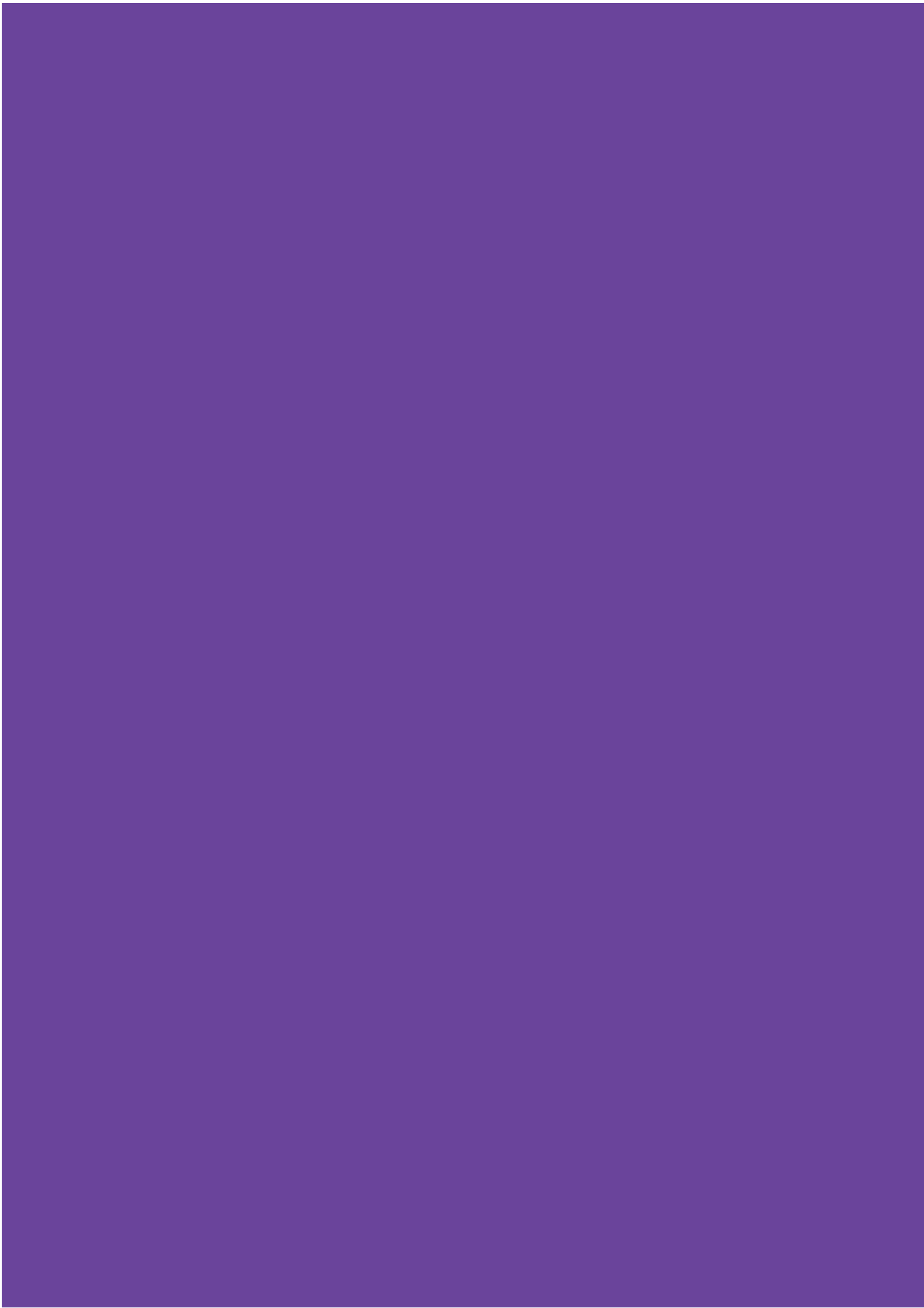
I finalment a la meva família pel suport que m'han donat fins al final.

El poder de la música. Estudi del cervell de subjectes intèrprets i no intèrprets

Author: Clàudia Duque Albacete (Daina Isard, 2019).

It is said that musicians who play an instrument can have some more developed abilities or facilities on some school subjects than people who do not play any instrument. The fact is that musicians while studying music strengthen cerebral networks between the two brain hemispheres. Through the practical test and the investigation of the cerebral components, an areas that music estimate, this research project aims to find the answer for the main hypothesis.

Items: *Brain, Music, Cognitive Abilities, Cerebral Lobes.*



“Música es tot l’art humà possible lliure de matèria”
Aleyxandre

“Las personas canten i ballen juntes en totes les cultures.
Sabem que ho fem avui i ho seguirem fent en un futur.
Podem imaginar-nos que també ho feien els nostres avantpassats,
al voltant del foc, fa milers d’anys.”
Anònim

“La música arriba a on no arriba la paraula”
Dr. Lorenzo Amaro Me

Introducció

15

El cervell humà

16

- I.1- Hemisferi dret
- I.2- Hemisferi esquerre
- I.3- Lòbul parietal
- I.4- Lòbul occipital
- I.5- Lòbul frontal
- I.6- Lòbul temporal

18
19
20
20
21
21

Àrees estimulades per la música

24

- 2.1- Quan s'escolta música
- 2.2- Quan s'interpreta música
 - 2.2.1- L'imaginèria musical
- 2.3- Improvisació musical

24
24
24
25

Fisiologia del cervell

26

- 3.1- Fisiologia del cervell d'interprets

26

0

1

2

3

Habilitats desenvolupades en
intèrprets

4.1- Memòria	28
4.2- Habilitats motores i seguir de reaccions	29
4.3- Integració motora-auditiva	29
4.4- Habilitats visuals	32
4.5- Habilitats verbals	33

4

Í N D E X

5

Proves als subjectes
d'estudi

34

6

Conclusions

39

8

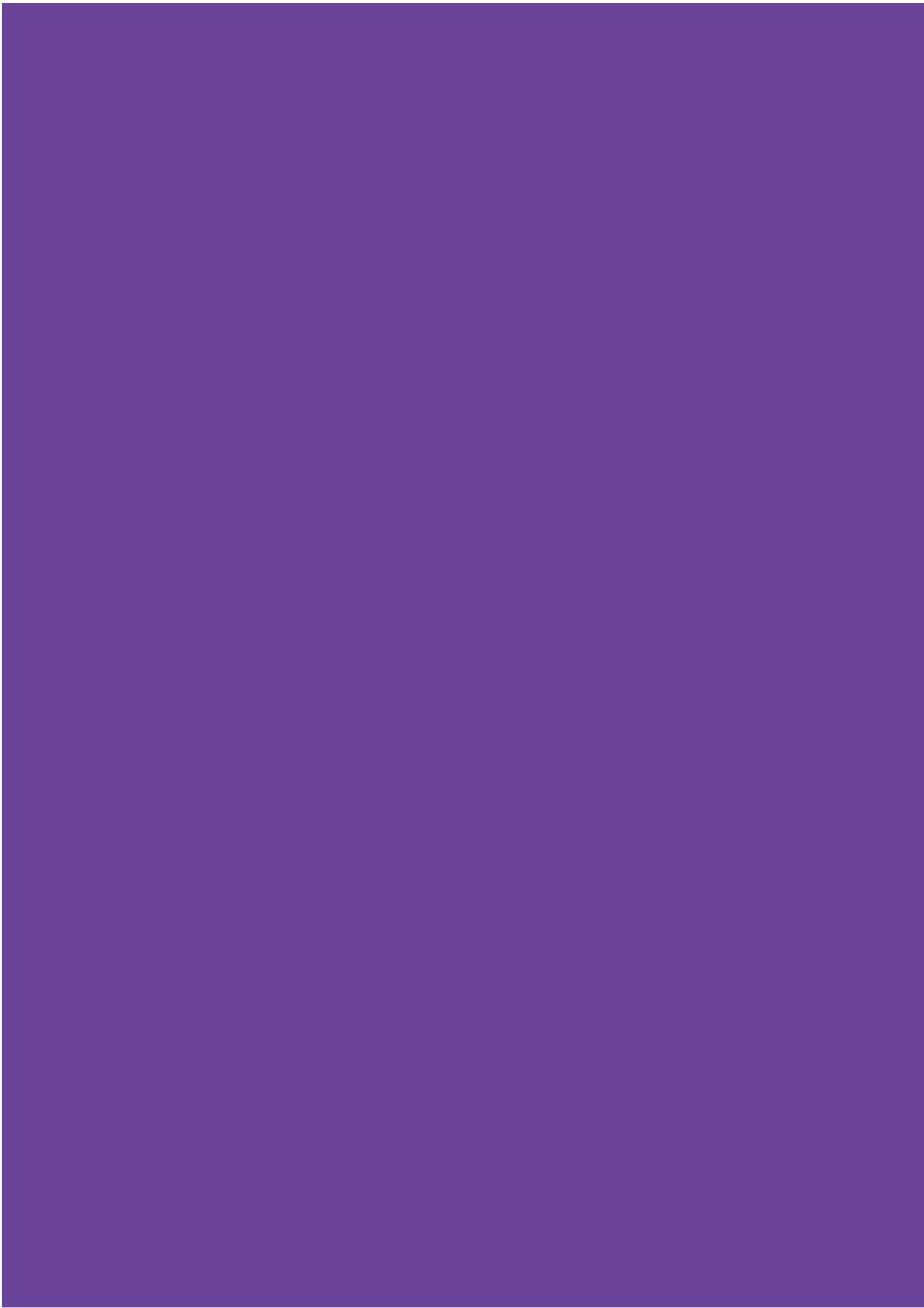
Fonts documentals

40

9

Taula d'imatges

42



0- INTRODUCCIÓ

Aquest treball és el projecte de la investigació que s'ha dut a terme durant el curs de batxillerat sobre els efectes de la música en l'ésser humà. El fet de tocar el piano fins a mitjans de Secundària va fer néixer en mi la curiositat de saber si tocar un instrument o fer llenguatge musical ajuda a les persones a entendre i recordar millor el contingut de les matèries treballades a l'ESO i al Batxillerat i, a més a més, a tenir un millor rendiment en les activitats que requereixen coordinació i altres aspectes físics. Per això la intenció del meu treball és fer una recerca per tal d'obtenir la resposta a aquestes qüestions.

Trobo que la música està present a les nostres vides tant en gent que toca instruments com en gent que simplement l'escolta o la balla, per això, també vull veure les diferències entre una persona que viu la música per exemple tocant un instrument i un altre que no. A partir d'aquesta qüestió, es preté arribar a la conclusió sobre la presència d'experimentació de canvis en les habilitats anteriors, en àmbits més fisiològics o si no s'experimenten.

Concretant les meves intencions de descobrir com afecta la música en les habilitats de l'ésser humà, em plantejo les següents hipòtesis:

Hipòtesi 1:

Els intèrprets tenen certes habilitats més desenvolupades que els no intèrprets.

Hipòtesi 2:

Aquestes habilitats proporcionen avantatges pràctiques als intèrprets a l'hora de dur a terme certes activitats.

I- EL CERVELL HUMÀ

El cervell és l'òrgan més important del cos humà juntament amb el cor, perquè ens permet prendre decisions, raonar i tenir memòria, etc.

Aquest s'encarrega de controlar la resta d'òrgans, les funcions motrius i cognitives i la producció d'hormones, així doncs, en ell resideixen àrees com el còrtex motor o l'hipotàlem, que ens permeten controlar la resta del cos i les seves funcions.

És l'òrgan central del sistema nerviós situat al cap de l'ésser humà i està protegit pel crani.

L'ésser humà té un cervell amb la mateixa estructura que el cervell dels altres mamífers però amb un còrtex cerebral més desenvolupat, aquest està format per bonyes plegats anomenats circumval·lacions, que creen profunds solcs o fissures. El còrtex cerebral és la part més desenvolupada del cervell humà i la que ens permet pensar, percebre, produir i entendre el llenguatge.

Està format per cèl·lules cerebrals anomenades neurones. Concretament, un cervell adult en té entre 8,6 i 100 mil milions d'hormones. Aquestes són les encarregades de rebre i transmetre informació.

El cervell el regeixen dos hemisferis, l'hemisferi dret i l'hemisferi esquerre, gràcies al cos callós que està format per milions de fibres nervioses, els dos hemisferis estan connectats contínuament. Els dos hemisferis estan formats per quatre lòbuls: el frontal, el parietal, l'occipital i el temporal.

Cada un d'aquests hemisferis està especialitzat en funcions i conductes diferents, cada un amb les seves particularitats, fonamentals pel funcionament del cos humà. Aquests estableixen una connexió inversa respecte al nostre cos. És a dir, l'hemisferi esquerre coordina el moviment de la part dreta del cos humà, mentrel'hemisferi dret coordina el moviment de la zona esquerra.

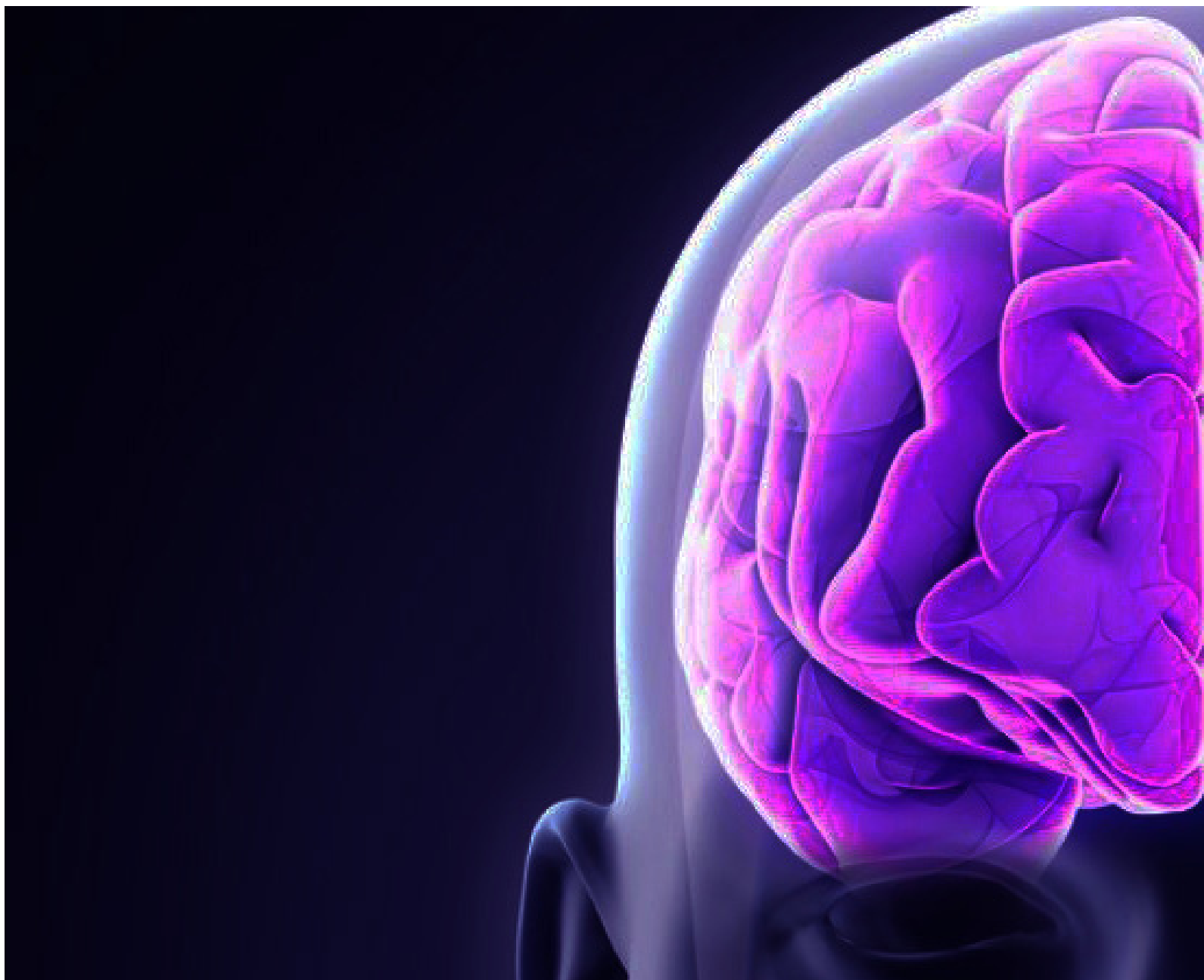


I.1- Hemisferi dret

Podríem dir que l'hemisferi dret és la part més artística del cervell, tot i això, degut a interconnexions massives i continues que es produeixen entre els dos hemisferis, ambdós són capaços de realitzar les mateixes tasques però unes amb més dificultats que d'altres. Aquest s'encarrega de l'expressió no verbal, l'orientació espacial, la intuïció, la imaginació, la creativitat, la conducta emocional, la preocupació i del fet de recordar cares, veus i melodies. També és el responsable del pensament no racional, no verbal i intuïtiu és a dir, de l'expressió no verbal. Aquest hemisferi és el que ens fa somiar, crear combinacions d'idees i entendre metàfores. És

més sensible a les emocions negatives i per això respon i s'activa amb la música trista i dissonant.

Les persones que tenen aquest hemisferi com a dominant, solen pensar i recordar amb imatges, com si fos una pel·lícula muda.



1.2- Hemisferi esquerre

L'hemisferi esquerre és l'encarregat de l'expressió verbal, és a dir, de l'escriptura, la lectura, la parla i la comprensió. És més analític, detallista, aritmètic, metòdic i lingüístic que el dret, i el que classifica la informació.

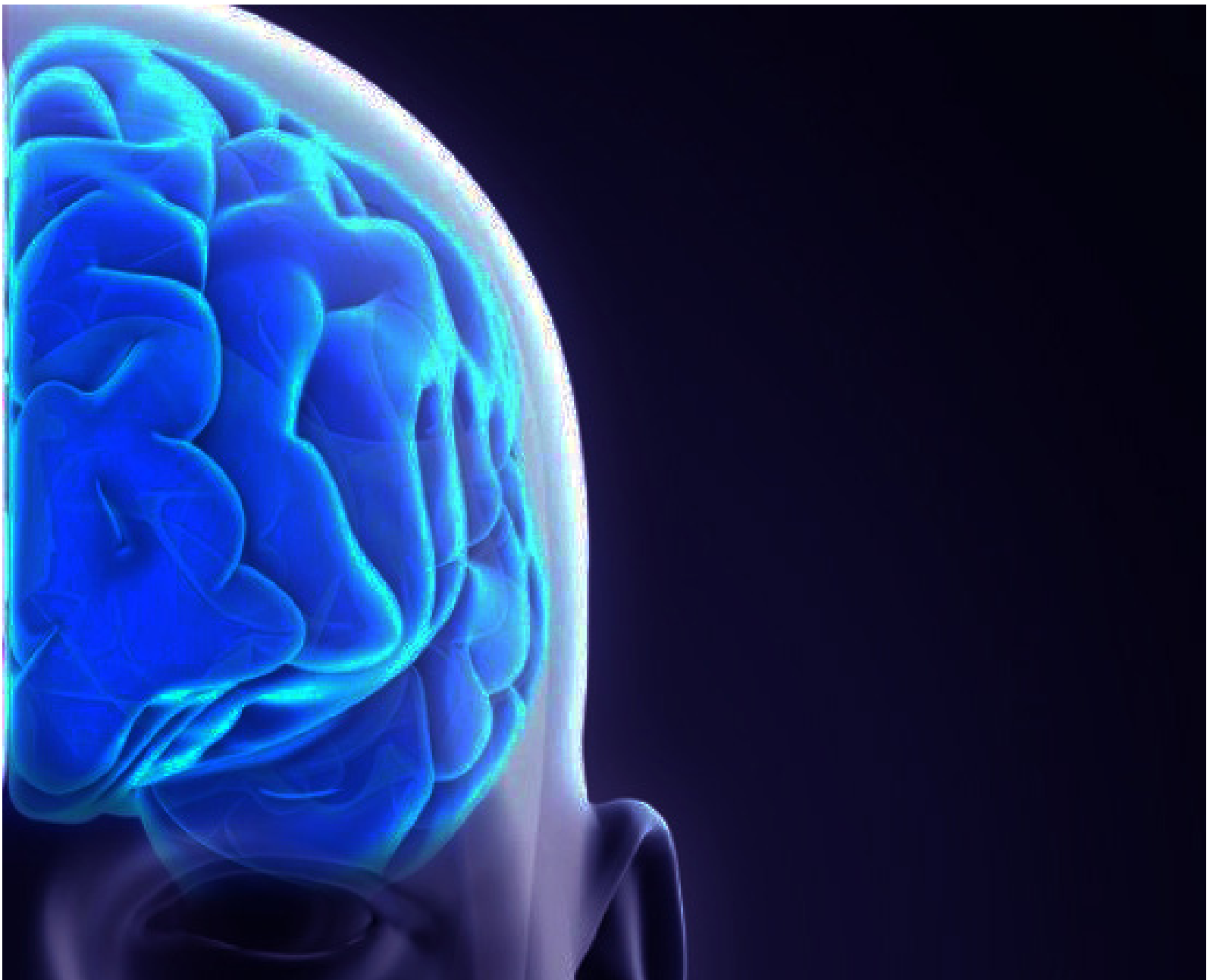
A aquest hemisferi se li atribueix la lògica, la raó, les matemàtiques, la memòria a llarg termini i la presa de decisions i està especialitzat en les emocions positives.

Està dividit en dues àrees, la de Broca i la de Wernicke. L'àrea de Broca, és l'encarregada de l'expressió oral, si aquesta àrea es veu afectada,

provoca inhabilitat per a parlar i escriure. L'àrea de Wernicke està especialitzada en el llenguatge i si es troba afectada, provoca una dificultat per expressar-se i comprendre el llenguatge.

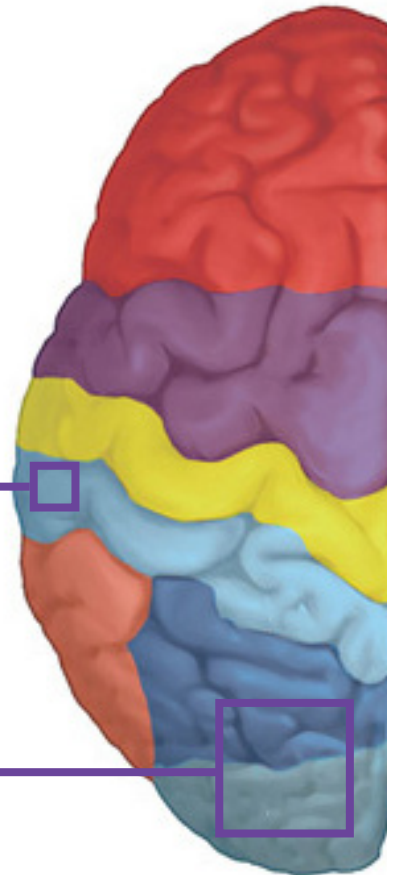
L'hemisferi que utilitzen més els músics és l'hemisferi esquerre, per a la percepció de la melodia i l'harmonia.

2. Lòbuls cerebrals vistos frontalment



I.3- Lòbul parietal

El lòbul parietal ocupa el 19% del cervell i la regió mitjana i superior de cada hemisferi cerebral. Està limitat per la vora superior de l'hemisferi, la cissura de Silvi, que el separa del lòbul temporal, la cissura de Rolando, que el separa del lòbul frontal, i la cissura perpendicular externa. La seva funció principal és rebre i integrar els estímuls dels sentits. També és responsable del coneixement numèric i la manipulació senzilla d'objectes, així com de la visió espacial.



I.4.- Lòbul occipital

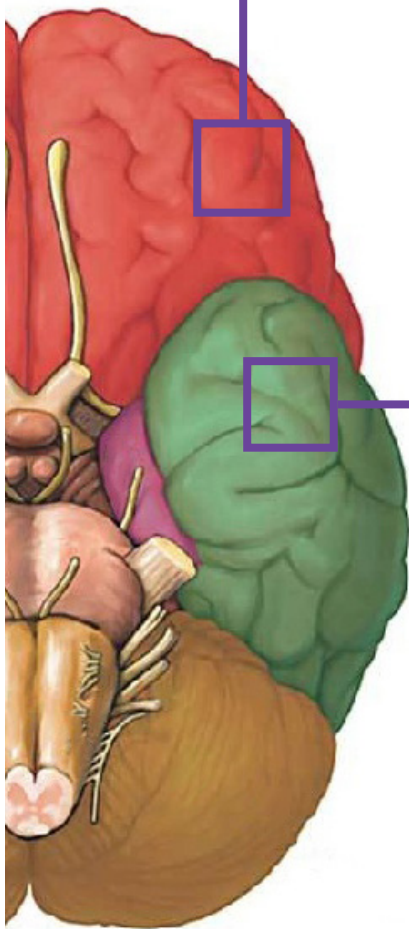
El lòbul occipital ocupa el 18% del cervell i està situat a la part posterior d'aquest. El seu límit és una línia fictícia d'un trajecte paral·lel a la cissura perpendicular interna. El lòbul occipital presenta dos solcs, l'occipital superior i l'inferior, que limiten tres circumvolucions longitudinals superposades, la primera, segona i tercera circumvolució occipitals. Els estudis ens indiquen que s'encarrega de coordinar els estímuls visuals. Aquesta és la regió a on es troba el còrtex visual i per tant, és on arriben primer els estímuls visuals i on es processen.





1.5- Lòbul frontal

El lòbul frontal és el més extens de tots i ocupa un 41% del cervell. És aquest lòbul on es processen més funcions cognitives, s'encarrega de les funcions executives, motores i lingüístiques. També s'hi regulen les emocions com l'empatia i la generositat, el control de la conducta, la capacitat de tenir en compte als altres, control dels impulsos i moviments voluntaris. És on es troben les funcions de la personalitat i la intel·ligència.



1.6- Lòbul temporal

El lòbul temporal ocupa un 22% del cervell i la part inferior de la cara externa de cada hemisferi cerebral. Està limitat per la cissura de Silvi, que el separa del lòbul parietal. També és responsable de l'equilibri i de la memòria a curt termini. Segons els estudis al lòbul dret s'hi troba el càlcul i les matemàtiques i a l'esquerra s'hi desenvolupa la parla, l'escolta, la comprensió, el llenguatge i l'anàlisi de la informació que arriba per l'oïda per mitjà de la parla.

2.-ÀREES ESTIMULADES PER LA MÚSICA

Hi ha molts tipus d'activitats musicals i depenent del tipus, es desperten unes àrees o altres del cervell. Tot i això, les activitats musicals requereixen la participació de diversos mecanismes.

La informació que processa el cervell se separa en els diferents aspectes fonamentals del so per extreure informació de cada un d'ells com ara el to, la intensitat o la duració. Això s'anomena processament de baix nivell, aquest es produeix principalment a l'oïda internat i al llarg del recorregut del nervi auditiu fins l'escorça auditiva, se separen aquests aspectes. Seguidament, aquestes dades s'interpreten a les regions superiors del còrtex cerebral per obtenir una informació amb forma i contingut. Això s'anomena processament d'alt nivell, aquest es clarament cortical.¹

A causa d'aquest procés, s'utilitzen diverses àrees del cervell tant a l'hora d'escoltar música, com en l'hora d'interpretar-la o imaginar-la. En molts casos, les àrees que es desperten al dur a terme aquestes activitats són les mateixes o part d'elles coincideixen.

¹ Dr. Ruiz, *El cerebro de los músicos y los no-músicos: diferencias en el procesamiento musical*. Recuperat de <https://www.logicortex.com/musicos/>.

2.1- Quan s'escolta música

Una cosa tan simple com és el fet d'escoltar música, ens pot portar a dur a terme diverses activitats, com per exemple acompanyar el ritme amb el peu o seguir una cançó que creiem haver sentit anteriorment. Amb aquests simples moviments es poden arribar a activar àrees del cervell com el cerebel, que ens fa sincronitzar els moviments,

Àrea de funció motora

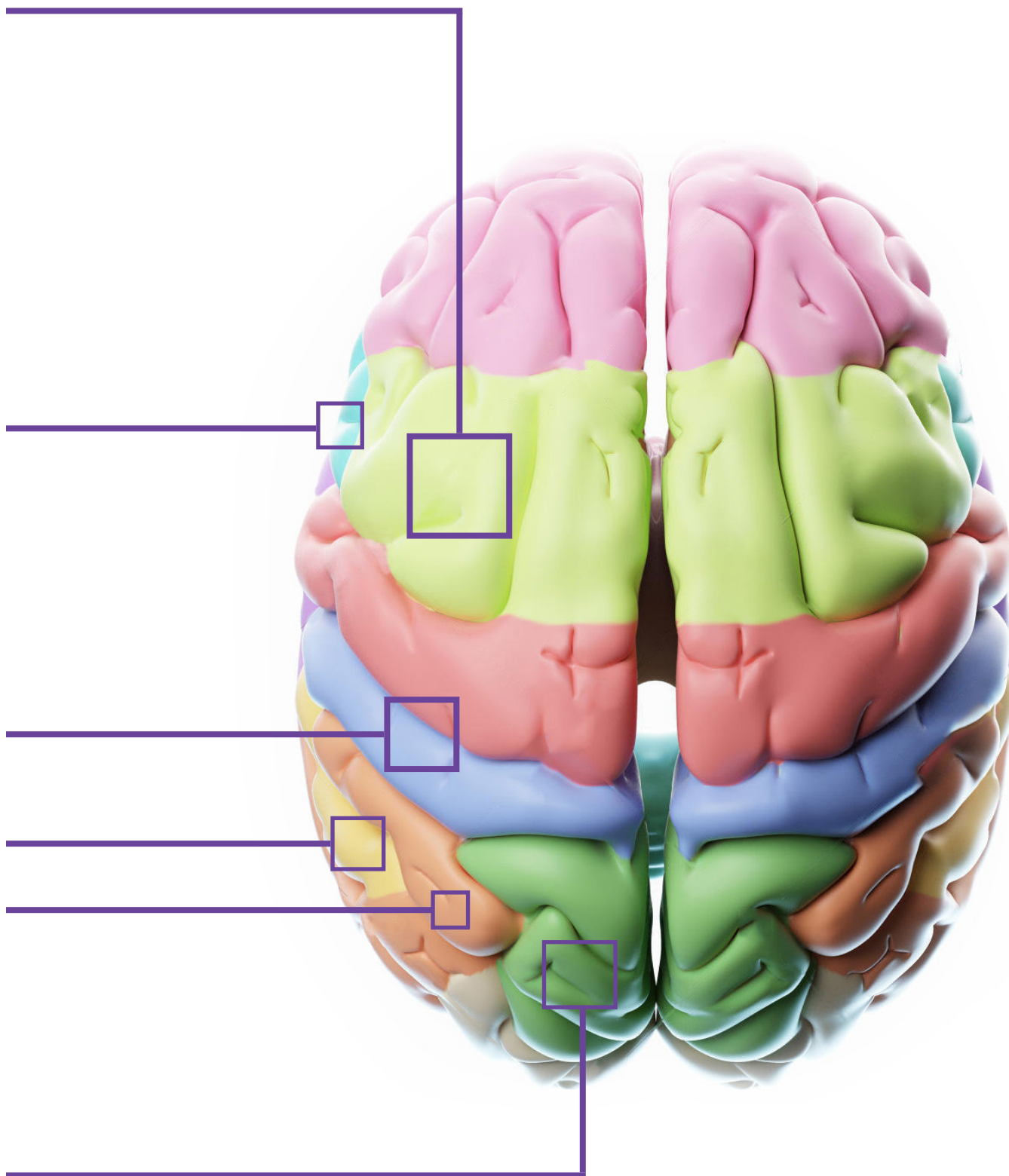
Àrea de Broca

Àrea de funció motora

Àrea sensorial

Àrea auditiva

Àrea de Wernicke



5. Areas cerebrales

l'hipocamp o la part baixa del lòbul frontal, per recórrer a la memòria, l'àrea de Wernicke situada a l'hemisferi esquerre o parts del lòbul temporal i frontal, que ens fan entendre la lletra d'una cançó, d'un text, etc.

2.2-Quan s'interpreta música

Molts dels músics professionals, quan interpreten peces musicals, ho fan a partir d'haver-les memoritzat prèviament. Aquestes solen ser peces llargues i complexes i per això, solen necessitar l'ajuda de la improvisació i el constant canvi durant la peça per així aconseguir transmetre sentiment als oients.

Els neurocientífics cognitius han decidit abordar aquests aspectes per separat, provant hipòtesis derivades de les teories cognitives humanes generals com la memòria i el control motor. Els neurocientífics examinen les bases cognitives i neuronals de la interpretació musical enllaçant patrons de comportament i de respostes cerebrals. Comportaments com per exemple pautes d'errors de seqüència de to o variacions en la velocitat i el volum poden arribar a revelar la clau sobre com els músics poden recordar la música i els moviments.

Interpretar una obra requereix la recuperació d'informació musical de la memòria a llarg termini i planejar contínuament l'actuació del sistema de memòria de treball.

Interpretar música també requereix un inici del control dels moviments complexos per part dels experts, així com la monitorització dels resultats o comentaris d'aquests moviments per fer ajustaments en el cas que sigui necessari.

Com a mínim hi ha dos tipus de memòria involucrats, la memòria a llarg termini, que es tracta de l'habilitat d'emmagatzemar informació, i la memòria de treball, l'encarregada de recuperar,

mantenir i manipular la informació prèviament apresada, aquesta manté la informació activa només durant un petit lapse de temps.

Quan s'interpreta una obra, a part d'escoltar-la, també es reproduïx. Això comporta que al cervell s'activin més àrees que si la peça només s'escolta. Per tant, per a dur a terme aquesta acció, es necessita de l'activitat del cerebel (en el cas que el compàs o ritme sigui portat mentre la peça aquesta sent tocada), l'hipocamp o la part baixa del lòbul frontal perquè l'obra està sent recordada mentre s'interpreta. S'hi afegeix el còrtex motor i sensorial perquè tocar música requereix coordinació del control motor, informació tàctil somatosensorial i auditiva. D'altra banda, molts músics tenen més desenvolupada l'habilitat per utilitzar les dues mans que no pas els no intèrprets, ja que, a causa de l'ús d'aquestes alhora, al tocar un instrument, augmenta i crea xarxes entre els dos lòbuls cerebrals amb fibres més gruixudes que connecten les dues àrees motores, una àrea que és més extensa en els cervells dels músics que dels que no ho son.

2.2.1.- L'imagineria musical

L'imagineria musical consisteix a imaginar que toquem un instrument als nostres caps.

Segons els estudis realitzats,¹ se sap que en tocar o simplement imaginar que es toca un instrument es desperten les mateixes àrees del cervell. Quan es tracta de cançons conegudes per nosaltres amb la lletra inclosa, l'activació del cervell és bilateral, és a dir que s'activen parts dels dos lòbuls del cervell. Molt probablement perquè implica el component melòdic i el verbal. D'altra banda si es tracta de música instrumental, s'activa el còrtex auditiu dret que està relacionat amb el processament del to.

A més a més, l'imagineria musical és possible

1. Rachel M. Brown, Robert J. Zatorre, Virginia B. Penhune. *Expert music performance: cognitive, neural, and developmental bases.*, chapter

gràcies a la interacció entre el còrtex auditiu i el còrtex frontal. Quan intentem recordar una cançó, activem el còrtex frontal i simultàniament el còrtex auditiu ens aporta la informació necessària per distingir entre el so imaginari i el real.

Quan un músic imagina que està tocant una peça que li és familiar, s'ha pogut confirmar que s'activen els lòbuls frontals, el cerebel, el lòbul parietal i l'àrea motora suplementària. També s'ha descobert que tant l'àrea auditiva com la motora s'activen quan un músic repassa mentalment una obra, ja que aquestes dues es troben integrades. L'interpret en recordar com efectuar la peça, pot "escoltar" com sona encara que el músic no l'hagi escoltat ni representat prèviament, és capaç d'experimentar com sonarà aquesta sense que el so sigui físicament present. Els músics tenen l'habilitat d'imaginar el so i els moviments que s'haurien de dur a terme per a efectuar el so imaginat amb precisió i vivament amb l'absència d'una percepció auditiva. Això és a causa de la seva prèvia experiència tant escoltant com interpretant peces musicals, o associant sons amb moviments durant la representació d'obres.

L'habilitat d'imaginar música pot estar relacionada amb la memòria a llarg termini i la memòria de treball. Les tasques auditives i motores sovint requereixen de la recuperació d'informació musical de la memòria a llarg termini, com melodies familiars, i mantenir la informació a la memòria de treball.

2.3- Improvisació musical

En la música, la creativitat es veu a l'hora de compondre una peça i en realitzar la interpretació d'aquestes, però especialment a la improvisació com per exemple al jazz, atès que requereix

generar idees musicals a temps real. Per aquesta raó, les improvisacions de jazz han sigut reconegudes com a improvisacions creatives.

En els darrers anys, els científics s'han començat a interessar per la música aplicada a les ciències i per tant també s'han centrat en l'estudi de la improvisació de jazz. La improvisació musical ha estat estudiada com una forma de comportament creatiu espontani. S'ha comprovat que, segons el nivell d'improvisació al que s'aspiri, el cervell s'activa a grans nivells o a menys. Segons els resultats d'algunes proves¹ persones amb diferents nivells d'entrenament a la improvisació, reaccionen d'una manera o un altre davant d'esdeveniments musicals inesperats.

Mentre que tots els grups de subjectes són sensibles a esdeveniments musicals inesperats, els músics de jazz experimentats en improvisació, es donen compte del suposat esdeveniment musical inesperat abans que aquest succeeixi. Els improvisadors experimentats responen amb més rapidesa a les desviacions funcionals, és a dir a aquests anomenats esdeveniments musicals imprevistos. Estudis que comparen improvisacions espontànies amb la realització de peces controlada, revelen una xarxa d'activacions i desactivacions al còrtex prefrontal i al còrtex dorsolateral prefrontal durant improvisacions de jazz.

S'han aconseguit a través dels resultats diferències relacionades amb la formació de la improvisació al processament cognitiu i perceptiu. Un estudi² va trobar un nivell d'activació més alt a les àrees del còrtex lateral prefrontal relacionats amb el llenguatge, sobretot durant improvisació interactiva, és a dir, més d'un subjecte improvisant junts.

¹ i ² Stefan Elmer, Philippe Albouy. *Gray Matter Correlates of Creativity in Musical Improvisation*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2019.00169/full>.

3- FISIOLOGIA DEL CERVELL

El cervell està formada per un conjunt de parts. Aquestes són: la medul·la espinal, el cerebel, el diencèfal, el pont de Veroli, el bulb raquidi, el cervell mig i els hemisferis cerebrals. La fisiologia és la disciplina que estudia la forma i funcions dels òrgans i les funcions vitals d'un organisme.

Es poden trobar diverses diferències a la fisiologia del cervell entre intèrprets i no intèrprets. Algunes més evidents que d'altres. Aquestes diferències són visibles a diferents nivells: des de la via auditiva, al tronc encefàlic, també anomenat tija cerebral, és una part de l'encèfal amb forma de cilindre o de con allargat. Està situada entre la resta de l'encèfal i la medul·la espinal. La seva funció no és simplement fer de pont entre el cervell i els nervis que recorren el cos humà. La tija cerebral és la part del cervell humà a on resideixen les funcions més primitives i ancestrals.

3.1- Fisiologia del cervell d'intèrprets

Al cervell dels músics experts, s'observa una asimetria pronunciada al plunum temporal dret i esquerre, una àrea de forma triangular situada al lòbul temporal. El del cantó esquerre del cervell és més gran que el del dret en la majoria dels subjectes. Aquest coincideix amb part de l'àrea de Wernike. En general, els intèrprets que reben formació musical tenen un volum i gruix cortical a l'escorça auditiva molt major que els no intèrprets. També es presenta una diferència al còrtex prefrontal. Aquest està situat a la part davantera del cervell, es a dir al front.

D'altra banda, es troben diferències a escala funcional. Els estudis estructurals apunten diferències a les àrees auditives primàries, mentre que aquests revelen respostes més altes en regions d'alt nivell auditiu quan es comparen els músics i els no músics.



4- HABILITATS DESENVOLUPADES EN INTÈRPRETS

Els entrenaments instrumentals es tracten d'una experiència motora multisensorial, que se sol iniciar des de ben petit. Tocar un instrument requereix una gran quantitat d'habilitats, que inclouen llegir un sistema simbòlic complex, els pentagrames i els sistemes de notes que hi surten i traduir-los a una activitat motora bimanual seqüencial, és a dir, d'ambdues mans que depèn del *feedback* multisensorial. És a dir, desenvolupar habilitats motores juntament amb la precisió mètrica, memoritzar llargs passatges musicals, improvisar dins els paràmetres musicals donats.

El rendiment musical, a diferència de la majoria d'altres activitats motores, requereix una sincronització precisa de diverses accions organitzades jeràrquicament i control sobre la producció de l'interval de to. La lectura de la música a primera vista requereix el processament simultani i seqüencial d'una gran quantitat d'informació en un temps molt breu per al seu profit immediata. Aquesta tasca requereix, com a mínim, la interpretació del to i la duració de les notes, escrites als dos pentagrames d'una partitura, al context de tecles preespecificades, detecció de patrons ja treballats i per tant familiars, anticipació de com hauria de sonar la música i generar una planificació de rendiment adequat per a la interpretació automàtica.



7.Fisiologia d'un cervell

Per tant, les instruccions musicals formals entrenen un conjunt de funcions atencionals i executives que tenen conseqüències generals i específiques del domini de diverses habilitats.

Executar peces també requereix recuperar informació musical de la memòria a llarg termini i constantment planejar i organitzar l'obra a la memòria de treball, com ja s'ha explicat anteriorment. Els músics necessiten controlar moviments complexos i supervisar els resultats d'aquests moviments per realitzar l'obra com es desitja.

4.1- Memòria

Per a poder recordar com interpretar les seves peces, els músics necessiten, com a mínim, dos tipus de memòries: la memòria a llarg termini, que els permet emmagatzemar informació, i la memòria de treball, que els permet manipular, recuperar i mantenir la informació prèviament apresada.

Memòria a llarg termini

La memòria a llarg termini, és aquella que permet codificar i retenir informació. Aquesta es pot definir com un mecanisme cerebral que fa la funció d'emmagatzemar records o qualsevol tipus d'informació, podríem dir que s'hi pot recopilar una quantitat il·limitada d'informació. Les dades que es retenen, poden durar tant segons com anys.

Aquest tipus de memòria permet recordar com dur a terme la interpretació de la obra als músics.

Els intèrprets reben molta informació en un lapse de temps molt curt i per això es necessari aquest tipus de memòria. Restaurar informació prèviament apresada per gestionar dita informació abans de realitzar-la.

Memòria de treball

La memòria de treball és necessària per a realitzar les obres, ja que permet als músics recordar i manipular segments musicals i actualitzar-los d'acord amb on es troben del curs de l'obra. Quan els intèrprets fan errors de to, tendeixen a tocar el to erroni però que es troba més tard a durant la peça.

Es poden trobar diferències estructurals degudes a l'entrenament musical al còrtex motriu i en altres regions del cervell com el cerebel.

La formació i el rendiment musical requereix una implicació més gran de l'ordre superior dels processos cognitius com, per exemple, el processament tonal i la memòria de treball. Per la qual cosa poden afavorir l'augment de les regions cerebrals associades.

4.2- Habilitats motores i seguiment de reaccions

L'actuació dels experts requereix unes habilitats motores altament entrenades. Els pianistes poden arribar a tocar 20 notes per segon, mantenint un percentatge d'error del 3%. Els músics experimentats trien moviments mecànicament difícils encara que moviments més simples siguin possibles.

La interpretació musical produeix diferents tipus de resultats del moviment o reaccions sensorials. Els músics reben estímuls visuals i tàctils durant l'obra. Els experts són capaços d'interpretar obres musicals ben apreses amb l'absència del so. La música pot exercir de forma expressiva sense *feedback* (capacitat d'un emissor per recollir reaccions dels receptors i a la inversa) i això es transforma en aprenentatge auditiu.

4.3- Integració motora-auditiva

Els músics experts tenen una forta tendència a associar els sons dels seus instruments amb els moviments que produeixen aquests sons i a la inversa. Això s'associa al resultat d'aprendre les contingències, és a dir la possibilitat que alguna cosa succeeixi o no succeeixi. En aquest cas, la conseqüència de l'acció, moviment i de tocar la nota que és el so, entre el so i el moviment durant els anys de formació.

Els intèrprets també són altament sensibles a la forma en què les accions són emparellades amb el so a les tasques motores. Per exemple, els intèrprets són més ràpids en iniciar patrons on es pitgin tecles, quan es tracta de tecles emparellades amb sons de manera compatible i oposadament quan es tracta d'una tecla a l'atzar. De fet, les accions dels músics poden influenciar la seva percepció del so.

Control motor

Els músics necessiten controlar, iniciar i, si és necessari, ajustar seqüències d'accions complexes per interpretar una peça. Els músics experimentats empen la memòria motora per controlar les seves accions. Les seqüències d'accions que aprenen els intèrprets són emmagatzemades a la memòria com conjunts de comandaments motors que poden ser realitzats sense la necessitat d'un *feedback*, però també és prou flexible per adaptar-se al context de les actuacions. Gràcies a això, la velocitat i la força es poden ajustar al moviment que es vulgui realitzar abans de ser executat. En certs moments, el control motor especialitzat suggereix que els músics utilitzin la seva associació entre moviments i so per iniciar accions.

Funcions executives

Aquestes són el conjunt de processos cognitius duts a terme pel còrtex prefrontal que ens permeten concentrar-nos en els mitjans per tal d'aconseguir els objectius i alterar intencionadament els nostres comportaments en resposta als canvis del nostre entorn, incloent el control cognitiu (atenció i inhibició), memòria de treball i flexibilitat cognitiva (facilitat per canviar de tasca).

L'entrenament musical invoca processos específics del domini que afecten la prominència de l'entrada musical i la quantitat de teixit cortical dedicat al seu processament, així com els processos d'atenció i funcionament executiu i el funcionament executiu.

De fet, les demandes d'atenció i memòria, així com la coordinació i la capacitat de canviar entre diferents tasques, que estan involucrades a l'aprenentatge per tocar un instrument, són molt grans. Aquest aprenentatge depèn de la integració dels processos de dalt cap a baix i de baix cap a dalt.

Les funcions executives són essencials a l'hora d'aprendre a tocar un instrument. De fet, després d'un entrenament musical a curt termini amb un programa a ordinador, els nens milloren les seves funcions executives. Tanmateix, en termes de capacitat de memòria de treball, un estudi longitudinal recent¹ mostra que els nens que havien estat inclosos al programa de música instrumental de 18 mesos van superar als nens d'un grup de control que va seguir un programa de ciències naturals durant el mateix període de temps.

1. Ewa A. Miendlarzewska, Wiebke J. Trost. *How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2013.00279/full#h1>



4.4- Habilitats Visuals

Diversos estudis¹ han descrit els efectes positius de l'entrenament musical a les habilitats visuals. Un conjunt de neurocientífics van investigar les habilitats visoespacial en intèrprets i no intèrprets mitjançant una tasca neuropsicològica a la que els subjectes havien de detectar la posició d'un punt objectiu en relació a unes línies de referència verticals i horitzontals mostrades a una pantalla. A la tasca hi havia dues condicions. A la primera la línia de referència romania a la pantalla fins que es mostrava el punt, a la segona la línia desapareixia abans de que es presentés el punt. D'aquesta manera, requeria que els subjectes mantinguessin la imatge de la línia de referència. En ambdós casos, els músics van presentar temps de reacció més curts en comparació amb els controls, el que suggereix capacitats visoespacial millorades al primer grup, és a dir al dels intèrprets. Un altre experiment va comparar les habilitats sensorials-motors, mostrant que les habilitats visuals dels músics, són degudes a una millor integració sensorial-motora. Els investigadors atribueixen

¹ I. Ewa A. Miendlarzewska, Wiebke J. Trost. *How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2013.00279/full#hl>



9. Lòbuls cerebrals vistos lateralment

els seus resultats a la pràctica a llarg termini de la lectura musical, que implica un reconeixement de les posicions verticals i horitzontals de les notes musicals a la partitura.

També se sap que els músics tenen un moviment ocular més ràpid degut a l'entrenament en lectura de partitures des de petits i que, per tant, solen processar la informació visual més ràpidament. Aquests tenen estratègies oculomotoras més eficients, també atribuït a la pràctica de processaments visuals complexos associats a la pràctica de lectura musical a llarg termini. El control voluntari dels moviments oculars requereix processos mentals altament complexos, que involucren moltes àrees cerebrals.

S'ha demostrat que els intèrprets poden desenvolupar una major capacitat de l'hemisferi esquerre per realitzar funcions cognitives que generalment són dominants a l'hemisferi dret, el que es resumeix en una atenció especial més equilibrada.

Altres proves fetes per investigar la lateralització de l'atenció visoespacial en intèrprets i no intèrprets, compara els temps de reacció i la precisió amb els estímuls presentats a la dreta i a l'esquerre a una línia vertical. Els dos grups van ser més precisos amb els estímuls del costat esquerre, però els músics, van arribar a un major nivell de precisió al cantó dret. Aquests també van tenir un temps de reacció més ràpid en general. Així que podem afirmar que els músics tenen una capacitat d'atenció més equilibrada i una major capacitat visomotora.

També es va fer una altra prova investigant el processament visual de detalls locals. Per aquesta prova es va utilitzar la prova de figures integrades grupals que consisteix en presentar una serie de 25 figures complexes, cada una d'elles conte un dels nou objectes ocults en el disseny, és a dir hi ha 25 figures gairebé idèntiques a les que els subjectes d'estudi han de trobar els nou objectes distribuïts entre ells, aquests poden estar

repetits ja que hi ha més figures que objectes. A aquesta prova els músics van superar els no músics, és a dir es va corroborar l'hipòtesi inicial de l'estudi que era que els músics tenien un major processament visual dels detalls locals. I és que aquests al estudiar i desenvolupar les seves habilitats musicals, entrenen el sistema frontoparietal que es veu involucrat en el control dels moviments exploratoris dels ulls i els canvis de l'atenció visual, ja que aquestes són habilitats que requereix la lectura de partitures musicals, que també requereixen anàlisis de detalls visuals.

D'altra banda un estudi relacionat amb la memòria visual entre pianistes i no intèrprets, que demanava als Subjectes que intentessin aprendre i recordar un conjunt de 15 dibuixos simples compostos de dues figures geomètriques, demanant a dits subjectes que posteriorment dibuixessin totes les figures que recordessin. Els resultats suggereixen una memòria visual superior als músics, ja que van superar els no músics als assajos d'aprenentatge. La relació entre la memòria visual i l'entrenament musical poden estar relacionats amb la millora als processaments que suporten l'atenció als detalls visuals. De la mateixa manera els intèrprets tenen una major habilitat a l'hora de mantenir i manipular imatges a la memòria de treball, això els hi proporciona avantatges durant el procés de codificació d'informació, o una utilització de la memòria més estratègica.

Alguns estudis d'imatge cerebral, suggereixen processos visuals més eficients a intèrprets. Se sap que els músics poden imaginar línies melòdiques a alguns tipus d'eixos visuals per detectar canvis de to. Aquesta afirmació ha estat descoberta degut les proves realitzades als intèrprets, en els quals s'ha detectat una activació d'una àrea visual associada.

De la mateixa manera, es va dur a terme un estudi per veure amb quines àrees cerebrals es detectaven elements musicals com la melodia i l'harmonia en subjectes intèrprets i no intèrprets.

Els resultats d'aquesta recerca, van afirmar que els músics utilitzaven diferents xarxes neuronals per processar aquests elements. Els músics enquestats van mostrar una activació de les àrees parietals inferiors durant la percepció de la melodia i de l'harmonia, que s'han identificat com involucrades al processament visuoespacial general.

4.5- Habilitats Verbals

Les habilitats que es desenvolupen a l'hora d'aprendre una peça musical, són semblants a les de memoritzar un poema o un text. La pràctica musical potencia la capacitat de memòria verbal.

Els adults que reben una formació musical abans dels 12 anys durant com a mínim sis anys, tenen una millor memòria a l'hora de recordar paraules parlades que aquells que no obtenen aquesta formació. Un estudi¹ demostra que els adults joves que havien rebut entrenament musicals, van obtenir millors resultats en tasques que consistien a recordar materials verbals. Després de dur a terme diverses proves d'intel·ligència van verificar que els intèrprets només es diferenciaven dels no intèrprets a proves de memòria verbal. També es van dur a terme aquestes tasques en nens que havien rebut entrenament musical i nens que no, i en aquest cas també es van donar millors resultats als nens que havien obtingut entrenament musical. Es van associar els resultats amb la troballa de Schlaug que revela un augment del pla temporal esquerre als intèrprets. I és que l'aprenentatge musical durant la infància pot servir com a estimulació sensorial que contribueix a la reorganització del lòbul temporal esquerre als intèrprets. El que fa que a la vegada facilita el processament cognitiu a aquesta àrea cerebral específica, com és el cas de la memòria verbal.

¹ Ewa A. Miendlarzewska, Wiebke J. Trost. *How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables.*

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2013.00279/full>

5- PROVES ALS SUBJECTES D'ESTUDI

La part pràctica d'aquest treball està constituïda per l'anàlisi del desenvolupament de les habilitats cognitives. Concretament de resolució de problemes, coordinació i rapidesa visual. Parlem d'un contrast d'aquestes entre intèrprets i no intèrprets d'una franja d'edat concreta, entre 15 anys i 18. Això s'ha fet mitjançant proves com un problema matemàtic de lògica, diversos jocs de coordinació de mans i un exercici d'habilitats visuals. Aquestes proves han ajudat a arribar a una conclusió i una tasca d'habilitats visuals. Ús per corroborar o refutar les dues hipòtesis inicials. La primera, afirmava que els intèrprets a l'hora de fer segons quines activitats tenen més facilitat. En la segona es dedueix per tant que els intèrprets tenen, en comparació amb els no intèrprets, algunes habilitats cognitives més desenvolupades.

Prova de lògica matemàtica

La primera prova, fa referència a la resolució de problemes.

S'han classificat els resultats del lapse de temps que van trigar els subjectes en intervals de 5 minuts.

Segons els gràfics de barres que s'han fet a partir dels resultats de la prova de lògica matemàtica, es pot observar que només els intèrprets van acabar la prova entre 0 i 5 minuts, i els resultats d'aquest van ser entre 5 i 8. Dels subjectes que van trigar entre 5 i 10 minuts podem comprovar que els intèrprets tenen una millor puntuació que els no intèrprets. En el cas dels subjectes que van trigar entre 10 i 15 minuts les puntuacions dels intèrprets i no intèrprets s'apropen significativament. Entre 15 i 20 minuts no va haver-hi cap subjecte d'estudi que acabés l'enquesta. Entre 20 i 25, veiem un canvi respecte als subjectes anteriors, ja que

els intèrprets han tret qualificacions inferiors als no intèrprets, concretament els no intèrprets superiors a 8 i els intèrprets una mica superiors a 5, i fins a 6. Per tant, estem davant d'un cas en què els no intèrprets sobrepassen els intèrprets pel que fa als resultats. I per últim, els subjectes que van trigar entre 25 i 30 minuts, van obtenir la mateixa puntuació, 6.

Per concloure, doncs, podem afirmar que les millors puntuacions es produeixen per part dels intèrprets entre els 5 i els 10 primers minuts.

Model de prova de lògica matemàtica és troba a l'annex nº 1.

Prova de lògica matemàtica resolta pels subjectes d'estudi és troba a l'annex nº 2.

Proves d'habilitats motores

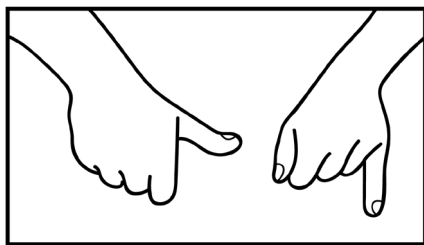
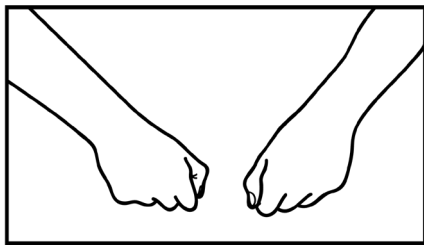
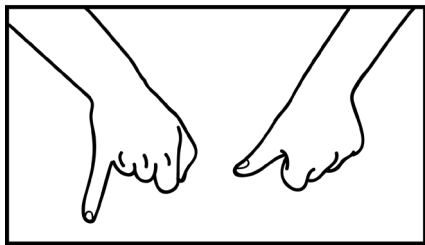
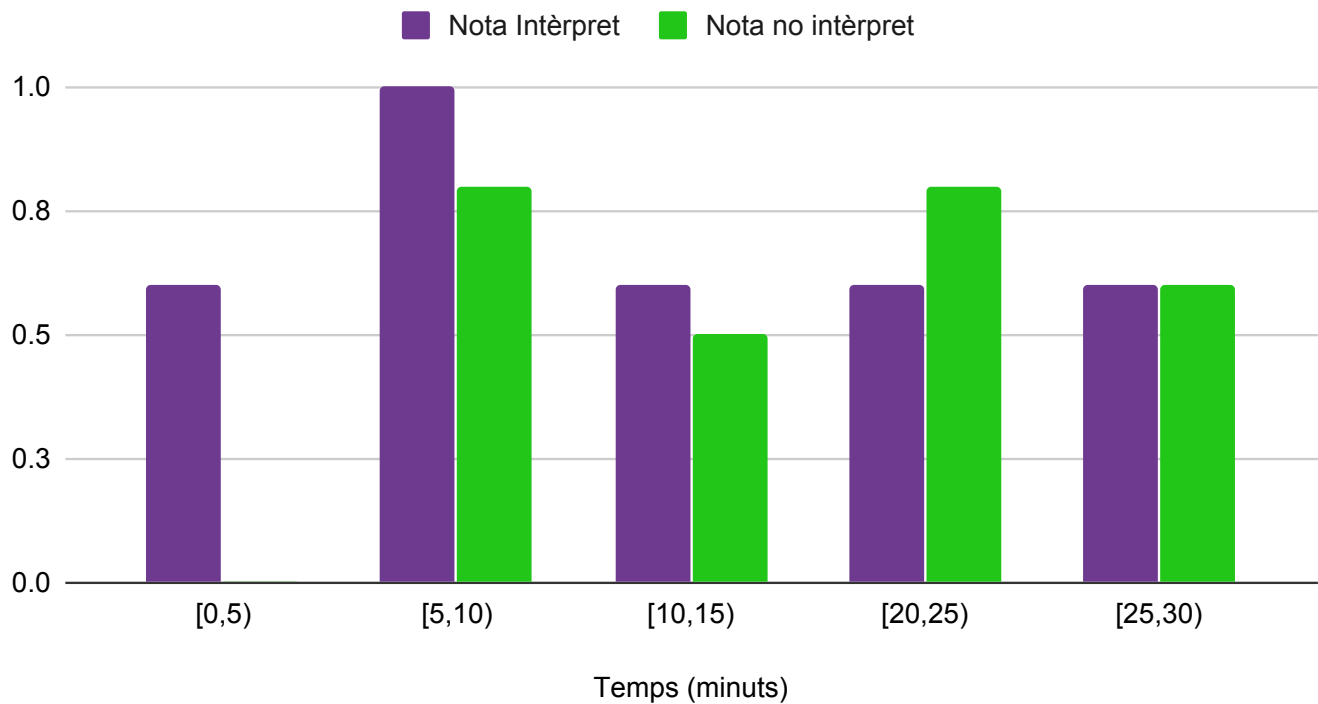
La segona prova, fa referència a les habilitats motores. L'entrenament musical dels intèrprets, els permet tenir unes habilitats motores i una coordinació entre les dues mans altament entrenades. I és que els músics experts trien moviments mecànicament difícils per realitzar les interpretacions.

Aquesta prova està composta de tres exercicis.

En el primer dels exercicis, els subjectes d'estudi havien de tancar les mans en un puny i treure d'una mà el polze i de l'altra el menovell. Quan es deia "canvi", havien d'intercanviar el menovell pel polze o la inversa. I així fins que es produís un error, mesurant el temps que durava cada subjecte sense fer-ne cap.

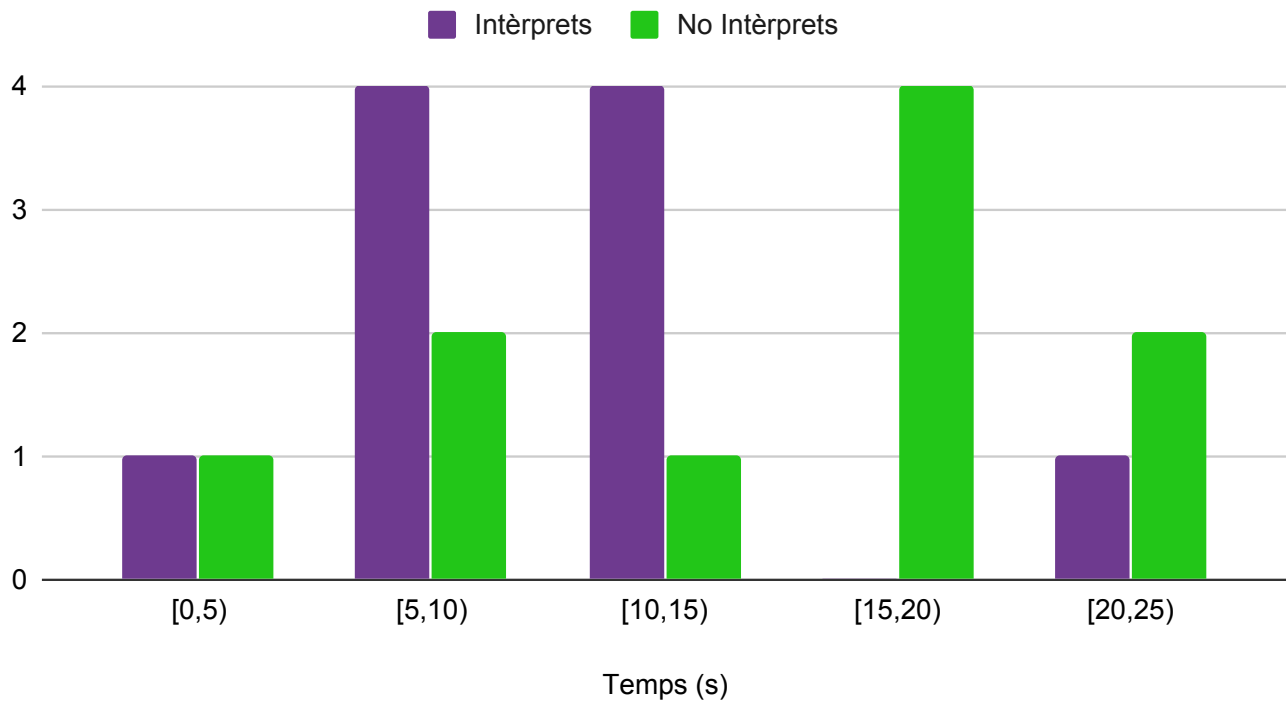
Segons el gràfic extret d'aquesta tasca, la majoria d'intèrprets, un total de 8 subjectes, van durar entre 5 i 15 segons abans de fer un error. En aquest cas, els no intèrprets van obtenir millors resultats, ja que en la majoria d'aquests, es comprimeix entre els 15 i 20 segons.

Lògica matemàtica



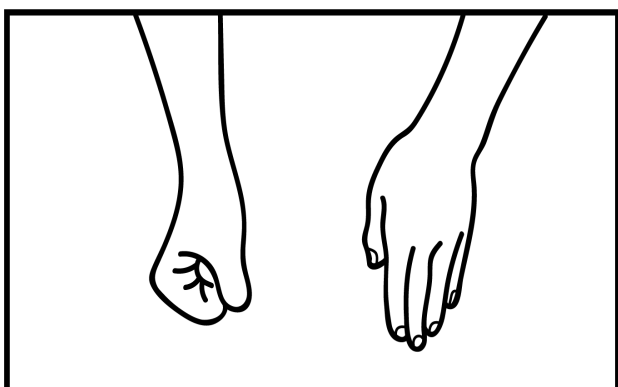
10. Prova dit polze dit menovell

Polze i menovell

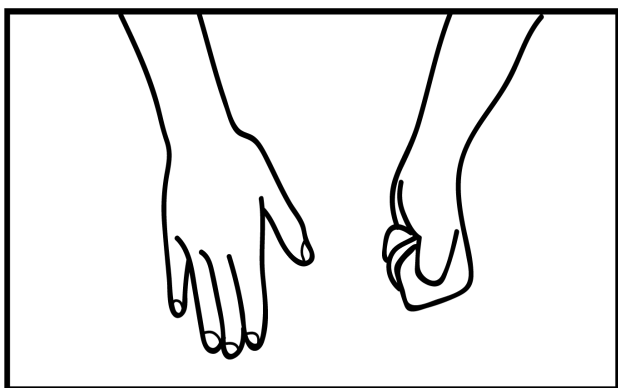


El segon exercici d'habilitats motores consistia en fer fregar una mà amunt i avall i amb l'altra picar amb el puny. Quan es deia "canvi", els subjectes d'estudi havien d'intercanviar una acció per l'altra, i així fins que es produís un error.

Segons el gràfic creat dels resultats d'aquesta prova, la majoria d'intèrprets (concretament cinc) van durar entre 10 i 20 segons sense cometre cap error, i la majoria de no intèrprets (concretament un total de 9 subjectes d'estudi) es veuen repartits uniformement entre 20-30, 30-40 i 40-50 segons. És a dir, els no intèrprets van obtenir millors resultats que els intèrprets, ja que van aconseguir millors marques temporals sense cometre cap error.

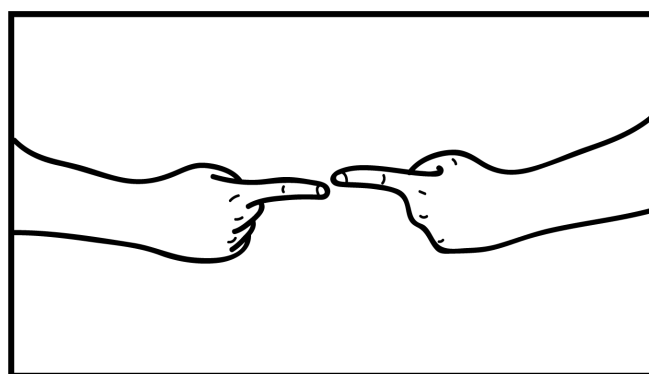


11. Prova fregar i picar



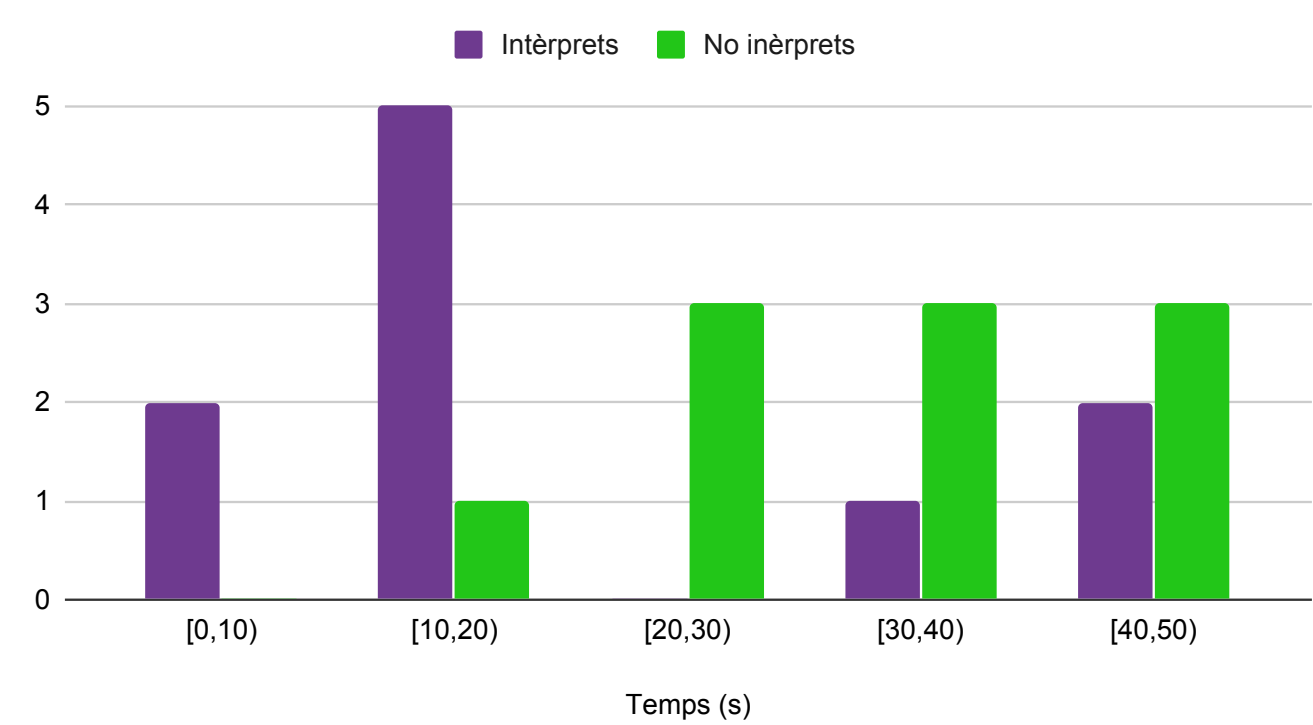
L'últim exercici d'aquesta prova, consistia en crear un cercle amb els dits índex, fent mig cercle amb un dit i mig cercle amb l'altre, és a dir, movent un dit endavant i l'altre enrere.

Segons els resultats extrets d'aquesta prova, més subjectes intèrprets van saber realitzar la tasca, tot i que els resultats són molt semblants entre els diferents enquestats. Per tant, sembla que ser intèrpret o no ser-ho no afecta directament en aquesta habilitat.



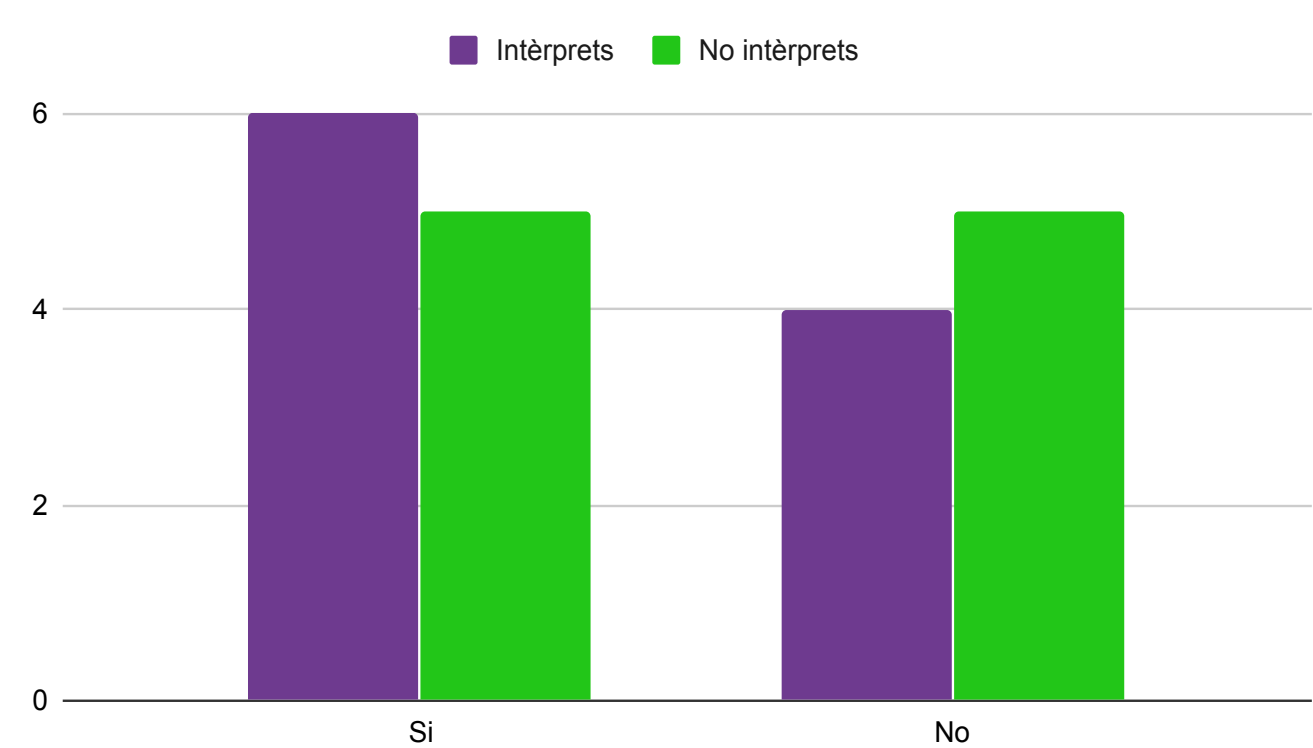
12. Prova cercles amb l'índex

Fregar i picar



Existeix una dada (00:02:00, intèrpret) que s'esbiaixa molt de la resta del conjunt i no és significativa. Per tant, no està inclosa al gràfic representatiu, aquesta s'ha insertat al gràfic com si el subjecte hagués trigat 0 segons en dur a terme la prova.

Cercles amb l'index



Prova d'habilitats visuals

La tercera prova fa referència a les habilitats visuals. Els intèrprets, degut a la pràctica a llarg termini de la lectura musical, tenen més facilitat per reconèixer figures. També se sap que el intèrprets tenen un moviment ocular més ràpid degut al mateix factor, la lectura musical des de l'infància.

A aquesta prova consisteix en identificar nou figures compostes de diverses figures geomètriques. Aquestes s'havien de reconèixer entre vint-i-cinc figures molt semblants entre elles en les que les nou figures només hi eren una vegada. Es va avaluar als subjectes d'estudi segons el temps que trigaven a realitzar la prova i la puntuació que obtenien.

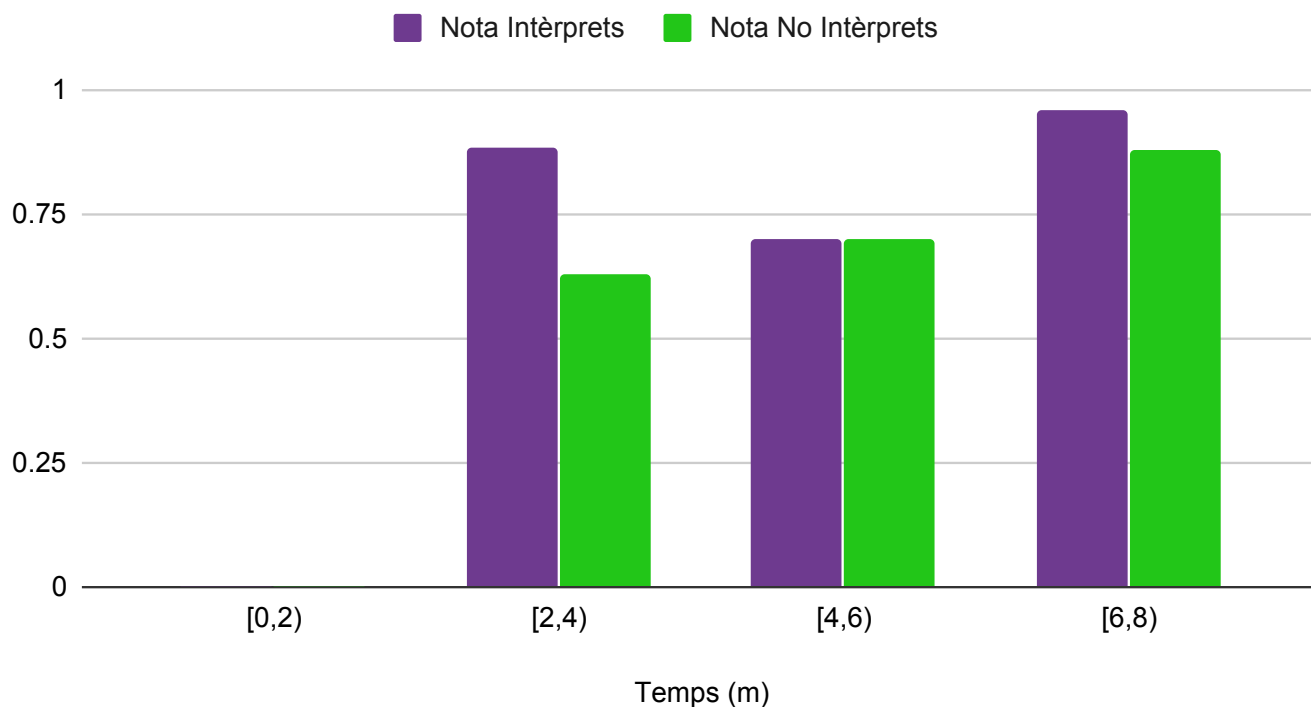
Segons els gràfics que s'han fet, tot i que els

resultats són molt similars, els intèrprets han obtingut uns millors resultats que els no intèrprets. Podem concloure que la mitjana dels intèrprets, en aquesta prova, està per sobre de 7,5 i en canvi les dels no intèrprets està per sota. Els intèrprets van obtenir puntuacions superiors als no intèrprets entre 2 i 4 minuts i entre 6 i 8 minuts. En canvi entre 4 i 6 minuts han obtingut els mateixos resultats. També podem observar que els intèrprets han estat més ràpids en realitzar la tasca.

Model de prova d'habilitats visuals és troba a l'annex nº 3.

Prova d'habilitats visuals resolta pels subjectes d'estudi és troba a l'annex nº 4

Habilitats visuals



6- CONCLUSIÓ

Per concloure aquest treball, es pot afirmar que l'entrenament musical des de la infància ajuda al desenvolupament de certes habilitats. A més a més, es poden observar diferències en l'àmbit fisiològic entre el cervell de subjectes intèrprets i no intèrprets. El fet de llegir una partitura, per interpretar-la, fa que es desenvolupin àrees cerebrals vinculades a la rapidesa visual, la memòria, la coordinació entre ambdues mans i altres capacitats, ja que, aquesta simple acció requereix la sincronització de diverses accions organitzades jeràrquicament. La lectura musical exigeix el processament d'una gran quantitat d'informació en un lapse de temps molt reduït pel seu profit immediat.

Segons les proves fetes als subjectes d'estudi basades en les dades extretes del marc pràctic, s'ha arribat a la conclusió que els subjectes intèrprets tenen certes habilitats més desenvolupades que els no intèrprets i que, per tant, tenen avantatges a l'hora de dur a terme certes activitats.

Tot i que a dos exercicis de la prova d'habilitats motores els no intèrprets van obtenir millors resultats que els intèrprets, a la resta la mitjana de resultats d'intèrprets supera notablement la dels no intèrprets. Per tant es corrobora a partir del marc pràctic les hipòtesis formulades a l'inici del treball. Segons els resultats obtinguts de les proves fetes als intèrprets, aquests tenen les habilitats verbals més desenvolupades, això és degut al fet que aquests tenen l'àrea de Wernicke, la que s'encarrega d'entendre la llengua, més formada. En el cas de les habilitats motores, els resultats són dubtosos, ja que com ja s'ha dit a dos dels exercicis de la prova els no intèrprets superen als intèrprets notòriament. Aquests exercicis són el que consisteix en fregar i picar, i el que consisteix en intercanviar els dits polze i menovell. Per últim, a la prova d'habilitats visuals es torna a confirmar les hipòtesis inicials, ja que els intèrprets tornen a superar als no intèrprets i això demostra que els músics tenen un moviment ocular més ràpid, una major capacitat visomotora i una capacitat d'atenció espacial més equilibrada, ja que la lectura de partitures els fa desenvolupar una major capacitat de l'hemisferi esquerre per realitzar tasques cognitives que generalment són dominants a l'hemisferi dret. D'altra banda aquests tenen més facilitat per analitzar detalls visuals, ja que aquesta tasca requeria l'anàlisi de figures geomètriques amb grans detalls.

8- FONTS DOCUMENTALS

- CogniFit. *El crevell Humà*. Recuperat de <https://www.cognifit.com/ca/cervell> [consulta 1 gener 2019]
- *Concepto de Fisiología*. <https://web.ujaen.es/investiga/cvi296/BFH/BFHTema18.pdf> [consulta 23 octubre 2019]
- Cameron Arkin, Emily Przysinda, Charles W. Pfeifer, Tima Zeng, Psyche Loui. *Gray Matter Correlates of Creativity in Musical Improvisation*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2019.00169/full> [consulta 24 juliol 2019]
- CosmoCaixa. *Música i cervell a CosmoCaixa*. <http://www.idibell.cat/en/node/49363> [consulta 24 abril 2019]
- Dr Eduardo R. Hernández González. *Pediatra y Terapeuta de la Conducta Infantil. La música i el desenvolupament cerebral infantil*. <http://www.musicacrescendo.net/va/iniciacion-musical-crescendo/la-musica-y-el-desarrollo-cerebral-infantil/> [consulta 1 gener 2019]
- Dr. Ruiz. *El cerebro de los músicos y los no-músicos: diferencias en el procesamiento musical*. <https://www.logi-cortex.com/musicos/> [consulta 23 octubre 2019]
- *Diccionario de Neuropsicología*. <https://biblioteca.ucatolica.edu.co/ucatolica/diccionario-neuropsicologia.pdf> [consulta 23 octubre 2019]
- E. Glenn Schellenberg. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. https://my.apa.org/apa/idm/login.seam?ERIGHTS_TARGET=http%3A%2F%2Fdoi.apa.org%2Fgetdoi.cfm%3Fdoi%3D10.1037%2Faca0000263&AUTHENTICATION_REQUIRED=true [consulta 25 juny 2019]
- Educacciontv. *Música y cerebro*. <https://www.youtube.com/watch?v=ex5IAQw2pUc> [consulta 10 juny 2019]
- Ewa A. Miendlarzewska, Wiebke J. Trost. *How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2013.00279/full#h>. [consulta 29 setembre 2019]
- GenomaWeb. *Brain Basics: Know Your Brain*. <https://brainworldmagazine.com/brain-concepts/>. [consulta 15 octubre 2019]
- *Los hemisferios cerebrales. Funciones e importancia*. <https://www.consulta21psicologosmalaga.es/hemisferios-cerebrales-funciones/>. [consulta 27 setembre 2019]
- *La mente maravillosa. Tipos de ondas cerebrales: Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma*. <https://lamenteesmaravillo->

sa.com/tipos-de-ondas-cerebrales/ [consulta 12 juliol 2019]

- Laurel Trainor. The neural roots of music. [consulta 10 juny 2019]

- Manuel Lafarga Marqués. *Desarrollo musical y desarrollo neurológico*. <http://www.waece.org/biblioteca/pdfs/dl45.pdf> [consulta 6 febrer 2019]

- *Memòria a Llarg Termini*. <https://www.cognifit.com/ca/habilitat-cognitiva/memoria-a-llarg-termini>. [consulta 13 octubre 2019]

- Starlab. *Space and Neuroscience*. <https://www.starlab.es> [consulta 24 abril 2019]

- National Geographic. *Mi cerebro musical*. <https://www.youtube.com/watch?v=CHrCZOxMVrw> [consulta 10 juny 2019]

- Passion Jun, M.D. *Music, Rhythm, and the Brain*. <https://brainworldmagazine.com/music-rhythm-brain/> [consulta 12 juliol 2019]

- Portal de Zacarias. *Afinal, qual é a diferença entre o lado direito e o esquerdo do cérebro?* (fotografia) <https://www.portaldozacarias.com.br/site/noticia/afinal--qual-e-a-diferenca-entre-o-lado-direito-e-o-esquerdo-do-cerebro-/>. [consulta 15 octubre]

- Psyche Loui, Lauren B. Raine, Laura Chaddock-Heyman, Arthur F. Kramer, Charles H. Hillman. *Musical Instrument Practice Predicts White Matter Microstructure and Cognitive Abilities in Childhood*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.01198/full> [consulta 24 juliol 2019]

- Rachel M. Brown, Robert J. Zatorre, Virginia B. Penhune. *Expert music performance: cognitive, neural, and developmental bases*. [consulta 26 abril 2019]

- Roger E. Beaty. *The neuroscience of musical improvisation*. [consulta 26 abril 2019]

- Tarek Amer, Beste Kalender, Lynn Hasher, Sandra E. Trehub, Yukwal Wong. *Do Older Professional Musicians Have Cognitive Advantages?*. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0071630>. [consulta 12 octubre 2019]

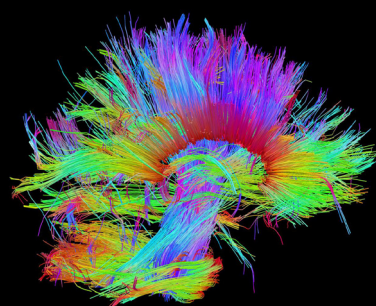
- Tara Gaertner. *Music Practice Changes Your Brain*. <http://trainingthemusicalbrain.blogspot.com/2017/12/music-practice-changes-your-brain.html>. [consulta 6 agost 2019]

- TEDx Talks. *Does Music Change a Child's Brain?* <https://www.google.com/url?q=https://www.youtube.com/watch?v%3DM2sqXbwlaVw&source=gmail&ust=1572799187642000&usg=AFQjCNFWU5bj0t3-igWV-P2ky-jLrMxzIOnA> [consulta 15 juny 2019]

- Wired. *How Does Music Affect Your Brain?* <https://www.google.com/url?q=https://www.youtube.com/watch?v%3DHRE624795zU&source=gmail&ust=1572799187648000&usg=AFQjCNEvLwqEotfrr7wiEBbDunJu69fo-nA>. [consulta 15 juny 2019]

9- TAULA D'IMATGES

1. Cervell	16
2.Lòbuls cerebrals vistos frontalment	19
3. Lòbuls cerebrals vistos zenitalment	20
4.Lòbuls cerebrals vistos nadirment	21
5.Arees cerebrals	23
6.Fisiologia cerebrals	26
7.Fisiologia d'un cervell	28
8.Fisiologia cerebral	30
9.Lòbuls cerebrals vistos lateralment	32
10. Prova dit polze dit menovell	35
11. Prova fregar i picar	36
12. Prova cercles amb l'índex	36



daina·isard