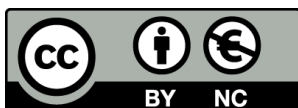


AVALUACIÓ DE L'EFECTE D'UNA ESTIMULACIÓ  
AUDITIVA RÍTMICA SOBRE ELS PARÀMETRES  
DE LA MARXA I EQUILIBRI EN PERSONES AMB  
ICTUS

**Samira González Hoelling**



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.ca>

Aquesta obra està subjecta a una llicència Creative Commons Reconeixement-NoComercial

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial licence



TESI DOCTORAL

AVALUACIÓ DE L'EFECTE  
D'UNA ESTIMULACIÓ AUDITIVA RÍTMICA SOBRE  
ELS PARÀMETRES DE LA MARXA I EQUILIBRI  
EN PERSONES AMB ICTUS

An abstract graphic featuring a wireframe model of a human head. The head is filled with numerous musical notes and is surrounded by a network of white lines and dots, suggesting a neural or cognitive network. The background is a gradient of purple and blue with light rays and starburst effects.

Samira González Hoelling

2023





TESI DOCTORAL

AVALUACIÓ DE L'EFECTE  
D'UNA ESTIMULACIÓ AUDITIVA RÍTMICA SOBRE  
ELS PARÀMETRES DE LA MARXA I EQUILIBRI  
EN PERSONES AMB ICTUS

Samira González Hoelling

2023

PROGRAMA DE DOCTORAT EN BIOLOGIA MOLECULAR,  
BIOMEDICINA I SALUT

Dirigida per: Dra. Maria Rosa Suñer Soler  
Tutora: Dra. Maria Rosa Suñer Soler

Memòria presentada per optar al títol de doctor/a per la Universitat de Girona





*Per la meva àvia, la meva mare i la meva filla,  
i sobretot per totes les dones de la història:  
creiem-nos l'empoderament  
i seguim lluitant per una conciliació laboral i familiar!*

## AGRAÏMENTS

Als meus pares, que em van impulsar i animar a prendre aquest repte des que vaig començar a estudiar la carrera de fisioteràpia, pagant totes les despeses econòmiques que ha suposat la formació per arribar on estic ara. Sobretot la meva mare, que sempre ha cregut en mi i els meus esforços.

Als meus avis, que en pau descansin, sense ells no podria haver estudiat la carrera de fisioteràpia a l'Escola Universitària Gimbernat ni tingut l'empenta per arribar a escriure una tesi doctoral.

Al meu home i company de vida, Jordi, que ha tingut la paciència i sempre m'ha fet costat quan l'he necessitat encara que hàgim passat per moments molt difícils.

A la meva filla, Ina, el regal que em va donar la vida just quan em vaig matricular del doctorat i va néixer entre el primer i segon any. Em va deixar treballar durant hores davant l'ordinador, recordant-me de tant en tant que havia de fer descansos, però sense exigir-me que estigués per a ella constantment.

A la tutora i directora de la tesi doctoral, Maria Rosa Suñer Soler, que va confiar des del primer moment en la meva proposta de tema per la tesi doctoral i sense ella no hauria sigut possible escriure-la.

Gràcies a totes aquelles persones que han participat en aquesta intervenció: pacients, col·laboradores en les publicacions com la Carme Bertran Noguera i la Glòria Reig Garcia i el traductor i revisor de llengua anglesa dels articles publicats Andrew Hughes. També vull agrair les meves companyes de feina, que algunes ja no esteu treballant aquí: Eva Barris, Neus Martí, Cristina Oliveres, Helena Sánchez, Montse Villén, Ivet Molas, Marta Soler; amb vosaltres dona gust anar a treballar cada dia. Finalment, però no menys important, agrair el Grup Mutuam i, sobretot, Mireia Bosch com a directora del centre que era, per creure i apostar en les teràpies alternatives i innovadores, i autoritzar la realització d'aquet estudi.

Ser una dona avui en dia encara suposa reptes, però quan acabes de ser mare encara en suposa més. Estic orgullosa de poder haver tirat endavant amb una família, una jornada laboral completa i el doctorat.



## **ARTICLES DERIVATS D'AQUESTA TESI:**

### **Article 1**

**Títol:** Effects of a Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Gait and Balance in Subacute Stroke

**Autors:** Samira Gonzalez Hoelling, Carme Bertran Noguer, Gloria Reig García, Rosa Suñer Soler

**Revista:** International Journal of Environmental Research and Public Health

**Any:** 2021

**DOI:** <https://doi.org/10.3390/ijerph18042032>

**Indici de qualitat:** Factor d'impacte 4.614; Q1 en Public, Environmental and Health; posició 45 de 182.

### **Article 2**

**Títol:** The Effect of Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Balance and Functional Outcomes after Stroke

**Autors:** Samira Gonzalez Hoelling, Gloria Reig García, Carme Bertran Noguer, Rosa Suñer Soler

**Revista:** Healthcare

**Any:** 2022

**DOI:** <https://doi.org/10.3390/healthcare10050899>

**Indici de qualitat:** Factor d'impacte 3.160; Q2 en Health Policy & Services amb posició 35 de 88; Q2 en Health Care Science & Services amb posició 50 de 109.

### **Article 3**

**Títol:** Effects of a rhythmic auditory stimulation on functional ambulation after stroke. A systematic review.

**Autors:** Samira Gonzalez Hoelling, Gloria Reig García, Carme Bertran Noguer, Rosa Suñer Soler

**Revista:** BMC Complementary Medicine and Therapies

**Any:** 2024

**DOI:** <https://doi.org/10.1186/s12906-023-04310-3>

**Indici de qualitat:** Factor d'impacte 3.900; Q2 en Integrative & Complementary Medicine amb posició 9 de 28.



## **ABREVIACIONS**

### **A**

ACA: Artèria cerebral anterior

ACM: Artèria cerebral mitjana

AIT: Atac isquèmic transitori

AMTA: American Music Therapy Association

AVC: Accident vascular cerebral

AVD: Activitats de la Vida Diària

### **B**

BA: Brocca area

### **C**

cm: Centímetres

CPSS: Cincinnati Prehospital Stroke Scale

### **I**

IT: Tecnologia intel·ligent

### **F**

FAC: Functional Ambulation Category

### **L**

LAPSS: Los Angeles Prehospital Stroke Scale

### **M**

MAS: Motor Assessment Scale

MASS: Melbourne Ambulance Stroke Screen

MBesT: Mini Best Test

MeSH: Medical Subject Headings

min: Minuts

MST: Music-supported therapy

mRS: Modified Rankin Scale

## **N**

NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale

NMT: Neurologic Music Therapy

## **O**

OMS: Organització Mundial de la Salut

## **P**

PMC: Primary Motor Cortex

PSE: Patterned Sensory Enhancement

## **R**

RAC: Rhythmic Auditory Cueing

RAS: Rhythmic Auditory Stimulation

RAS<sup>TM</sup>: Rhythmic Auditory Stimulation de la Neurologic Music Therapy Academy

RGM: Ronnie Gardiner Method<sup>TM</sup>

ROSIER: Recognition of Stroke in the Emergency Room

R-SMM: Rational- Scientific Mediating Model

rt-PA: Activador tisular del plasminógeno

RV: Realitat virtual

## **S**

SMA: Supplementary motor area

SNC: Sistema nerviós central

## **T**

TENS: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

TIMP: Therapeutic Instrumental Music Performance



<b>ÍNDIX FIGURES</b>	<b>Pàgina</b>
<b>Figura 1.</b> Representació a dos dimensions i agrupació de lesions isquèmiques focals	4
<b>Figura 2.</b> Àmbits de rehabilitació en fase subaguda	9
<b>Figura 3.</b> Recorregut del so des de l'oïda fins al còrtex auditiu primari	21
<b>Figura 4.</b> Percepció musical segons hemisferi	23
<b>Figura 5.</b> Parts del SNC i processament de la música en aquestes	24
<b>Figura 6.</b> Conceptes bàsics del mètode Ronnie Gardiner	28
<b>Figura 7.</b> Diagrama de flux	128

<b>ÍNDIX TAULES</b>	<b>Pàgina</b>
<b>Taula 1.</b> Criteris d'inclusió i exclusió dels participants	41
<b>Taula 2.</b> Característiques dels participants	52
<b>Taula 3.</b> Puntuació estat funcional i neurològic a l'ingrés i a l'alta	53
<b>Taula 4.</b> Mitjanes dels canvis entre ingrés i alta	55
<b>Taula 5.</b> Puntuació a l'ingrés i a l'alta pel Mini Best Test, el Motor Assessment Scale i el test de Tinetti segons edat, tipus d'ictus, àrea afectada, hemisferi afectat i grau d'afectació motora	56
<b>Taula 6.</b> Característiques dels participants de tots els estudis	60
<b>Taula 7.</b> Mètodes i intervencions dels assajos clínics amb grup control	62
<b>Taula 8.</b> Mètodes i intervencions dels estudis quasi-experimentals	63
<b>Taula 9.</b> Característiques de eines i música utilitzades en les intervencions	64
<b>Taula 10.</b> Variables, mesures de valoració i resultats principals	65



<b>ÍNDEX D'ANNEXES</b>	<b>Pàgina</b>
<b>Annex 1.</b> Escala de Tinetti	106
<b>Annex 2.</b> Mini-Best Test	110
<b>Annex 3.</b> Functional Ambulation Category	114
<b>Annex 4.</b> Motor Assessment Scale	115
<b>Annex 5.</b> Escala de ictus del National Institute of Health (NIHSS)	118
<b>Annex 6.</b> The Modified Rankin Scale	120
<b>Annex 7.</b> Consentiment Informat	121
<b>Annex 8.</b> Exemple partitura Ronnie Gardiner Method	124
<b>Annex 9.</b> Informe comitè d'ètica d'investigació	126
<b>Annex 10.</b> Diagrama de flux	128
<b>Annex 11.</b> Article 1 derivat de la tesi	129
<b>Annex 12.</b> Article 2 derivat de la tesi	143

<b>ÍNDIX GENERAL</b>	<b>Pàgina</b>
<b>Capítol 1. Introducció</b> .....	<b>1</b>
<b>1. L'ictus, problema de salut pública</b> .....	<b>1</b>
1.1. Fisiopatologia de l'ictus .....	1
1.1.1. Classificació de l'ictus segons etiologia .....	1
1.1.1.1. Ictus isquèmic .....	2
1.1.1.2. Ictus hemorràgic .....	3
1.1.1.3. Hemorràgia subaracnoidal .....	3
1.1.2. Classificació de l'ictus segons zona d'afectació .....	4
1.2. Abordatge de l'ictus .....	5
1.2.1. Tractament en fase aguda .....	6
1.2.2. Unitats d'ictus especialitzades .....	7
1.2.3. Continuïtat de cures .....	7
<b>2. Rehabilitació de l'ictus</b> .....	<b>8</b>
2.1. Fases de rehabilitació .....	9
2.2. Plasticitat cerebral .....	10
2.3. Rehabilitació basada en l'evidència .....	10
<b>3. La marxa</b> .....	<b>13</b>
3.1. Paràmetres de la marxa .....	13
3.2. L'equilibri .....	14
3.3. Qualitat de la marxa .....	15
3.3.1. Funcionalitat de la marxa .....	16
3.3.2. Ús de productes de suport per a la marxa .....	16
<b>4. Musicoteràpia</b> .....	<b>18</b>
4.1. Element de la música .....	19

4.1.1. Ritme o tempo .....	19
4.1.2. Melodia i harmonia .....	20
4.2. Processament musical .....	21
4.2.1. Processament del ritme .....	23
4.3. Musicoteràpia en l'ictus .....	26
4.4 Cervell musical en l'ictus .....	28
4.5. Estimulació auditiva rítmica en l'ictus .....	30
4.5.1. Rhythmic auditory stimulation - RAS .....	30
4.5.2. Music-based rhythmic auditory stimulation .....	32
<b>5. Justificació .....</b>	<b>33</b>
<b>Capítol 2. Objectius .....</b>	<b>36</b>
<b>Capítol 3. Metodologia .....</b>	<b>40</b>
<b>Capítol 4. Resultats .....</b>	<b>50</b>
<b>Capítol 5. Discussió .....</b>	<b>70</b>
- Limitacions .....	83
<b>Capítol 6. Conclusions.....</b>	<b>86</b>
<b>Capítol 7. Bibliografia .....</b>	<b>90</b>
<b>Capítol 8. Annexes .....</b>	<b>104</b>

# RESUM

## Introducció

L'ictus, primera causa d'alteracions motores funcionals en l'adult, comporta en la majoria de casos una alteració del patró de marxa i de l'equilibri tant en bipedestació com durant la marxa. La fase de rehabilitació motora consta de diferents tipus d'abordatge: fisioteràpia, teràpia ocupacional i d'altres complementàries com la musicoteràpia. Per treballar la marxa i l'equilibri es recomana l'ús d'una tècnica rítmica, ja que el ritme comparteix zones semblants a les que s'activen quan la persona ha de fer un moviment voluntari (àrees motores) creant un arrossegament per part de l'àrea auditiva sobre l'activació de l'àrea motora. El mètode Estimulació Auditiva Rítmica, o en anglès conegut com a Rhythmic Auditory Stimulation, és un mètode protocol·litzat i cada vegada més estudiat.

## Metodologia

L'objectiu general d'aquesta investigació ha estat avaluar l'efecte d'una estimulació auditiva rítmica sobre la qualitat de la marxa i equilibri en persones amb ictus i detectar diferents variables que hi puguin influir. S'ha realitzat un estudi quasi-experimental amb persones en fase subaguda després d'un ictus i s'ha finalitzat la investigació amb una revisió sistemàtica. La mostra de l'estudi (n=55) estava constituïda per un grup intervenció que rebien estimulació auditiva rítmica amb música i un grup control històric amb els mateixos criteris que havia rebut similars teràpies exceptuant l'estimulació auditiva rítmica.

## Resultats

Els afectats d'ictus en fase subaguda que han rebut una estimulació auditiva rítmica en combinació amb fisioteràpia han mostrat més guany en la funcionalitat i independència de la marxa mesurada amb la Functional Ambulation Category ( $p=0.002$ ), comparat amb els pacients del grup control ( $\Delta$ mitjana  $\pm$  desv.est.; grup intervenció  $3.43 \pm 1.17$ ; grup control  $2.48 \pm 1.09$ ). Malgrat les millores dels paràmetres de la marxa, el grup d'estimulació auditiva rítmica no ha presentat diferències significatives ( $p>0.05$ ) envers el grup control. Les millores en l'equilibri i la funció motora s'han relacionat amb el dèficit motor a l'ingrés

( $\beta=-0.136$ ;  $p=0.005$ ) i amb l'àrea afectada: ganglis basals (MBesT  $p=0.028$ , MAS  $p=0.027$ , test Tinetti  $p=0.018$ ); àrea cerebral mitja (MBesT  $p=0.028$ , MAS  $p=0.028$ , test Tinetti  $p=0.028$ ); i àrea vertebro basilar (MBesT  $p=0.012$ , MAS  $p=0.011$ , test Tinetti  $p=0.012$ ); comparat amb l'àrea lacunar o el tàlem ( $p>0.05$ ). L'edat, el tipus d'ictus i la lateralitat de la lesió no s'han associat a més guany en l'equilibri, en la funció motora ni en la funcionalitat de la marxa.

Posteriorment, es va realitzar una revisió sistemàtica per comparar els resultats amb altres estudis. En aquesta es va observar que els beneficis dels estudis que investiguen els efectes d'una estimulació auditiva rítmica en pacients amb ictus són poc concloents quan es comparen amb altres intervencions complementàries.

## **Conclusions**

Les persones que han patit un ictus i fan rehabilitació complementada amb estimulació auditiva rítmica milloren els paràmetres quantitatius i qualitatius de la marxa i l'equilibri: augment de la velocitat, millora de la simetria i augment de la longitud del pas, augment de la cadència, millora de l'equilibri, disminueix el risc de caiguda, millora el control de tronc, millora la funcionalitat i independència de la marxa amb reducció de l'ús de productes de suport per deambular. El grau d'efecte i de millora sobre l'equilibri i la funció motora varia en funció de l'escala o test utilitzats per avaluar i de les variables que contempnen aquestes mesures.



## **RESUMEN**

### **Introducción**

El ictus, como primera causa de alteraciones motoras funcionales en el adulto, conlleva en la mayoría de casos una alteración del patrón de marcha y del equilibrio tanto en bipedestación como durante la marcha. La fase de rehabilitación motora está compuesta por diferentes tipos de abordaje: fisioterapia, terapia ocupacional y otras complementarias como la musicoterapia. Para trabajar la marcha y el equilibrio se recomienda el uso de una técnica rítmica, ya que el ritmo comparte zonas parecidas a las que se activan cuando la persona tiene que hacer un movimiento voluntario (áreas motoras) favoreciendo un arrastre por parte del área auditiva sobre la activación del área motora. El método Estimulación Auditiva Rítmica, o en inglés conocido como Rhythmic Auditory Stimulation, es un método protocolizado y cada vez más estudiado.

### **Metodología**

El objetivo general de esta investigación ha sido evaluar el efecto de una estimulación auditiva rítmica sobre la calidad de la marcha y equilibrio en personas con ictus y detectar diferentes variables que puedan influir en estos. Se realizó un estudio casi-experimental con personas en fase subaguda después de un ictus y se ha finalizado la investigación con una revisión sistemática. La muestra del estudio (n=55) estaba formada por un grupo de intervención que recibía estimulación auditiva rítmica con música y un grupo control histórico con los mismos criterios que recibió unas terapias similares, exceptuando la estimulación auditiva rítmica.

### **Resultados**

Los afectados de un ictus en fase subaguda que han recibido una estimulación auditiva rítmica en combinación con fisioterapia han demostrado más ganancia en la funcionalidad e independencia de la marcha medida con la Functional Ambulation Category ( $p=0.002$ ), comparado con los pacientes del grupo control ( $\Delta$ mediana  $\pm$  desv.est.; grupo intervención  $3.43 \pm 1.17$ ; grupo control  $2.48 \pm 1.09$ ).

A pesar de las mejoras en los parámetros de la marcha, el grupo de estimulación auditiva rítmica no ha presentado diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) comparado con el grupo control. Las mejoras en el equilibrio y la función motora se han relacionado con el déficit motor al ingreso ( $\beta = -0.136$ ;  $p = 0.005$ ) y con el área afectada: ganglios basales (MBesT  $p = 0.028$ , MAS  $p = 0.027$ , test Tinetti  $p = 0.018$ ); área cerebral media (MBesT  $p = 0.028$ , MAS  $p = 0.028$ , test Tinetti  $p = 0.028$ ); y área vertebro-basilar (MBesT  $p = 0.012$ , MAS  $p = 0.011$ , test Tinetti  $p = 0.012$ ); comparado con el área lacunar o el tálamo ( $p > 0.05$ ). La edad, el tipo de ictus y la lateralidad de la lesión no se han asociado a más ganancia en el equilibrio, en la función motora ni en la funcionalidad de la marcha.

A posteriori, se realizó una revisión sistemática para comparar los resultados con otros estudios. En ésta, se observó que los beneficios de los estudios que investigan los efectos de una estimulación auditiva rítmica en pacientes con ictus son poco concluyentes cuando se comparan con otras intervenciones complementarias.

## **Conclusiones**

Las personas que han padecido un ictus y hacen rehabilitación complementada con estimulación auditiva rítmica mejoran los parámetros cuantitativos y cualitativos de la marcha y el equilibrio: aumenta la velocidad, mejora la simetría y aumenta la longitud del paso, aumenta la cadencia, mejora el equilibrio, disminuye el riesgo de caída, mejora el control de tronco, mejora la funcionalidad e independencia de la marcha con reducción del uso de productos de soporte para deambular. El grado de efecto y de mejora sobre el equilibrio y la función motora varía en función de la escala o test utilizados para evaluar y de las variables que contemplen estas medidas.

# **ABSTRACT**

## **Introduction**

Stroke is the leading cause of functional motor disorders in adults and, in most cases, alters gait patterns and balance when standing and walking. The motor rehabilitation phase involves different kind of approaches: physiotherapy and occupational therapy, as well as complementary therapies such as music therapy. Rhythmic techniques are recommended to improve gait and balance since rhythm shares similar areas to those activated with voluntary movement (motor areas), resulting in the auditory area participating complementarily in the activation of the motor area. Rhythmic Auditory Stimulation method is a protocolized and increasingly studied technique.

## **Methods**

The aim of this investigation was to evaluate the effect of Rhythmic Auditory Stimulation on the quality of gait and balance after stroke and to detect related outcomes. A non-randomized controlled trial was undertaken in the subacute phase after stroke and the research finished with a systematic review. The study sample (n=55) was made up of an intervention group that received music-based Rhythmic Auditory Stimulation and a historical control group that had not received Rhythmic Auditory Stimulation but had otherwise received similar therapies.

## **Results**

Patients in a subacute phase after stroke that received Rhythmic Auditory Stimulation in combination with physiotherapy showed greater improvement in walking ability measured with the Functional Ambulation Category ( $p=0.002$ ), than the control group ( $\Delta$ average  $\pm$  standard deviation.; RAS group  $3.43 \pm 1.17$ ; control group  $2.48 \pm 1.09$ ). Despite the improvements in the gait parameters, no between-group differences were identified ( $p>0.05$ ). Improvements in balance and motor function were related with motor deficit at admission ( $\beta=-0.136$ ;  $p=0.005$ ) and with the affected area: basal ganglia (MBesT  $p=0.028$ , MAS  $p=0.027$ , Tinetti test  $p=0.018$ ); middle cerebral area (MBesT  $p=0.028$ , MAS  $p=0.028$ , Tinetti test  $p=0.028$ ); and vertebrobasilar area (MBesT  $p=0.012$ , MAS

$p=0.011$ , Tinetti test  $p=0.012$ ); compared with the lacunar or thalamus areas ( $p>0.05$ ). Age, stroke type and the affected side did not appear to be directly related to the amount of improvement in balance, motor function or walking ability. After completing this study, a systematic review was undertaken to compare our results with those of other studies. This review found that the benefits of studies investigating the effects of Rhythmic Auditive Stimulation in stroke patients over other complementary interventions were inconclusive.

## **Conclusions**

People after stroke that underwent rehabilitation with Rhythmic Auditory Stimulation improve quantitative and qualitative parameters of movement and balance: increased speed, improved symmetry and increased stride length, increased cadence, better balance, lower risk of falling, improved trunk control, improved walking ability and reduced use of walking assistive devices. The degrees to which balance and motor function are affected and improved vary depending on the scale or test used for evaluation and on the variables that these tests measure.





# CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ



## 1. L'ICTUS, PROBLEMA DE SALUT PÚBLICA

L'ictus és una patologia greu que representa la primera causa d'alteracions funcionals motores en l'adult i la tercera causa de mort en els països desenvolupats. Segons l'Organització Mundial de la Salut (OMS), les malalties cerebrovasculars afecten 15 milions de persones a l'any, un terç el qual no sobreviu i un terç resta amb una discapacitat de manera permanent. En els últims anys, hi ha hagut un increment de la incidència i prevalença dels ictus, a causa de l'envelliment de la població<sup>1,2</sup>.

L'any 2017, es van presentar 1,12 milions de casos d'ictus a la Unió Europea, i s'estima que de cares l'any 2047 s'incrementin uns 40.000 incidents d'ictus (+3%) amb una prevalença de 2,58 milions de casos (+27%). Tot i això, també es considera que hi haurà un 17% menys de morts i un descens del 33% pel que fa a anys perduts, considerant la vida adaptada amb la discapacitat, el qual representen uns 2,31 milions<sup>2</sup>.

### 1.1. FISIOPATOLOGIA DE L'ICTUS

L'OMS defineix l'ictus com un dèficit neurològic focal sobrevingut que dura més de 24 hores. També se'l pot anomenar accident vascular cerebral (AVC) o apoplexia. La fase aguda de l'ictus inclou les primeres 24 hores després de l'ictus. Els dèficits neurològics focals que duren menys de 24 hores (uns 5-20 minuts) es reconeixen com a atac isquèmic transitori (AIT). És la conseqüència d'una alteració de la circulació cerebral que causa un dèficit permanent o transitori d'una o més àrees del cervell<sup>3,4</sup>.

#### 1.1.1 CLASSIFICACIÓ DE L'ICTUS SEGONS ETIOLOGIA

En funció de l'etiologia es pot classificar l'ictus com a isquèmic (87%) o hemorràgic (13%). L'ictus isquèmic es produeix quan s'obstrueix una artèria cerebral (trombòtica o arteroescleròtica 50%), embòlica (25%) i oclusió microarterial, ictus lacunar (25%). Un ictus hemorràgic és aquell on hi ha hagut una ruptura espontània de vasos sanguinis, o aneurismes, o secundari a un

trauma. La classificació internacional de malalties, versions 9 i 10, codifiquen els diferents tipus com a 430-438 (ictus isquèmic) i 160-169 (ictus hemorràgic)<sup>3</sup>.

### 1.1.1.1 ICTUS ISQUÈMIC

Habitualment els símptomes i signes neurològics d'un ictus isquèmic apareixen de sobte. La presentació més habitual és l'hemiparèsia sobte, però els símptomes i els signes varien depenent del territori de l'oclusió i l'extensió de la irrigació col·lateral<sup>1,3</sup>.

- Ictus isquèmic aterotrombòtic: Aterosclerosi de l'artèria gran. Infart de mitjana o gran magnitud, topografia cortical o subcortical i amb localització a la caròtida o l'artèria vertebrobasilar. És la variant més comuna en persones grans, apareix sense previ avís en el 80% dels casos i s'ha de complir un dels dos criteris següents<sup>1,3</sup>:

\* Aterosclerosi amb estenosi d'un 50% del diàmetre normal o oclusió de l'artèria extracranial corresponent o de l'artèria intracranial (cerebral mitja, cerebral posterior o tronco basilar), sense presència d'altre etiologia<sup>1,5</sup>.

\* Aterosclerosi sense estenosi: presència de plaques o d'estenosis a menys d'un 50% del diàmetre de l'artèria cerebral mitja, cerebral posterior o basilar, absència d'altres etiologies i en presència de més de dos dels factors de risc següents: edat >50 anys, hipertensió arterial, diabetis mellitus, tabaquisme o hipercolesterolèmia<sup>1,5</sup>.

- Ictus isquèmic cardioembòlic: generalment és de dimensió mig o gran i topografia habitualment cortical, és el més freqüent en pacients amb fibril·lació auricular (80%), infart de miocardi, vàlvules protèsiques, malalties reumàtiques de cor i ateroma arterial. Les causes poden ser un trombe o tumor intracardíac, estenosis mitral reumàtica, pròtesis aòrtica o mitral, endocarditis, fibril·lació auricular, aneurisma ventricular esquerra o acinèsia després d'un infart agut de miocardi, infart agut de miocardi (menys de tres mesos) o hipocinèsia cardíaca global o discinèsia<sup>1,3,5,6</sup>.

- Ictus isquèmic lacunar: mida petita (<1.5 cm de diàmetre) en el territori d'una artèria perforant cerebral en presència d'un factor de risc vascular cerebral. La clínica que presenta seria una síndrome lacunar amb hemiparèsia motora pura, síndrome sensitiu pur, síndrome sensitiu motriu, hemiparèsia atàxica i disàrtria<sup>1,5</sup>.
- Ictus isquèmic cerebral de causa rara: es classifica com a tal aquell infart on s'han descartat les etiologies aterotrombòtiques, cardioembòliques o lacunars i només pot ser secundari a trastorns sistèmics o altres malalties vasculares<sup>1,5</sup>.
- Ictus isquèmic cerebral d'etiologia indeterminada: infart d'origen indeterminat que es podria classificar segons si l'estudi és incomplet, hi ha més d'una etiologia i l'etiologia és desconeguda<sup>1,3,5,6</sup>.

#### 1.1.1.2 ICTUS HEMORRÀGIC

L'hemorràgia intracerebral es classifica com a primària o secundària depenent de la causa de l'hemorràgia. La hemorràgia intracerebral primària té l'origen en el trencament de petites artèries o arterioles secundari a hipertensió, angiopatia amiloide cerebral o malaltia arterial degenerativa. La hemorràgia intracerebral secundària té l'origen a altres malalties subjacents com: malformacions vasculares, tractament anticoagulant i fibrinolític, tumors cerebrals, vasculitis, etc<sup>1,3</sup>.

#### 1.1.1.3 HEMORRÀGIA SUBARACNOIDAL

Aquest tipus d'ictus sol ser causat per una ruptura d'aneurismes a les bifurcacions d'artèries grans a la part inferior del cervell. Normalment, no causen dany directe al cervell, per això hi ha estudis que l'exclouen. Així i tot, hi ha pacients amb hemorràgia subaracnoidal que podrien desenvolupar símptomes d'ictus i s'haurien de tractar com a tal. Els símptomes dependran de la localització i l'extensió de la lesió. Símptomes neurològics focals, mareig i vòmits són habituals. Les hemorràgies de gran dimensió poden causar un estat vegetatiu o coma. La majoria d'hemorràgies subaracnoidals apareixen amb una cefalea intensa, i una alteració de la consciència en un 50% dels pacients. A vegades poden aparèixer símptomes neurològics abans de l'hemorràgia depenent de la zona que rebí pressió i falta d'irrigació en l'espai subaracnoidal, entre aquests

síntomes es troben: parèsia d'una extremitat, dificultats en la parla i alteració de la vista<sup>3,7</sup>.

### 1.1.2. CLASSIFICACIÓ DE L'ICTUS SEGONS LA ZONA D'AFECTACIÓ

Les últimes classificacions uneixen la topografia de l'arbre vascular, el mecanisme d'oclusió o ruptura i la seqüència simptomàtica. Les conseqüències funcionals de l'ictus depenen en part de l'anatomia funcional. A continuació es mostra una figura creada per Bonckhoff<sup>8</sup> fent una classificació de 21 subtipus.

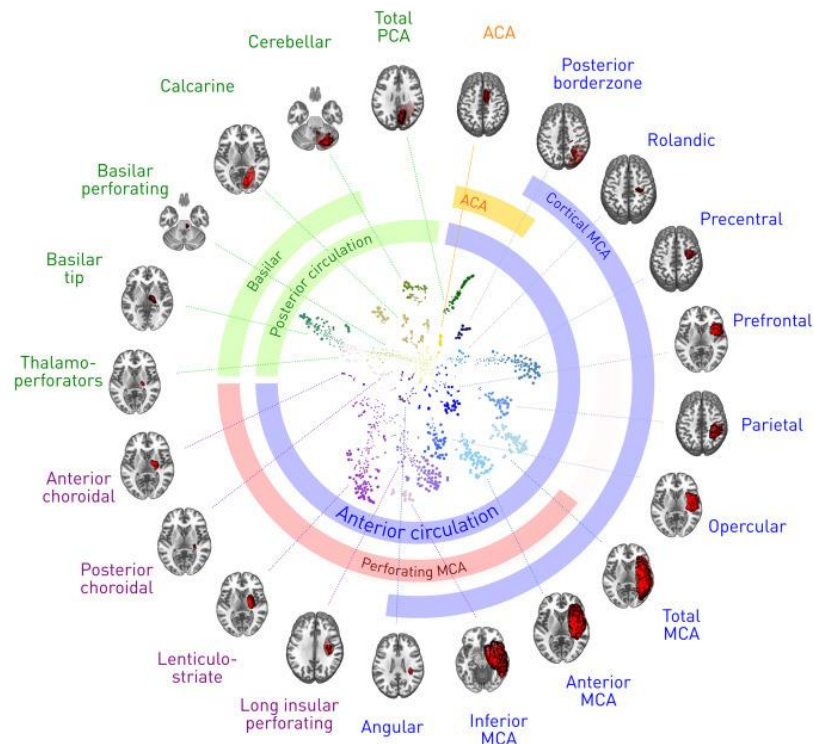


Figura 1. Representació a dos dimensions i agrupació de lesions isquèmiques focals<sup>8</sup>.

L'ictus pot provocar una alteració de la funció motora, del llenguatge, la cognició, el processament perceptiu-sensorial i trastorns emocionals en funció de la zona afectada. Són freqüents les hemiplegies i hemiparèsies, les quals redueixen la qualitat de vida dels que sobreviuen<sup>1</sup>. Si s'observen els signes i símptomes en funció de la zona afectada, es pot diferenciar:

- **Infart parcial o total de la circulació anterior:** afectació cognitiva com afàsia (sobretot en cas d'afectació de l'hemisferi esquerre), discalculia o alteracions visuoespacials; dèficit motor i/o sensitiu a la cara, extremitats superiors i/o extremitats inferiors; hemianòpsia homònima (sobretot en cas d'afectació de l'hemisferi dret)<sup>5,6</sup>.

- **Infart lacunar:** síndrome motor pur (parèsia o plègia que afecta almenys dues de les tres parts del cos: cara, extremitats superiors i inferiors); síndrome sensitiva pur (hipoestèsia i/o parestèsia); síndrome sensitiu-motor pur; hemiparèsia-atàxia ipsilateral; disàrtria o mà maldestra; moviments anormals focals i aguts<sup>5,6</sup>.

- **Infart circulació posterior:** afectació ipsilateral de parells cranials amb dèficit motor i/o sensitiu contralateral, dèficit motor i/o sensitiu bilateral, dèficit oculomotor, disfunció cerebel·losa (hemiparèsia i atàxia); hemianòpsia homònima aïllada<sup>5,6</sup>.

## 1.2. ABORDATGE DE L'ICTUS

L'avaluació i el tractament dels pacients amb un ictus en fase aguda haurien d'abordar-se com a prioritats i sense demora. La història general i neurològica, juntament amb les imatges cerebrals, aporten suficient informació de l'etiologia per decidir el millor tractament. Els protocols d'intervenció varien en funció de si l'ictus és isquèmic o hemorràgic<sup>1,3,5</sup>.

També s'han desenvolupat diferents eines com escales per facilitar el reconeixement de l'ictus agut dins del medi extrahospitalari i en el servei d'urgències, encara que actualment no s'han validat en el nostre país<sup>1,3</sup>.

La National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) és la mesura més utilitzada, descriu la severitat i indica el pronòstic. Aproximadament un 60-70% dels pacients amb un ictus isquèmic que ingressen amb una puntuació NIHSS inferior a 10, tenen un pronòstic favorable un any després, comparat amb el 4-16% que tenen una puntuació superior a vint<sup>1,3,9</sup>.

Existeixen dues escales més que mesuren la discapacitat a llarg termini després d'un ictus. L'índex de Barthel mesura la possibilitat d'una persona per fer 10 activitats de la vida diària, assolint una puntuació de 0 a 100. L'escala modificada de Rankin (mRS) puntua de 0 a 5 segons la independència de la persona<sup>3,10,11</sup>.

Les escales com a orientació diagnòstica d'ictus més utilitzades segons la Guia de Pràctica Clínica Espanyola són: Face Arm Speech Test (Test de la Cara, Braç i Parla); Cincinnati Prehospital Stroke Scale - CPSS (Escala d'Ictus Prehospitalària de Cincinnati); Los Angeles Prehospital Stroke Scale - LAPSS (Escala d'Ictus Prehospitalària de Los Angeles); Melbourne Ambulance Stroke Screen - MASS (Cribatge d'ictus a l'ambulància de Melbourne); i la Recognition of Stroke in the Emergency Room - ROSIER (Reconeixement de l'Ictus a Urgències)<sup>1,6</sup>.

---

### 1.2.1. TRACTAMENT EN FASE AGUDA

- **Ictus isquèmic agut:** L'abordatge exitós de l'ictus isquèmic agut està basat en dos tractaments de recanalitzacions vasculars: agents antiplaquetaris i trombòlisis. La millora de la perfusió cap a l'àrea isquèmica és la clau del tractament, tenint en compte que la majoria d'ictus són a causa d'oclusions tromboembòliques d'una artèria intracranial. Si s'intervé amb la major brevetat possible, es podria millorar els símptomes neurològics mitjançant el teixit cerebral potencialment recuperable, i així disminuir el dèficit funcional. Encara que existeixen diferents tractaments farmacològics per l'ictus agut, només n'hi ha dos recomanats oficialment: l'aspirina oral i la rt-PA intravenosa<sup>2,12</sup>.

- **Ictus hemorràgic agut:** L'ictus hemorràgic és la forma més difícil de tractar i actualment existeixen pocs tractaments efectius per reduir la mortalitat i la discapacitat. El volum i la localització de l'hematoma determina el pronòstic. El tractament actual s'enfoca en evacuar l'hematoma sobretot en el cerebel, i a la regió supratentorial quan sigui més gran de 3 cm, però l'evidència clínica encara està en procés de demostrar els beneficis. Una bona nutrició, mobilització de les extremitats, i canvis posturals del pacient també minimitzen les complicacions després de l'ictus<sup>2,12</sup>.



---

### **1.2.2. UNITATS D'ICTUS ESPECIALITZADES**

Les unitats d'ictus d'un hospital estan formades per metges, infermeres i terapeutes que treballen en un equip interdisciplinari i coordinat per tal d'oferir unes cures especialitzades al pacient amb ictus. La guia de rehabilitació del adult amb ictus americana, afirma que aquells pacients que van estar atesos en una unitat d'ictus tenen més probabilitat de supervivència, millora de l'autonomia i retornar a domicili<sup>12</sup>.

---

### **1.2.3. CONTINUITAT DE CURES**

En relació amb les cures a l'alta, el 61% té algun programa d'informe d'alta d'infermeria que estableix les cures en el domicili. Es contempla l'hospitalització domiciliària després de l'ictus en el 31%. A Catalunya existeix un programa de seguiment de pacients que han sofert un ictus. La provisió d'unes cures continuades després de l'alta hospitalària per part de la persona d'infermeria entrenada i especialitzada en ictus, principalment les tècniques educatives i de suport, produeix beneficis tangibles pels pacients i els cuidadors. En una revisió sistemàtica amb 14 assajos clínics aleatoritzats es va observar que els pacients amb ictus que rebien teràpies dirigides de rehabilitació milloraven la independència en les activitats de la vida diària<sup>6,13</sup>.

## 2. REHABILITACIÓ DE L'ICTUS

El temps de rehabilitació i la intensitat d'aquesta estan directament relacionats amb la gravetat inicial de l'ictus: com més greu al principi, menys recuperació i més lenta. A partir del 5è i 6è mes postictus, és difícil observar una gran millora en les activitats de la vida diària (AVD) mitjançant escales estàndard. Aproximadament un 5% dels pacients continuen recuperant-se fins a l'any després de l'ictus. A Espanya, entre un 60 i 75% dels pacients amb afectació moderada a molt greu recuperen la capacitat de marxa independent, aproximadament un 50% recuperen els nivells d'independència funcional en les AVD i tan sols un 10% dels pacients que han patit un ictus greu o moderat arriben a una recuperació completa<sup>1,6</sup>.

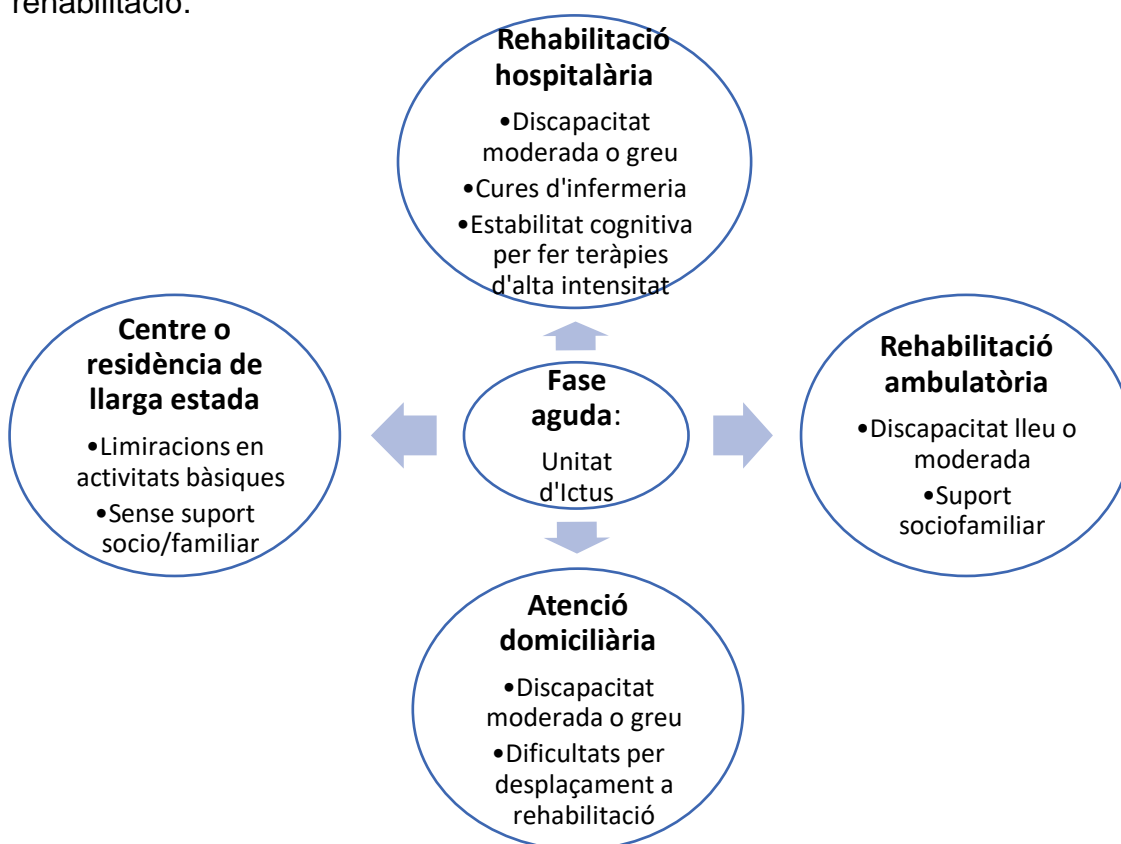
La rehabilitació en l'ictus és un procés terapèutic que pretén desenvolupar de nou un potencial físic, psicològic i social de la persona. Està orientat per objectius i evita complicacions, minimitza el dèficit i aconsegueix la màxima capacitat funcional possible en cada cas, per facilitar l'autonomia personal i la reintegració familiar i sociolaboral. La rehabilitació disminueix la mortalitat, millora el pronòstic i afavoreix la ràpida reincorporació de la persona en el domicili. A la rehabilitació participa el pacient, la seva família i un equip multidisciplinari que pot estar integrat per metges especialistes en rehabilitació, fisioterapeutes, terapeutes ocupacionals, logopedes, neuropsicòlegs, personal d'infermeria i treballadors socials. Els programes de rehabilitació han de ser en una fase precoç per optimitzar l'assistència, així com coordinada i contínua al llarg de les diferents fases i àmbits d'atenció<sup>14,15</sup>. L'equip de rehabilitació ha de conèixer i fer ús dels recursos comunitaris i socio-sanitaris de l'àrea on treballa per afavorir la reintegració del pacient com més aviat millor<sup>6</sup>.

La rehabilitació està limitada en temps i orientada per objectius a partir de l'avaluació realitzada mitjançant escales estandarditzades validades i fiables. La valoració ha d'incloure les àrees motores, perceptiu-sensitives i visuals, la capacitat de llenguatge, aspectes cognitius i emocionals. És important establir els objectius funcionals per a cada pacient i programar les intervencions adequades de tractament que siguin rellevants i eficaços en coherència amb

aquests objectius. El procés de recuperació s'hauria de reavaluar periòdicament i si cal reajustar-lo a noves situacions. Un cop els pacients són alta de l'hospital, poden continuar fent rehabilitació així reduint la probabilitat d'un mal pronòstic i millorar la independència per les AVD en pacients que han patit un ictus fa menys d'un any<sup>1,6,12</sup>. Així i tot, no totes les persones que han patit un ictus són candidates per dur a terme un programa de rehabilitació, com és el cas de la persona que no presenta seqüeles o la que té un dèficit funcional molt greu o molt dependent. Les famílies i cuidadors d'aquest darrer grup d'afectats d'ictus haurien de ser educats i instruïts en les seves cures <sup>1</sup>.

## 2.1. FASES DE REHABILITACIÓ

La primera fase o **fase aguda** és d'hospitalització, on s'inicia de forma precoç i idealment integrada en una assistència organitzada com la Unitat d'Ictus. Durant la fase aguda s'ha de planificar la derivació més adequada per a cada pacient de cara a l'alta hospitalària<sup>6,12</sup>. En la **fase subaguda** hi ha diferents àmbits de rehabilitació:



**Figura 2. Àmbits de rehabilitació en fase subaguda.** Elaboració pròpia a partir de la Guia Clínica del Ministerio de Sanidad<sup>6</sup>.

La ubicació del pacient pot anar canviant al llarg del seu procés de rehabilitació, sense perdre la coordinació ni la continuïtat. Finalment, hi ha la fase crònica, on l'abordatge es fa mitjançant estructures sanitàries i/o sociosanitàries en l'àmbit comunitari que faciliten l'assistència i el manteniment adequat de les persones amb discapacitat residual després de l'ictus i dels seus familiars/cuidadors<sup>6,12</sup>.

## 2.2 PLASTICITAT CEREBRAL

La plasticitat cerebral o neuroplasticitat, va ser descoberta per Santiago Ramon i Cajal, és la capacitat del cervell d'adaptar-se constantment a estímuls, experiències i situacions noves. S'ha anat investigant que la neuroplasticitat dura tota la vida de l'ésser humà, i es podria considerar el fonament de la neurorehabilitació tant motora com cognitiva<sup>16</sup>.

En una investigació d'Altenmüller<sup>17</sup> es va poder detectar que la interacció de les cèl·lules glials i la capillarització del teixit cerebral era més eficient amb un entrenament musical.

Per tal de millorar i afavorir la plasticitat cerebral completa, cal que els serveis de rehabilitació disposin d'un equip multidisciplinari com: infermera, neuròleg, neuropsicòleg, terapeuta ocupacional, fisioterapeuta i logopeda; i que disposi d'un suport per part de psicòleg, psiquiatre i treballadora social<sup>12</sup>.

## 2.3 REHABILITACIÓ BASADA EN L'EVIDÈNCIA

L'entrenament per recuperar la mobilitat després d'un ictus hauria de ser basat en l'activitat i tasca funcional, augmentar progressivament la dificultat i la complexitat, adequar la intensitat, freqüència i duració, sempre com més aviat millor després de l'accident cerebrovascular. Tot i que aquests paràmetres es poden controlar i treballar des de la teràpia "Treadmill training", o cinta de caminar, així com amb intervencions robotitzades, l'evidència no ha obtingut millores significatives per aquests mètodes tecnològics<sup>12</sup>.

Les tècniques de rehabilitació per millorar la mobilitat amb més evidència recent en revisions sistemàtiques i metaanàlisis, així com mencionades per l'American Heart Association, són les següents<sup>12,18-20</sup>:

- **Teràpia-sessió en circuit:** es tracta d'un tractament grupal amb exercicis i tasques repetitius i funcionals<sup>21</sup>.

- **Treadmill training:** La cinta de caminar es pot fer servir en un context d'activitat basada en la tasca i la persona pot requerir d'ajuda per part d'un terapeuta per tal d'avançar l'extremitat hemiparètica. Aparentment, les persones que han patit un ictus poden millorar significativament la velocitat i la distància de la marxa mitjançant l'entrenament Treadmill si es compara amb aquelles que no reben intervenció o les que fan una teràpia que no contempli caminar<sup>22</sup>.

- **Acupuntura:** Hi ha evidència per considerar que l'acupuntura com a tractament complementari a les teràpies estàndards ajuden a recuperar la marxa després d'un ictus<sup>12</sup>.

- **TENS:** "Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation" o estimulació nerviosa elèctrica transcutània que emet un estímul sensitiu a l'extremitat inferior. Els estudis actuals mostren que el TENS en combinació amb activitats basades en la tasca és més beneficiós per a la funció motora; però encara manca recerca per generalitzar l'efectivitat del TENS per millorar la marxa i activitats relacionades amb la marxa<sup>12</sup>.

- **Estímul auditiu rítmic** (Rhythmic auditory cueing): L'estimulació auditiva rítmica és un abordatge terapèutic on se sincronitza caminar amb un estímul auditiu per tal de millorar els paràmetres de temps i espai de la marxa. Hi ha evidència moderada que la velocitat i la llargada del pas millora en pacients amb ictus després d'un entrenament amb música rítmica. Els resultats de l'evidència són majoritàriament a curt termini i encara calen estudis de més qualitat i de longitudinals en el temps per tal de poder recomanar i generalitzar el seu ús en la pràctica clínica<sup>23,24</sup>.

- **Realitat Virtual:** La realitat virtual (RV) és l'ús de tecnologia intel·ligent (IT) que permet els pacients practicar una tasca específica en un ambient visual creat

amb l'ordinador. A causa de la poca evidència científica existent, no es pot concloure i afirmar l'efecte beneficiós d'una rehabilitació mitjançant realitat virtual comparat amb una teràpia convencional<sup>25</sup>.

- **Fisioteràpia convencional:** Mètode Bobath (Neurodevelopmental Therapy), Brunnstrum, Facilitació Neuromuscular Propioceptiva. Aquests mètodes són actualment els més utilitzats en la pràctica clínica de fisioteràpia en persones amb ictus, i són majoritàriament les teràpies que es fan servir en els grups control dels estudis<sup>12,26</sup>. Per exemple el concepte Bobath no obté millors resultats pel que fa a mobilitat, marxa o equilibri comparat amb abordatges, però sí que hi ha evidència moderada d'altres mètodes amb resultats superiors per millorar el control motor<sup>27</sup>.

- **Teràpia aquàtica:** Tant una revisió sistemàtica Cochrane de l'any 2012 com una revisió amb metaanàlisis de l'any 2021 descriuen la poca evidència existent pel que fa a estudis amb teràpies i exercicis aquàtics per millorar la marxa i l'autonomia dels pacients després d'un ictus<sup>28,29</sup>.

### 3. LA MARXA

La marxa és una de les funcions més afectades en els pacients amb ictus. La rehabilitació física és efectiva per recuperar la funció i la mobilitat després d'un ictus, però no hi ha cap abordatge concret que aparenti ser millor que d'altres.<sup>18</sup> El control motor durant la marxa està constituït pel control de l'equilibri, l'activació muscular i el moviment orientat en la tasca<sup>30</sup>.

Un patró de marxa correcte o sa depèn d'una varietat de factors biomecànics, dirigits pel sistema nerviós central per assegurar una estabilitat i un estalvi energètic. Traumatismes i altres malalties poden alterar aquests elements i donar com a resultat dèficits en la marxa, afectant la despesa d'energia i d'equilibri<sup>31</sup>.

En general, es distingeixen quatre fases, temps o moments de la marxa; tot i que hi ha altres autors que les subdivideixen: primera fase o fase d'enlairament, segona fase o fase d'oscil·lació, tercera fase o fase de recepció i quarta fase o fase de recolzament unipodal<sup>32</sup>.

Per poder caminar primer s'ha d'haver adquirit un equilibri i un traspàs de pes mantenint una postura vertical. Després es posa un peu davant i es necessita el traspàs de pes del peu de darrere al peu de davant. A mesura que passa el temps, aquests moviments es van automatitzant i fan única a cada persona. Es podria considerar aquest moviment com rítmic i cíclic, ja que aquestes seqüències d'activacions musculars es repeteixen en el temps a mesura que es van fent els passos<sup>33</sup>.

#### 3.1 PARÀMETRES DE LA MARXA

Analitzar la marxa amb la nostra vista és possible, ja que detectem qualsevol desviació d'una deambulació normal, però es fa difícil detectar les estratègies compensatòries i identificar l'origen. Existeixen mesures d'avaluació objectives i més analítiques mitjançant laboratoris biomecànics de la marxa, plataformes multicomponents de força i electromiografies. Una anàlisi de la marxa estàndard sol ser difícil d'interpretar quan es tracta d'alteracions del moviment com l'atetosi

o algunes atàxies, així com quan un pacient presenta fatiga. Un altre factor que influeix en l'anàlisi de la marxa i la decisió de tractament posterior, és el context psicosocial del pacient. Per tot això, els paràmetres per analitzar durant la marxa, no s'haurien de minimitzar en els paràmetres espaciotemporal i determinar quins paràmetres s'avaluaran en funció dels elements esmentats anteriorment així com la patologia del pacient. Per exemple, no es tindran en compte els mateixos paràmetres en una persona amb dany cerebral adquirit que una persona amb amputació d'un membre inferior<sup>34</sup>.

Actualment, els paràmetres de marxa més analitzats en pacients després d'un ictus solen ser la velocitat de la marxa i la distància recorreguda en canvi, la funcionalitat de la marxa (en anglès *walking ability*) i la seguretat en aquesta solen ser variables secundàries que no se solen tenir en compte en alguns estudis<sup>22</sup>. La velocitat de la marxa és un indicador en el procés de rehabilitació associada amb la deambulació comunitària i puntuacions més elevades en la qualitat de vida<sup>35</sup>. La cadència i la llargada del pas són dos paràmetres espaciotemporals que també s'analitzen amb freqüència en els estudis de la marxa, sobretot com a predictors de risc de caiguda<sup>22,36</sup>. En el cas de les hemiplegies després d'un ictus, també s'avalua la simetria del pas, detectant un increment del temps de la fase unipodal sobre el membre no afectat<sup>34</sup>. Altres paràmetres que s'estudien són la força muscular i el balanç articular de les articulacions de les extremitats inferiors. Després d'un ictus la tendència sol ser la pèrdua de força i del rang de moviment articular<sup>34</sup>.

## 3.2 L'EQUILIBRI

L'alteració en l'equilibri és un dels dèficits més comuns en les persones després d'un ictus i està relacionat amb alteracions en la marxa, caigudes, limitacions en les activitats i la qualitat de vida<sup>1,37,38</sup>. També es considera predictor per la integració de la funcionalitat de la marxa<sup>19</sup>.

Entenem per equilibri aquella postura on hi ha una correcta distribució de la massa corporal i permet l'estabilitat del cos en posició estàtica o en moviment<sup>19</sup>.



Un estudi recent indica que, aparentment, l'equilibri postural té una millora continua durant els primers tres mesos després d'un ictus, tant en el cas d'afectacions lleus com moderades. Així i tot, sembla que les persones que tenen seqüeles moderades després dels tres mesos tornen a tenir un empitjorament funcional en relació amb l'equilibri<sup>39</sup>. Quedaria per analitzar si està relacionat amb la manca de serveis de continuïtat de rehabilitació a partir d'aquest moment, o si està relacionat amb altres factors com la motivació, la dificultat en la reincorporació social, etc.

Els tractaments de fisioteràpia on es combina un entrenament funcional d'una tasca amb una intervenció musculoesquelètica i/o cardiopulmonar i sensorial semblen tenir els millors resultats immediats per millorar l'equilibri després d'un ictus<sup>19</sup>. Però si es comparen diferents teràpies de rehabilitació, no només la fisioteràpia, encara queda per descobrir quina teràpia és la més indicada per millorar l'equilibri d'un pacient després d'un ictus: realitat virtual, musicoteràpia, hipoteràpia, teràpia mirall, vibració corporal, medicina tradicional xinesa, exercici, entre molts d'altres<sup>18,20,37</sup>.

### 3.3 QUALITAT DE LA MARXA

Els paràmetres de la marxa es podrien considerar indicadors quantitius, però tractant-se d'éssers humans on la marxa principalment és un mitjà i no una finalitat (per arribar a agafar un objecte, per poder executar tasques en la vida diària, etc.) també s'han de tenir en compte indicadors qualitius. Tot i que alguns tractaments de rehabilitació demostren un efecte positiu immediat en els paràmetres, encara queda per estudiar l'impacte que tenen aquestes millores sobre la qualitat de vida i sobretot en la participació en comunitat de les persones que viuen amb seqüeles després d'un ictus<sup>40</sup>. A continuació, s'ha volgut fer èmfasi en dos indicadors qualitius: la funcionalitat de la marxa i, relacionada amb aquesta, l'ús de productes de suport per a la marxa.

---

### 3.3.1 FUNCIONALITAT DE LA MARXA

La funcionalitat de la marxa, en anglès *functional walking*, *functional ambulation* o *walking ability*, és la capacitat de caminar, amb ajuda de productes de suport per a la marxa o sense, de manera segura i suficient per poder dur a terme les activitats de mobilitat dins les activitats de la vida diària<sup>41</sup>. Seria com definir l'autonomia o, pel contrari, la dependència en la marxa com s'anomenaria amb el terme oficial MeSH de Pubmed® "mobility limitation" o "dependent ambulation".

Actualment, existeix una escala que valora la funcionalitat de la marxa: la Functional Ambulation Category (FAC). Es tracta d'un test que avalua el grau de deambulació en funció de la necessitat de suport que requereixi el pacient per part d'altres persones<sup>42</sup>.

Tenint en compte que la funcionalitat de la marxa engloba molts elements importants relacionats amb la vida quotidiana de les persones, sorgeix el dubte perquè la majoria d'estudis es limiten a valorar paràmetres de la marxa com la velocitat o la distància caminada, en comptes d'analitzar la utilitat o aplicabilitat de la marxa adquirida en les activitats de la vida diària i afavorir així més la independència funcional i autonomia<sup>22</sup>.

---

### 3.3.2 ÚS DE PRODUCTES DE SUPORT PER A LA MARXA

Encara que no sigui una variable molt estudiada, tots els estudis coincideixen amb l'afirmació que l'ús d'un producte de suport per a la marxa millora significativament la funcionalitat de la marxa, així com la percepció subjectiva d'aquesta per part del pacient<sup>43</sup>. L'ús dels productes de suport per a la marxa i les ortesis, en combinació amb altres teràpies de rehabilitació tenen efectes molt beneficiosos per la recuperació de la marxa i l'equilibri després d'un ictus<sup>18,19</sup>. Tot i la millora en la funcionalitat de la marxa, hi ha alguns autors com Tyson i Rogerson<sup>43</sup> que no van detectar diferències en la velocitat ni en la llargada del pas quan es feia ús dels productes de suport. També s'ha de tenir en compte que l'ús d'una crosseja o bastó empitjora la postura asimètrica que adopten els pacients hemiparètics i es reforça la tendència a fer un ús predominant d'un sol

costat<sup>30</sup>. Però finalment s'ha de valorar la part més humana de la persona, i sembla que les persones prefereixen fer ús de productes de suport per a la marxa i poder deambular de forma precoç, que endarrerir l'inici de la marxa per aconseguir deambular sense i amb millor qualitat del patró de marxa<sup>43</sup>.

## 4. MUSICOTERÀPIA

La música es podria descriure com la percepció musical d'unes vibracions o ones acústiques que requereixen emissor, mitjà i receptor que sàpiga interpretar la senyal<sup>44</sup>. L'any 2005 l'Associació Americana de Musicoteràpia (AMTA) va definir la musicoteràpia com l'ús clínic i basat en l'evidència de les intervencions musicals per aconseguir objectius individualitzats en un marc terapèutic amb un musicoterapeuta professional acreditat<sup>45</sup>. Però cal remarcar que les definicions varien depenent de l'enfocament o el model utilitzat dins la musicoteràpia i el professional que ho defineix.

Els efectes de la musicoteràpia en l'àmbit de la salut són, entre d'altres, la influència en les respostes fisiològiques com la pressió sanguínia, el ritme cardíac, la dilatació pupil·lar, la tolerància al dolor; la motivació per fer activitat física augmentant la mobilitat de les extremitats enfortint-les i estirant la musculatura, millorant l'amplitud de moviment i millorant la coordinació motora. En l'àrea psicològica disminueix l'ansietat i afavoreix la relaxació, proporciona un alleujament en el malestar (físic emocional o social). En l'esfera més cognitiva augmenta la capacitat d'atenció, centrant-se i dirigint el pensament del pacient cap a una activitat específicament orientada a la realitat; estimula la memòria a llarg i curt termini, així com augmenta la retenció de la informació. També millora l'àmbit social millorant la interacció, la comunicació i afavoreix l'interès per participar en activitats de la comunitat. La persona pot expressar-se d'una manera creativa mitjançant el moviment físic i activitats rítmiques i millorar l'autoestima. L'èxit terapèutic de la música no depèn dels coneixements musicals de l'usuari sinó de les adaptacions que fa el musicoterapeuta segons el nivell funcional i capacitats del pacient<sup>46-49</sup>. Està demostrat que les persones amb afectacions neurològiques també poden desenvolupar habilitats musicals, encara que tinguin limitacions físiques i cognitives; i participen activament en activitats musicals gràcies a les capacitats inherents que presenten. Les persones més apàtiques i reticents poden ser motivades mitjançant la música i així poder beneficiar la seva salut<sup>23,46,50-52</sup>.

## 4.1 ELEMENTS DE LA MÚSICA

Primer de tot, caldria definir què és el so. Des d'una basant física, es considera que és la percepció d'una ona mecànica longitudinal que es propaga de forma tridimensional mitjançant un medi elàstic<sup>44</sup>.

La freqüència d'aquesta ona longitudinal equival al **to** del so. Els tons greus corresponen a unes freqüències més baixes, en canvi, els tons més aguts corresponen a freqüències més altes. La representació gràfica de la composició freqüencial d'un so s'anomena "espectre". L'amplitud de l'ona equival a la **intensitat, potència o volum** del so. La percepció de la intensitat del so depèn de la freqüència, per exemple, un to agut que tingui la mateixa intensitat (amplitud d'ona) que un to greu, es percebrà millor el to agut (amb freqüència més elevada). A partir d'una intensitat determinada, en canvi, es perceben de la mateixa manera. Com a conseqüència, es recomana un volum de música elevat per poder diferenciar els sons aguts i greus. Quan parlem de **timbre** d'un so, ens referim al conjunt de freqüències que formen un so. El que ens permet distingir diferents instruments que toquen la mateixa nota és el timbre que tenen<sup>44</sup>.

Segons Jauset, un científic i divulgador del nostre país especialista en la música i les seves aplicacions, els tres elements principals de la música que podríem distingir són: el ritme, la melodia i l'harmonia<sup>44</sup>.

---

### 4.1.1 RITME O TEMPO

Els estímuls rítmics són els que aconseguen, per sobre de tot, millorar el rendiment corporal. El ritme pot alterar constants fisiològiques, indueix moviments corporals i estimula l'acció muscular com es pot observar en danses africanes. Els esquemes rítmics combinats amb una melodia poden ser una manera d'alleujar la fatiga física, augmentar l'activitat voluntària i incrementa l'extensió dels reflexes musculars<sup>53,54</sup>. El ritme està relacionat amb processos cerebrals més primitius que no requereixen memòria a llarg termini, sinó que es perceben directament des de la memòria de treball immediata<sup>33</sup>. Es podria considerar que el ritme i la polifonia són els dos pilars bàsics de la música. El ritme ofereix la simultaneïtat i seqüenciació dels elements musicals en una forma

estructurada i organitzada, basat en el llenguatge musical. És l'element que determina, assigna i construeix relacions temporals entre el processament dels esdeveniments perceptius. Com a element cíclic i periòdic, crea anticipació i predictibilitat<sup>33</sup>. La percepció del ritme no és un procés basat en l'acció sinó que un procés basat en un interval, on el pols marca l'interval musical. El pols estableix una anticipació i predictibilitat, el qual té molta influència sobre la regulació de processos temporals, no musicals, en la percepció, cognició i control motor<sup>33</sup>. *Beat* no és sinònim de pols. El *Beat* és un nombre dins d'una subdivisió mètrica del pols en el temps, en català es podria considerar les pulsacions. El tempo mai és regular i estable dins la repetició del pols. La mètrica serveix com a unitat uniforme i cíclica del temps que no tenen un inici ni final definit per elles mateixes<sup>33</sup>. L'accent musical és un altre element important dins del ritme i es crea mitjançant canvis en el volum, el timbre o la duració. Estableix una subdivisió mètrica en paràmetres temporals musicals com 3/4, 4/4, 5/8.<sup>33</sup>

Un programa de rehabilitació rítmica i basada en la música, podria contribuir de manera positiva en l'experiència dels supervivents d'ictus pel que fa a la funció motora, cognitiva, així com en la modulació emocional<sup>33,55</sup>.

Altres elements i aspectes musicals com la melodia, l'harmonia i el timbre també poden afectar la percepció del ritme i la mètrica. Els resultats actuals de la relació de tots els aspectes musicals en la percepció del ritme i la mètrica encara són escassos tenint en compte que ja existeixen estudis que avaluen les influències d'algun d'aquests elements en la percepció<sup>56</sup>.

---

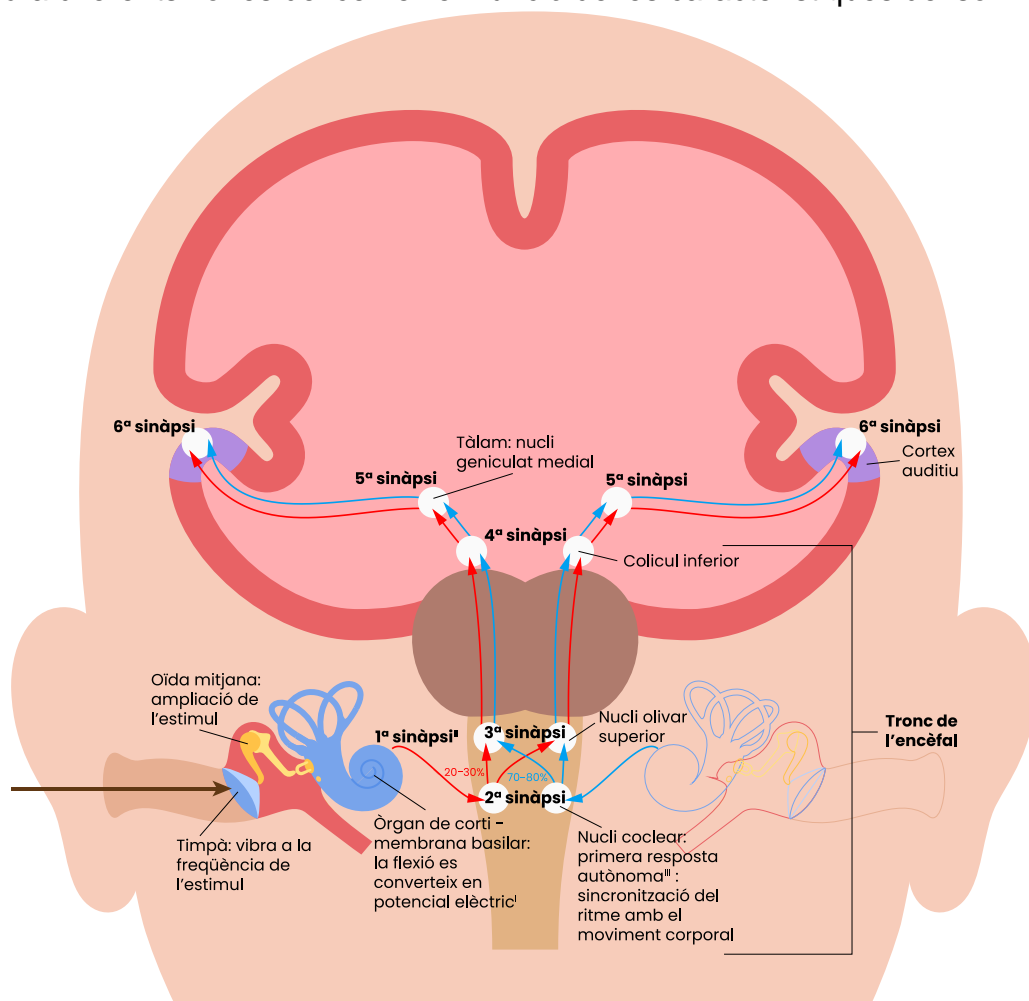
#### 4.1.2 MELODIA I HARMONIA

La **melodia** evoca emocions i records<sup>44</sup>. S'ha pogut observar que l'audició d'una melodia coherent afavoreix l'aparició d'una seqüència motora de manera més ràpida que escoltar una unió de sons sense sentit. Això vol dir que, estar exposat a una seqüència de tons durant un moviment, podria induir una codificació creuada específica d'una representació de seqüència de moviment<sup>57</sup>. En teràpia, la majoria de pacients dels estudis prefereixen caminar amb melodia que amb estímuls auditius<sup>58</sup>.

L'**harmonia** és la relació de les ones amb el timbre, el pic màxim de cada ona són freqüències derivades de l'ona bàsica. Es diu que l'harmonia aporta serenitat i pau<sup>44</sup>.

## 4.2 PROCESSAMENT MUSICAL

Quan parlem del processament de la música en el cervell, primer hem d'analitzar el com arriba i es transforma una ona longitudinal mecànica que es troba en l'aire que ens envolta en un corrent elèctric. L'esquema següent és un resum de com entra un so a l'oïda externa fins a finalitzar al còrtex auditiu primari, des d'on es repartirà a diferents zones del cervell en funció de les característiques del so.

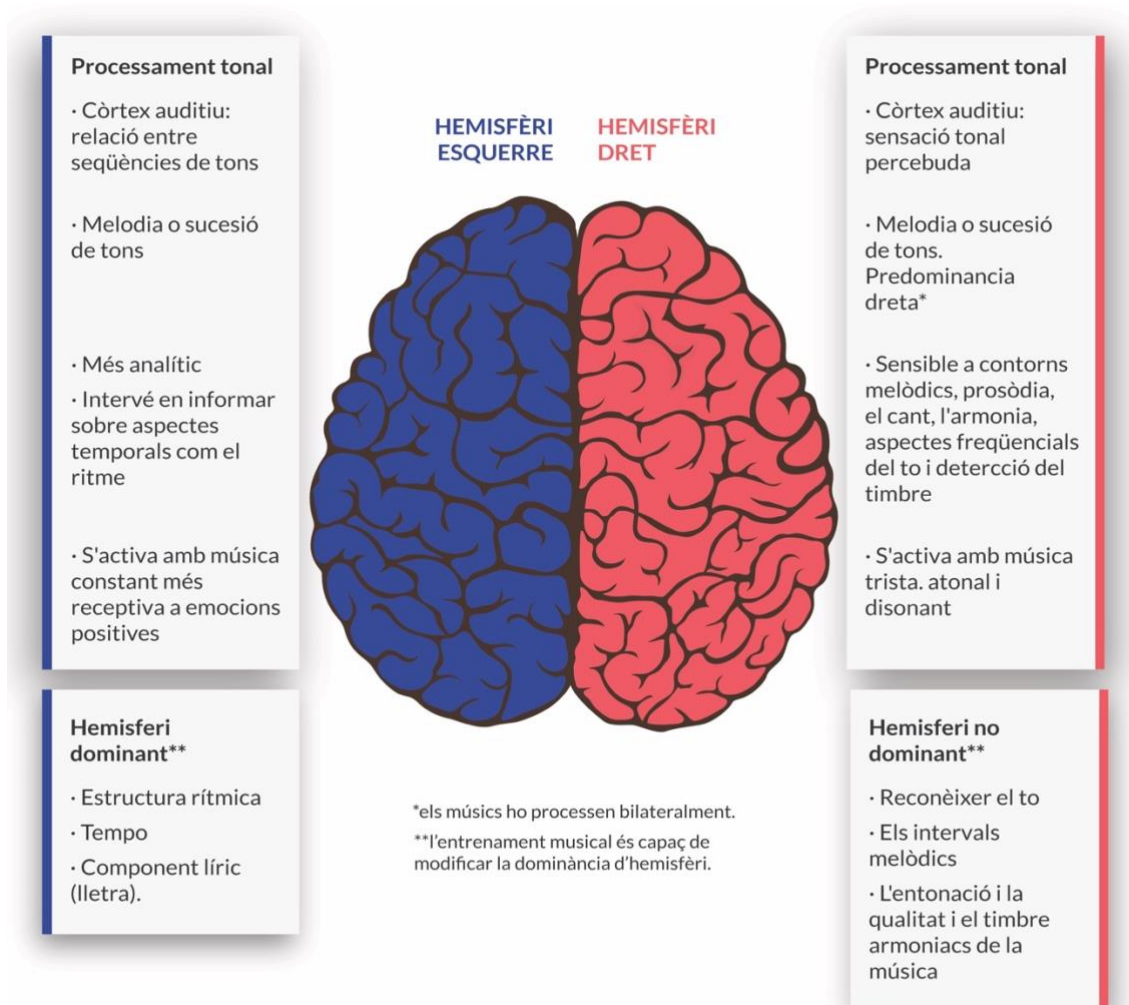


**Figura 3. Recorregut del so des de l'oïda fins al còrtex auditiu primari.** Elaboració pròpia. I: els tons aguts (+ Hz) mouen la zona de la base, els tons greus (-Hz) flexionen zona més amunt. II: 1a sinapsi entre l'òrgan de Corti i el nervi auditiu vestibular VIII par cranial. III: Segona resposta autònoma: sincronització amb el sistema respiratori. Tercera resposta autònoma: activació sistema atenció i memòria a través del sistema noradrenèrgic: se segrega serotonina per regular els impulsos automàtics des de l'escorça.

La base neuroanatòmica de la música depèn del processament de les subfuncions cerebrals<sup>33</sup>. Això vol dir que, recentment, segons les tècniques de diagnòstic per la imatge no hi ha una àrea cerebral concreta o específica per a la música sinó que, en funció dels elements de la música, hi intervenen diferents àrees cerebrals interconnectades. Regions importants que hi participen són l'àrea temporal superior (còrtex auditiu primari, secundari i terciari), així com parts dels lòbuls frontals i parietals, el sistema límbic i el cerebel<sup>48</sup>.

La percepció musical té en compte 2 processos diferents en funció de l'element musical, un temporal (rítmic) i un de tonal (melodia, harmonia) com veurem més analíticament en el següent punt. A continuació s'observa un resum d'aquesta percepció musical en funció de l'hemisferi cerebral, ja que els dos hemisferis reben la informació musical, però li donen un ús diferent<sup>44</sup>. Cal remarcar, però, que l'esquema és genèric i l'entrenament musical és capaç de modificar la dominància hemisfèrica<sup>17</sup>.

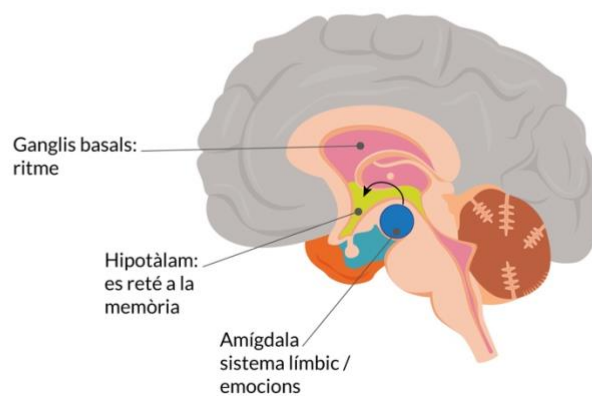
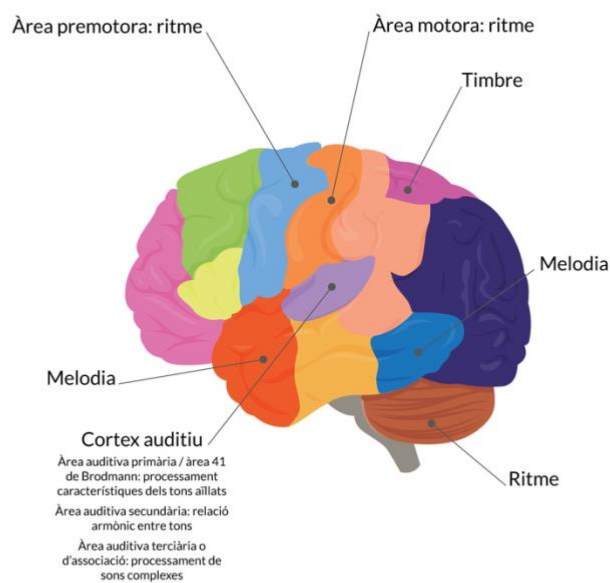
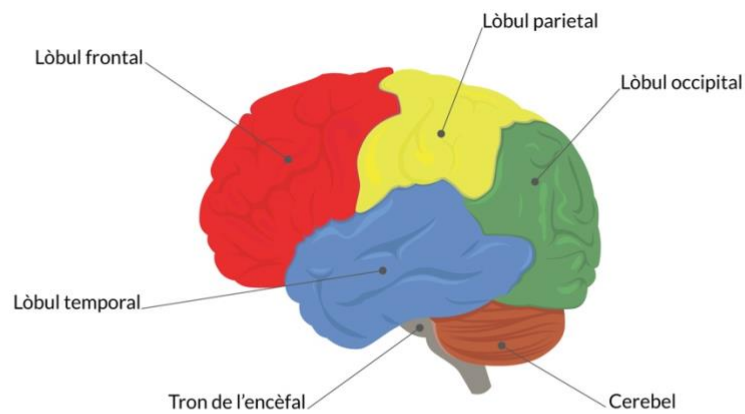




**Figura 4. Percepció musical segons hemisferi.** Elaboració pròpia a partir de Jauset<sup>44</sup> i Thaut<sup>33</sup>

#### 4.2.1. PROCESSAMENT DEL RITME

Les parts del cervell que participen en el processament del ritme són: el col·licle inferior, els ganglis basals (el cos estriat), fascicle arquejat temporal i el cerebel. El processament del ritme inclou una xarxa integrada per: àrea temporal (BA21, 22, 42), àrea prefrontal (BA9, 44, 45, 47), àrea motora (PMC i SMA) i àrea parietal inferior (BA40) i la seva connexió amb els ganglis basals i àrees cerebel·loses. El funcionament del ritme i la música en la zona temporal poden sobreposar-se i substituir els codis sensorials interns que falten.<sup>33</sup>



**Figura 5. Parts del SNC i processament de la música en aquestes.** 1a imatge: part del SNC. 2a imatge: Processament dels elements de la música en funció de l'àrea cerebral. 3a imatge: La música passa pels ganglis basals, connecta amb les emocions i el sistema límbic a l'amígdala i es reté a la memòria a través de l'hipotàlem.

Com hem explicat prèviament, hi ha una relació estreta entre l'activitat neuronal de l'àrea auditiva i l'escorça premotora durant el processament del ritme<sup>56</sup>. La velocitat de la marxa s'adapta de forma inconscient al ritme d'un metrònom, però un estudi de Forner-Cornero<sup>59</sup> va descobrir que la relació entre el contacte del peu i l'estímul auditiu mostraven un mínim error, el qual augmentava quan canviaven les pulsacions. Quan les pulsacions canviaven respecte a les inicials, el contacte del peu se solia avançar a l'estímul auditiu. Per això, van concloure que possiblement hi havia dos processos involucrats en l'arrossegament rítmic: 1) un oscil·lador supraespinal d'adaptació lenta que prediu el contacte del peu i 2) un procés ràpid que relaciona l'estímul sensitiu del contacte del peu amb el ritme auditiu.

La sincronització temporal busca una optimització del moviment, el qual Thaut amb el seu equip van estudiar mitjançant fórmules matemàtiques i descriuen en el seu llibre *Rhythm, Music and the Brain*<sup>33</sup>. Les fórmules, que no es descriuran en aquesta tesi, es basen en el temps d'inici de l'estímul i la duració, el temps d'inici de la resposta i la duració, l'error de sincronització i el període d'error. Existeix la hipòtesi que el sistema nerviós regula el moviment, entre d'altres, a partir de la minimització del pic absolut d'acceleració que obté el cervell analitzant la posició, la velocitat i l'acceleració en el moviment.

Com que el temps es processa de la mateixa manera que la sincronització temporal i la sincronització és essencial per moltes funcions perceptives i motores; per tal de poder processar el ritme dins de la música es necessiten altres àrees cerebrals que també analitzen els elements musicals com són el to i el timbre<sup>56</sup>.

Tot i que aquest apartat es diu processament de la música en el cervell, cal remarcar també la implicació de la medul·la espinal. Estudis recents demostren que la música modula l'activitat espinal, a nivell de la xarxa propioespinal (responsable per l'estabilitat de la marxa), essent un possible indicatiu que caminar amb un estímul rítmic ajuda a activar els automatismes locomotors. Els efectes de moment estudiants són immediats i cal veure l'efecte repetitiu per observar una plasticitat i integració de l'aprenentatge<sup>58</sup>.

### 4.3 MÚSICOTERÀPIA EN L'ICTUS

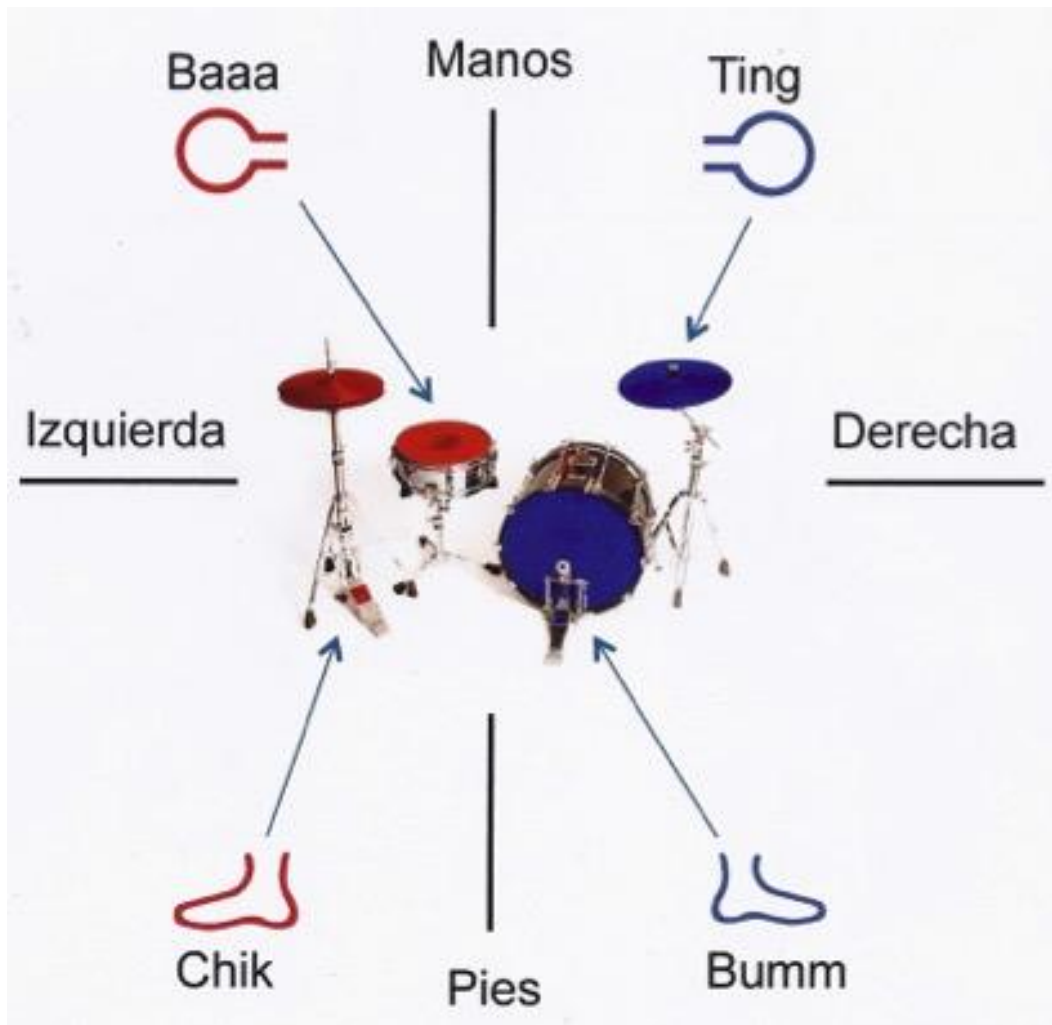
Les activitats musicals actives i passives han demostrat tenir efecte sobre el cervell i la persona després d'un ictus. En una revisió sistemàtica Cochrane, revisada l'any 2017, es feia un recull de diferents abordatges musicals que s'havien fet servir en diversos estudis en persones amb dany cerebral adquirit: musicoteràpia, audició musical en directe o gravada, estímul auditiu rítmic sense ús de música, creació de música amb instruments i eines electròniques, compondre cançons, vocalitzar amb música i moure's al ritme de la música<sup>23</sup>. Totes aquestes tècniques tenen els seus efectes: per exemple tocar un instrument després d'un ictus millora la funció motora de l'extremitat superior parètica i, a més, es poden objectivar canvis en l'excitabilitat del còrtex motor<sup>60</sup>. Però també s'han pogut observar canvis cerebrals estructurals durant l'audició passiva de peces musicals diàriament després d'un ictus<sup>61</sup>.

Fa 20 anys es va crear un paradigma nou dins de la musicoteràpia que pretenia trencar amb la dinàmica tradicional sociocultural de la musicoteràpia. De la necessitat de diferenciar entre els beneficis de l'ús terapèutic de la música i el paper complementari de la música en altres teràpies no musicals va sorgir el model R-SMM (Rational-Scientific Mediating Model o model mediador racional-científic). El Dr. Michael Thaut, va definir aquest model per analitzar l'aplicació musical en diferents fases per assegurar que un estímul musical en un cervell no musical pot generalitzar l'aprenentatge i aplicar el seu ús en un context terapèutic. Amb altres paraules, és el nexa entre la teoria i la posada en pràctica. En el marc d'aquests canvis d'aplicació de la musicoteràpia, es va desenvolupar la NMT (Neurologic Music Therapy o Musicoteràpia Neurològica)<sup>33</sup>.

La NMT és l'aplicació terapèutica de música en dèficits o alteracions cognitives, sensorials i motores de causa neurològica del sistema nerviós humà. Està basada en un model neurocientífic de percepció i predicció musical i la influència de la música sobre canvis conductuals i funcionals en cervells no musicals. Les tècniques de tractament estan basades en l'evidència i estandarditzades en terminologia i aplicació, podent-les adaptar a les necessitats funcionals dels pacients. Per tal de poder aplicar oficialment la NMT cal un certificat

d'entrenament on s'engloben diferents temàtiques des de la música, passant per l'anatomia/fisiologia i acabant per terminologia i aplicacions de rehabilitació de funcions cognitives, motores i de la parla<sup>33,62</sup>. L'aplicació d'aquest mètode pot modificar i millorar la conducta, el processament, les funcions executives i la percepció sensitiva-motora<sup>63</sup>. Pel tractament de les extremitats superiors de les hemiparèsies després d'un ictus s'està aplicant i investigant la teràpia amb suport musical (Music-supported Therapy-MST), on el pacient ha de tocar un teclat i/o bateria electrònica. Encara que hi hagi altres musicoterapeutes i mètodes que fan tocar un instrument, des de la NMT s'ha estandarditzat aquesta tècnica. Altres tècniques dins de la NMT que cada vegada s'investiguen més sobretot en l'extremitat superior després d'un ictus són l'execució terapèutica de l'instrument musical (Therapeutic Instrumental Music Performance - TIMP) i el realçament sensorial a través del seguiment de patrons (Patterned Sensory Enhancement - PSE). En el primer, torna a ser el pacient qui toca un instrument; en el segon és el terapeuta que toca l'instrument per tal de guiar mitjançant la música el moviment que ha de dur a terme el pacient<sup>64</sup>. L'última tècnica sensitiva-motora de la NMT i que s'explicarà més detalladament en el punt 4.5 és l'estimulació auditiva rítmica (Rhythmic Auditory Stimulation - RAS). És una tècnica de rehabilitació que inclou la presentació d'estímuls auditius rítmics en forma de pols isocrònic repetitius o música accentuada mètricament amb un metrònom de fons, per tal d'incitar moviments rítmics intrínsecs. El seu efecte en pacients amb ictus subagut i crònic ha mostrat millores sobre els paràmetres de la marxa: velocitat, llargada del pas, cadència i estabilitat postural<sup>64</sup>.

Com ja s'ha dit prèviament, existeixen diferents models dins de la Musicoteràpia, però hi ha un altre que se centra en l'ús del ritme des d'un abordatge multisensorial: el mètode Ronnie Gardiner (Ronnie Gardiner Method o Ronnie Gardiner Rhythm and Music). Es basa en els principis de neuroplasticitat enfocant la rehabilitació des de la motricitat, la cognició, la parla, la música i la diversió. El terapeuta projecta uns símbols que representen mans i/o peus, de color vermell per representar l'hemicòs esquerra i de color blau per l'hemicòs dret, amb el qual el pacient ha de fer un moviment i dir una paraula quan percep l'estímul auditiu<sup>65</sup>. Els moviments i paraules estan inspirats amb una bateria:



**Figura 6. Conceptes bàsics del mètode Ronnie Gardiner.** Bateria des d'on sorgeixen els moviments i els sons a emetre. Extret de la formació oficial del mètode Ronnie Gardiner<sup>65</sup>.

Primer es treballa amb el metrònom i posteriorment s'hi afegeixen cançons amb un ritme marcat. El tempo durant les sessions i la quantitat de símbols van incrementant en funció del nivell de dificultat. Cada vegada són més els estudis que demostren els beneficis a nivell motriu, cognitiu i qualitat de vida del mètode Ronnie Gardiner sobretot en persones amb malaltia de Parkinson i ictus crònic<sup>66-68</sup>.

#### 4.4 CERVELL MUSICAL EN L'ICTUS

Després d'un dany cerebral, hi sol haver més reorganització cerebral o neuroplasticitat. Les intervencions musicals semblen reforçar aquests canvis

neuroplàstics integrant millores en tasques i funcions no musicals com són la funció motora<sup>61,62</sup>.

Särkämö i companys han publicat diferents estudis on defensen que escoltar regularment música durant els 6 mesos després d'un ictus, pot reorganitzar l'estructura del cervell durant la recuperació. Les persones que escoltaven cada dia la seva música preferida, van mostrar un increment del volum de la massa grisa en les àrees frontolímbiques, contralateral a la lesió però també homolateral. Aquest increment estava relacionat directament amb la millora de les funcions cognitives i reducció dels estats d'ànims negatius que presentaven abans d'escoltar la música<sup>61,69</sup>.

Fer ús d'intervencions basades en la música ha resultat obtenir millores multimodals demostrant així la inducció de la plasticitat cerebral per part de la música. Com més multimodal és una intervenció, és a dir, com més esferes inclou (motriu, cognitiu, emocional, parla) més neuroplasticitat. Per això la importància de l'aplicació de les diferents tècniques de NMT o del mètode Ronnie Gardiner. Cal remarcar que les diferències entre cada persona tenen un paper important en la predicció de les millores neurològiques associades amb aquests mètodes<sup>70</sup>.

En un estudi de Ripollés<sup>71</sup> s'observaven els canvis estructurals cerebrals mitjançant ressonància magnètica funcional en un grup de persones sanes i un grup d'afectats per ictus després d'una intervenció amb música. Les persones sanes que escoltaven música, se'ls activava l'àrea motora suplementària i el gir precentral i postcentral contralateral al moviment, així com petites zones homolaterals del gir precentral. En canvi, en el grup d'ictus, s'activaven zones semblants però amb més activació bilateral en el gir precentral i postcentral. El grup de persones sanes no van mostrar diferències entre la primera i segona sessió per cap de les dues mans. Els ictus van mostrar una disminució de l'activitat en el gir precentral contralateral a la lesió, comparant la segona sessió amb la primera. Per tant, els autors afirmaven els canvis en l'activitat cerebral i un increment en la connectivitat entre les àrees auditiva i motora en persones amb ictus crònic<sup>71</sup>.



En una altra recerca que es va dur a terme per observar la neuroplasticitat induïda per la música després d'un ictus, van poder comprovar que les persones amb ictus obtenien una normalització de l'organització somatotròpica, una separació entre els dits en el mapa somatotròpic primari (ja que era un exercici amb el dit índex i el dit del mig), així com un increment en la sincronització amb les oscil·lacions gamma; semblant al que es podia observar en persones sense patologia neurològica<sup>72</sup>.

## 4.5 ESTIMULACIÓ AUDITIVA RÍTMICA EN L'ICTUS

### 4.5.1. RHYTHMIC AUDITORY STIMULATION - RAS

La *Rhythmic Auditory Stimulation* (traducció literal al català seria estimulació auditiva rítmica) és una tècnica de musicoteràpia neurològica (NMT) per millorar el control motor en rehabilitació i teràpia fent ús dels efectes fisiològics d'un estímul motor rítmic. Està descrita i contemplada com a abordatge oficial en rehabilitació segons la Guia de Pràctica Clínica en l'Abordatge de l'Ictus dels Estats Units i el Canadà des de l'any 2019<sup>73</sup>. El seu ús habitual és en la rehabilitació de la marxa quan hi ha alteracions d'aquesta després d'un ictus, un traumatisme cranioencefàlic, malaltia de Parkinson o altres causes<sup>33,62,64,74</sup>. L'ús d'una tècnica amb estímul o senyal auditiva rítmica, que difereix a la del protocol registrat, hauria de ser descrita com a *Rhythmic Auditory Cueing*<sup>24,75,76</sup>.

En relació amb l'estimulació auditiva rítmica, a la bibliografia existent sorgeix el terme anglès *entrainment*, que vol dir arrossegament, i és l'efecte que té l'estímul auditiu per arrossegar i activar una resposta motriu. L'efecte neurofisiològic del RAS s'aconsegueix mitjançant un efecte d'arrossegament rítmic on el ritme, com a agent temporal extern, estimula freqüències de moviment desitjades i reentrena funcions motores a partir de senyals anticipatòries de patrons funcionals de moviment<sup>77-80</sup>. Si es recorda el moviment cíclic o rítmic de la marxa explicat a l'apartat de la marxa (pàg 14), o de la contracció-relaxació muscular, podríem trobar la relació entre aquests i el ritme d'un estímul auditiu. Escoltant un metrònom, el ritme indueix a l'activació dels processos cíclics i rítmics de les



activacions musculars fent que així una persona sana comenci a caminar al ritme de l'estímul. Aquesta resposta seria l'anomenat *entrainment* o arrossegament<sup>33</sup>.

Una intervenció d'estimulació auditiva rítmica pot ser beneficiària per tal de millorar els paràmetres de la marxa postictus subagut i crònic: augment de la velocitat de la marxa, millora en l'amplada del pas amb el costat afectat, millora de l'índex de marxa dinàmica (Dynamic Gait Index), millora en la cadència i millora en l'equilibri estàtic. Mitjançant aquesta teràpia també s'evidencia una millora en la qualitat de vida en persones que han patit un ictus, segons valoració amb la Stroke Specific Quality of Life Scale<sup>23,81</sup>. En pacients amb hemiplegia, el reentrenament de la marxa mitjançant estimulació auditiva rítmica pot tenir beneficis sobre els aspectes temps-espai i cinestèsics: millora en el patró de marxa pel que fa a l'adducció de maluc, la flexió de genoll, la flexió dorsal i plantar de turmell, millora la simetria del pas bilateral i produeix una transició més fluida entre les fases del pas<sup>82-84</sup>. Altres estudis demostren com la postura en bipedestació pot ser modulada activament o espontàniament mitjançant un ritme auditiu extern, el qual es podria extrapolar en l'aprenentatge d'un moviment o rehabilitació<sup>85</sup>. Caminar també inclou el balanceig dels braços pel qual va bé que el RAS també millora la funció motora dels membres superiors. La flexió de tronc disminueix i, en canvi, millora la rotació de tronc quan el moviment del membre superior és cíclic, i no analític<sup>33</sup>. L'efecte del RAS sobre l'equilibri, en canvi, presenta contradiccions; els assajos clínics defensen millores significatives en els grups intervenció amb RAS<sup>69,78,86</sup> però les metaanàlisis i revisions sistemàtiques discrepen en la validesa, la qualitat dels estudis i l'aplicabilitat real per millorar l'equilibri<sup>87-89</sup>.

Tot i presentar una alteració en el mecanisme temporal o rítmic (*timing mechanism*) secundari a un ictus amb lesió en el cerebel, el tàlem, el centre pontí i/o la medul·la, sembla que el RAS s'ha mostrat efectiu en facilitar la predicció del ritme motor (*motor timing*) i el ritme de la marxa<sup>70</sup>. Estudis recents han pogut observar mitjançant neuroimatge interconnexions neuroanatòmiques durant el tractament amb RAS entre àrees cerebrals corticals i subcorticals distanciades entre elles com el cerebel, els ganglis basals, el tàlem, l'àrea motora

suplementària, el còrtex premotor i el còrtex auditiu; afirmant així la hipòtesi d'una activació multicèntrica cerebral davant d'un estímul auditiu rítmic<sup>87,90</sup>.

#### 4.5.2 MUSIC-BASED RHYTHMIC AUDITORY STIMULATION

Com indica el nom estimulació auditiva rítmica basada en la música, es tracta de proporcionar un estímul rítmic mitjançant l'ús de la música. El nom pot variar segons els autors i ser molt genèric: intervencions basades en la música, tècniques basades en la música, abordatges basats en la música, abordatge rítmic multimodal<sup>23,91,92</sup>. A diferència de l'estimulació auditiva rítmica (RAS) que té el seu nom i ús registrat, els abordatges basats en la música no estan protocol·litzats o estandarditzats<sup>64</sup>. Hi ha autors que prefereixen posar una part entre parèntesis: senyal auditiva rítmica (basada en la música), en anglès seria *(music-based) rhythmic auditory cueing*<sup>76,88</sup>. El que tenen en comú totes aquestes tècniques és l'ús de música (no només un so o metrònom), sigui en directe o pregravada, que contingui elements musicals com un pols marcat perquè estimulin el ritme i l'arrossegament motriu.

La tendència és cada vegada més fer ús de la música en les estimulacions auditives rítmiques ja que, d'una banda, la satisfacció sembla ser més elevada per part dels pacients amb ictus quan fan la tècnica amb música i, d'altra banda, autors com Magee<sup>23</sup> i Yoo<sup>24</sup> afirmen que una intervenció d'estimulació auditiva rítmica amb música després d'un ictus millora més la velocitat de la marxa i la cadència, comparat amb l'ús exclusiu d'un metrònom<sup>93</sup>.

També s'ha de tenir present el processament multicèntric cerebral en escoltar música, comparat amb un estímul rítmic auditiu, com s'ha explicat a l'apartat de processament de la música<sup>48</sup>. Finalment, recordar la importància d'un abordatge de múltiples àrees cerebrals per afavorir la neuroplasticitat<sup>70</sup>.

## **Justificació**

Les revisions sistemàtiques actuals defensen que la majoria d'estudis presenten un alt risc de biaix i, per tant, encara es necessiten més assajos clínics aleatoritzats amb grup control d'alta qualitat, per tal d'aplicar-ho a la pràctica clínica. Encara que molts assajos clínics hagin investigat l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica sobre els paràmetres de la marxa com la velocitat o la cadència, sobretot amb ictus en fases cròniques, l'any 2019 existia poca recerca sobre una estimulació auditiva rítmica amb música sobre la pròpia funcionalitat de la marxa en pacients amb un ictus recent de feia menys de 21 dies.<sup>24,94</sup> També la importància de la qualitat de la marxa referint-nos a la funcionalitat de la marxa més que els mateixos paràmetres han mostrat ser indicadors de qualitat i predictors de variables de salut en el retorn a la comunitat.<sup>41,95</sup> L'inici de la rehabilitació precoç és determinant en la recuperació de la funció i l'autonomia.<sup>96</sup> Per tant, d'aquí va sorgir la necessitat de crear un estudi pilot quasiexperimental en una unitat de neurorehabilitació aguda-subaguda, amb un grup control històric, amb la possibilitat més endavant de poder crear un assaig clínic aleatoritzat multicèntric en diferents unitats d'ictus aguts i subaguts. El qual no va ser possible a causa de les restriccions per la pandèmia amb Covid-19.

En finalitzar l'estudi, es van publicar els primers resultats obtinguts en relació amb la qualitat de la marxa. Observant els resultats i redactant la discussió, es van detectar contradiccions en l'evidència pel que feia l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica sobre a funcionalitat de l'equilibri o equilibri dinàmic. D'una part, alguns assajos clínics asseguren una millora en l'equilibri en els grups que feien estimulació auditiva rítmica,<sup>84,94</sup> per altra part, es trobaven metaanàlisis i revisions sistemàtiques en desacord amb les interpretacions, la qualitat i l'aplicabilitat dels estudis.<sup>20,37,88</sup> Per això, es va decidir analitzar de nou estadísticament les variables de mesures d'equilibri. Es va aprofitar per buscar possibles connexions entre millores de l'equilibri després d'una estimulació auditiva rítmica i les àrees cerebrals afectades de l'ictus.

Tot i el gran nombre de publicacions investigant l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica en pacients amb ictus i afirmant els beneficis, les revisions sistemàtiques existents conclouen que calen més assajos clínics de qualitat per tal d'aplicar-ho a la pràctica clínica.<sup>23,64,88,97</sup> Però les revisions obtingudes fins a l'actualitat no contemplaven la funcionalitat de la marxa o l'ús de productes de suport per a la marxa com a paràmetres de qualitat de la marxa, sinó que es centraven en els paràmetres d'espai i temps com velocitat, cadència, llarga del pas. Davant la dificultat de discutir uns resultats observats en el primer estudi que altres autors aparentment no havien tingut en compte, es va decidir realitzar una revisió sistemàtica sobre l'evidència científica existent de l'estimulació auditiva rítmica en la funcionalitat de la marxa després d'un ictus. La revisió tenia com a novetats recollir tota evidència existent de l'efecte d'una estimulació auditiva rítmica o una estimulació auditiva rítmica amb música sobre la funcionalitat de la marxa, la consideració de l'ús de productes de suport per a la marxa com a variable o complement en la intervenció i d'altres factors com són la zona i l'hemisferi afectat per l'ictus.

Els resultats dels objectius específics 1 i 2 estan relacionats amb els dos articles originals publicats sobre l'estudi, el tercer resultat corresponent al 3r objectiu específic mostra la revisió sistemàtica.



## CAPÍTOL 2. OBJECTIUS

## ***Hipòtesi general***

Les persones que han patit un ictus podran adquirir una velocitat de marxa més ràpida, longitud del pas simètrica i augment d'aquesta, millora de la funcionalitat de la marxa i millor equilibri mitjançant una rehabilitació complementada amb estimulació auditiva rítmica.

## ***Objectiu general***

L'objectiu general d'aquesta tesi va ser avaluar l'efecte d'una estimulació auditiva rítmica sobre la qualitat de la marxa i equilibri en persones amb ictus.

## ***Objectius específics***

1. Avaluar l'efecte d'una estimulació auditiva rítmica basada en la música en combinació amb fisioteràpia convencional sobre els paràmetres i la funcionalitat de la marxa en persones amb ictus subagut (21 dies des de l'ictus), i comparar-ho amb un tractament de fisioteràpia convencional.

Aquest objectiu específic queda desglossat en:

- 1.1. Observar la relació entre el temps d'estada en el centre i l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica sobre els paràmetres de la marxa i l'equilibri.
- 1.2. Determinar les diferències entre l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica versus l'efecte de la rehabilitació convencional, sobre els paràmetres de la marxa i l'equilibri.

- 1.3. Examinar la relació entre l'estat inicial del pacient a l'ingrés i l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica sobre els paràmetres de la marxa i l'equilibri.
2. Avaluar l'efecte d'una estimulació auditiva rítmica basada en la música sobre l'equilibri i la funció motora després d'un ictus tenint en compte les diferències en funció de l'hemisferi cerebral afectat, l'àrea cerebral i l'edat.
3. Revisar i sintetitzar l'evidència disponible sobre l'eficàcia de l'estimulació auditiva rítmica o l'estimulació auditiva rítmica amb música sobre la marxa funcional després d'un ictus. Aquest objectiu específic queda desglossat en:
  - 3.1. Relacionar l'ús de productes de suport per a la marxa en les valoracions o durant la intervenció.
  - 3.2. Estudiar si l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica i l'estimulació auditiva rítmica amb música varia en funció de l'àrea i hemisferi cerebral afectats.





## CAPÍTOL 3. METODOLOGIA

**1. Tipus d'estudi:** Estudi quasi-experimental amb grup control històric.

**2. Lloc de l'estudi:** Hospital Sociosanitari Mutuam Girona

**3. Període de l'estudi:** Entre abril 2019 i abril 2020

**4. Població de referència i criteris:** persones en fase subaguda postictus que manifestaven un trastorn de la marxa i/o de l'equilibri; entre 18 i 90 anys d'edat i que ingressaven a la Unitat Integrada de rehabilitació intensiva per a ictus i patologies neurològiques agudes de l'HSS Mutuam Girona durant el període d'estudi.

**Taula 1.** Criteris d'inclusió i exclusió dels participants

Criteris d'inclusió	Criteris d'exclusió	Criteris grup històric
<ul style="list-style-type: none"><li>• Haver patit ictus isquèmic i/o hemorràgic en les últimes tres setmanes i que no hi hagués previsió de trasllat a Centre I. Guttman.</li><li>• &gt;18 anys i &lt; 90 anys</li><li>• Estat funcional a l'ingrés: Rankin 3-4, Tinetti &lt;23</li><li>• Barthel previ a l'ictus &gt;85</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacitat de marxa autònoma en el moment de l'ingrés al centre.</li><li>• Afàsia global i/o mixta</li><li>• Persones que no volguessin participar en l'estudi.</li><li>• Estat de consciència disminuït (Glasgow &lt; 10 a l'ingrés)</li><li>• Afectació cognitiva moderada-severa: MEC &lt;24</li><li>• Ictus afectació territori arteria cerebral posterior</li><li>• Trastorn de la marxa i/o de l'equilibri presents abans de l'actual ictus: ictus previ amb aquests dèficits, síndrome Parkinsonià, malalties neurodegeneratives</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Haver patit un ictus isquèmic i/o hemorràgic durant les tres setmanes abans de l'ingrés al centre.</li><li>• Rankin 3-4 a l'ingrés</li><li>• Barthel previ a l'ictus &gt; 85</li><li>• &gt;18 anys i &lt; 90 anys</li><li>• Tinetti a l'ingrés &lt;23</li><li>• Persones que van ser alta a domicili en un període de màxim 60 dies.</li></ul>

## 5. Mostreig

Mostra per conveniència, es van incloure tots els subjectes que ingressaven en el centre, complien els criteris i acceptessin la participació. No es va rebutjar cap cas.

Durant l'interval d'un any s'estimava que, en referència els anys anteriors, ingressessin entre 90 i 100 persones a la unitat neurològica del centre, de les quals un 80% serien ictus.

Així doncs, prenent com a població de referència: 90 CI 95% Error 5% es va obtenir una grandària de mostra: N=74

## 6. Variables

Variable dependent: Efecte de l'estimulació auditiva rítmica, o no, sobre la qualitat de marxa i l'equilibri en persones amb ictus.

- a) Valor en el Tinetti a l'alta: variable quantitativa discreta
- b) Valor en el Mini Best Test a l'alta: variable quantitativa discreta
- c) Valor en el Timed Up&Go a l'alta: variable quantitativa discreta
- d) Valor en el FAC a l'alta: variable qualitativa ordinal
- e) Longitud del pas dret a l'alta: variable quantitativa discreta
- f) Cadència del pas a l'alta: variable quantitativa discreta
- g) Velocitat del pas a l'alta: variable quantitativa discreta

Variable independent:

1. VI relacionades amb els paràmetres demogràfics:
  - a) Sexe: variable qualitativa nominal
  - b) Edat: variable quantitativa discreta
  - c) Població (domicili): variable qualitativa nominal
2. VI segons el territori d'afectació vascular: Variable qualitativa nominal.
3. VI relacionades amb l'estat inicial del pacient a l'ingrés:
  - a) Valor en el Tinetti a l'ingrés: variable quantitativa discreta
  - b) Valor en el Mini Best Test a l'ingrés: variable quantitativa discreta
  - c) Valor en el Timed Up&Go a l'ingrés: variable quantitativa discreta
  - d) Valor en el FAC a l'ingrés: variable qualitativa ordinal
  - e) Longitud del pas dret a l'alta: variable quantitativa discreta

- f) Longitud del pas esquerra a l'alta: variable quantitativa discreta
  - g) Cadència del pas a l'alta: variable quantitativa discreta
4. VI relacionades amb el temps d'estada en el centre:
- a) Data d'ingrés: variable qualitativa temporal
  - b) Data d'alta: variable qualitativa temporal
  - c) Dies d'estada en el centre: variable quantitativa discreta

## 7. Instruments i tècniques

- Índex de Tinetti: L'escala d'equilibri de Tinetti consta de 9 ítems d'equilibri i 10 de marxa, amb una puntuació màxima de 28 punts. Avaluja l'equilibri en diferents postures i situacions, així com el patró de marxa. No existeix cap adaptació de l'escala en llengua castellana per a ictus a España. Per tant es farà ús de l'original de Tinetti del 1986<sup>98</sup>.

- Escala de valoració funcional de la marxa (FAC): Classificació segons el tipus de funcionalitat de la marxa: formada per 5 categories, des de la deambulació independent per exteriors fins a la no deambulació (o marxa no funcional)<sup>42</sup>.

- Timed Up&Go: La prova que en anglès vol dir "aixeca't i camina", cronometra el temps que tarda una persona en aixecar-se, caminar 3 metres, donar la volta, tornar a la cadira i asseure's. Si el temps emprès és superior a 20 segons, es considera que existeix risc de caiguda. L'original és de Podsiadlo i Richardson<sup>99</sup>.

- Mini Best Test: El Test Mini BESTest està format per 14 ítems abasta 4 de les 6 àrees que valora el BESTest original: reaccions postural anticipades, control postural reactiu, orientació sensorial, marxa dinàmica. La puntuació màxima és de 28 punts<sup>100</sup>. Del BESTest original, existeix recentment l'adaptació transcultural al castellà<sup>101</sup>.

- Motor Assessment Scale: el test avalua la funció motora mitjançant 8 ítems, 2 de mobilitat en el llit, tres de tasques funcionals de l'extremitat inferior (equilibri en sedestació, transferències de sedestació a bipedestació i caminar) y tres per a la funció del membre superior. Cada ítem conta de 0 a 6<sup>102,103</sup>.

- Modified Rankin Scale: És una escala de 7 nivells que va des de l'absència de símptomes fins a la mort, valorant la funcionalitat del pacient amb ictus. La

puntuació va des del 0 quan no hi ha símptomes, 1 representa lleus símptomes que no limiten les activitats de la vida diària, 2 lleu dependència on pot tenir autocura però no pot fer totes les activitats que feia amb anterioritat a l'ictus, 3 dependència moderada, necessita ajuda lleu per certes tasques però pot caminar amb autonomia, 4 dependència moderadament severa on el pacient no pot tenir autocura ni caminar de forma autònoma, 5 dependència severa precisa de cures i vigilància constant, 6 seria èxitus<sup>11</sup>.

- NIHSS o National Institutes of Health Stroke Scale és una escala de 15 ítems on es valora la severitat de l'ictus. Es va desenvolupar l'any 1989 i en la guia clínica de la Fundació Nacional d'Ictus és reconeguda com a eina vàlida per mesurar la severitat de l'ictus en les unitats de urgències. Inclou els dominis següents: nivell de consciència, moviment d'ulls, integritat dels camps visuals, moviments facials, força muscular d'extremitats superiors i inferiors, sensibilitat, coordinació, llenguatge, parla i negligència. Cada ítem es puntua en una escala ordinal de 0 a 2, 0 a 3, o 0 a 4, i la suma total va des de 0 a 42, representat major puntuació quan hi ha major seqüela<sup>9</sup>.

## **8. Procediment i recollida de dades**

Quan ingressava una persona que complia els criteris d'inclusió de l'estudi, se l'informava degudament sobre l'estudi i es donava per firmar el consentiment informat.

Avaluació inicial de la marxa i l'equilibri en el moment d'ingrés mitjançant l'índex de Tinetti i, si era capaç de fer marxa, també es realitzava el Timed Up&Go i el Mini Best Test; a més es valorava la qualitat de la marxa amb la FAC. Es va mesurar la longitud del pas amb una cinta mètrica per observar la simetria bilateral, es va cronometrar els segons que tardaven en fer 10 metres per valorar la velocitat, i es contaren els passos realitzats durant 1 minut per obtenir la cadència.

L'última valoració es va fer en el moment de l'alta del centre del pacient, també mitjançant les valoracions anteriors; entre 40 i 60 dies després d'ingrés.

Els subjectes, durant la seva estada en l'HSS Mutuam Girona, realitzaven diàriament 2 hores de rehabilitació convencional de dilluns a divendres i 1 hora

els dissabtes per millorar la marxa i l'equilibri; la qual complementaven amb l'estimulació auditiva rítmica 1 hora i 30 minuts, 3 dies a la setmana.

## 9. Intervenció

La persona s'integrava a les sessions grupals: 3 dies a la setmana. Sessió grupal <16 persones, amb estimulació auditiva rítmica que constava d'un inici amb un escalfament del cos global (15 minuts) seguint el ritme marcat pel metrònom; part central de la sessió (60 minuts) amb exercicis d'estimulació auditiva rítmica i música; i tancament de la sessió (15 minuts) ronda d'impressions i relaxació.

### - Escalfament corporal global:

Seguint el ritme amb el metrònom, entre 40 i 60 batecs per minut(bpm). Les persones que es podien mantenir de peu ho feien sense punt de suport, aquelles amb una hemiplegia més severa ho feien asseguts fins que es podien mantenir en bipedestació per ells mateixos.

- flexió-extensió i rotació cervical
- rotació d'espatlles
- rotació de tronc
- moviments pelvians
- dissociació de cintura escapular i pelviana
- flexió-extensió de genoll
- flexió-extensió de turmell

### - Part principal (60 minuts)

### - Part central:

Els dilluns i divendres, a la sala polivalent, es va treballar mitjançant el mètode multimodal Ronney Gardiner® - que està basat en els principis de la neuroplasticitat, aprenentatge motor i control postural amb l'ajuda de música amb pols marcat per aportar informació multisensorial (visual, auditiva, cinestèsia i tàctil) per tal d'estimular processos neurològics que depenen de l'experiència<sup>55,65,67</sup>. El terapeuta projectava a la paret uns símbols de mans i peus, vermell per representar el costat esquerra i blau per el costat dret del cos; cada símbol representa un moviment i està relacionat amb un so que s'ha de reproduir. Els pacients interpreten el símbol seguint el ritme, incrementant la

velocitat durant la sessió. El mètode Ronnie Gardiner™ té molts símbols, però en aquest estudi només es van fer servir 5 d'aquests (veure annex 8). Per identificar millor els dos hemicossos, els pacients tenien un gomet vermell sobre la mà dreta i un gomet blau sobre l'esquerra.

Peces musicals:

- Twinkle twinkle little star (68bpm)
- One love - Bob Marley (76bpm)
- No woman no cry - Bob Marley (78bpm)
- Lemon Tree - Fool's Garden (143bpm)
- Tea for two cha cha (instrumental) - Tommy Dorsey Orchestra (167bpm)

Els dimecres, a la sala de rehabilitació, es realitzava un entrenament de la marxa mitjançant el metrònom i melodia, segons el protocol RAS de Thaut<sup>33</sup>: marxa anterior, marxa militar, marxa lateral, marxa en tàndem, marxa posterior, deambular amb les puntes dels peus, deambular amb els talons; mitjançant una variació i increment progressiu de la velocitat del ritme (de 50bpm fins a 110 bpm). Els exercicis duraven 8 minuts, i després 2 minuts de repòs. Les persones que encara no caminaven practicaven el traspàs de pes en bipedestació agafats de les paral·leles o amb altres punts de suport (caminador).

Peces musicals:

- The lion sleeps tonight - The Tokens (68bpm/121bpm)
- Colonel Hathi's March, The Jungle Book - J. Pat Omalley (96bpm)
- Someone you loved - Lewis Capaldi (110)
- Yellow submarine - The Beatles (111bpm)
- Radetzky march from Johann Strauss - performed by Peter Guth and the Royal Philharmonic Orchestra (111bpm)
- Ayo Technology - Milow (128bpm)
- Old Town Road - Lil Nas X (136bpm)
- Je veux - Zaz (155)
- Lost on you - LP (174bpm)
- Qué vendrá - Zaz (176bpm)



- Tancament de la sessió:

Exercicis de relaxació i respiració profunda, estiraments corporals globals en sedestació o bipedestació i, per acabar, ronda d'impressions per conèixer l'estat d'ànim dels participants i la satisfacció amb la sessió.

Peces musicals:

- River flows in you - Yiruma
- Canon D minor - Pachelbel
- Enya - Only time
- Intermezzo from Cavalleria Rusticana - Pietro Mascagni

Intervenció del grup control històric:

El grup control va rebre rehabilitació convencional per treballar la marxa i l'equilibri, 2 hores al dia de dilluns a divendres i 1 hora els dissabtes: teràpia manual, exercicis propioceptius, dissociació de cintures, exercicis de control motor, tonificació muscular, reeducació del pas i treball de marxa per terrenys inestables.

## **10. Mitjans tècnics**

- Sales: Les intervencions dels dilluns i divendres es feien a la sala de rehabilitació d'uns 20 x 25 metres, en un costat hi havien cadires per fer l'escalfament i tancament de la sessió i a l'altre costat una zona sense obstacles per poder fer la part de caminar. Els dimecres es disposava d'un passadís de 10 x 2 metres amb barres als dos laterals.

- Metrònom: Metronome & Tuner TGI 99B

- LED projector: Manufacturer VPRAWLS, 1080p full HD, 1200 lúmens, contrast ratio 1000:1, pantalla horitzontal 50cm x 127cm.

- Altaveu: EasyAcc LX-839, 3W, 20Hz - 90Hz, amb Bluetooth i Micro SD.

Es va utilitzar una Micro SD amb peces musicals gravades i descarregades des de la plataforma <https://www.youtube.com>.

## **11. Consideracions ètiques**

El projecte de l'estudi va ser aprovat pel CEIm de la Fundació Unió Catalana d'Hospitals abans d'iniciar la investigació i recollir la mostra. L'assaig es va

registrar a ClinicalTrials.gov [NCT03974490] i la revisió sistemàtica va ser aprovada i registrada prèviament a PROSPERO [CRD42021277940].

La base de dades de la investigació es pot adquirir a Mendeley Data: <http://dx.doi.org/10.17632/dsngw3zsnz.1>

Durant el procés investigador es va complir amb les normes de Bona Pràctica Clínica, tal com es descriu en les Normes Tripartites Harmonitzades de la ICH per a Bona Pràctica Clínica i es va treballar d'acord amb la Declaració de Helsinki.

Tots els participants van firmar un consentiment informat on se'ls informava sobre els seus drets d'accés, rectificació, cancel·lació i oposició, de les seves dades personals posant-se en contacte amb l'investigador.

## **12. Anàlisi estadística**

Els valors obtinguts en les 3 valoracions de cada pacient van ser registrats amb el programa informàtic Microsoft Excel®, sense incloure dades identificatives del participants.

Les dades necessàries del grup control es van recollir d'un arxiu del qual disposava el servei de rehabilitació de l'HSS Mutuam Girona, posteriorment d'obtenir el consentiment dels usuaris.

Per portar a terme l'anàlisi estadística, s'ha emprat el programa informàtic SPSS versió 25.0 (IBM). En l'anàlisi descriptiu, les variables quantitatives s'han expressat amb la mitjana i la desviació estàndard o la mediana i el seu rang interquartil i les variables categòriques amb la freqüència absoluta i el seu percentatge.

S'ha realitzat una anàlisi bivariada Les variables contínues s'han comparat amb el test T-Student o U-Mann-Whitney en funció de la seva distribució de probabilitat i les variables categòriques amb el test de Chi-quadrat. També s'ha realitzat un model de regressió lineal múltiple per estudiar les variables directament associades a la variable de deambulació funcional (Functional Ambulation Category). S'ha considerat en totes les anàlisis p-valor significatiu  $p < 0.05$  amb un interval de confiança del 95%.



## CAPÍTOL 4. RESULTATS

### **Resultat 1 en relació amb l'objectiu específic 1**

***Efecte d'una estimulació auditiva rítmica basada en la música en combinació amb fisioteràpia convencional sobre els paràmetres i la funcionalitat de la marxa en persones amb ictus subagut versus l'efecte d'un tractament amb fisioteràpia convencional.***

De 168 persones amb ictus que van ingressar entre gener del 2018 i desembre del 2019, 114 van ser exclosos per no complir els criteris d'inclusió. Entre gener i desembre del 2018 es van incloure 27 persones en el grup control històric(a partir d'ara "grup control"); els 29 participants del grup intervenció es van reclutar entre l'abril i el desembre del 2019 (veure annex 10 el diagrama de flux). Un pacient va abandonar l'estudi després de ser derivat a l'Hospital Universitari Josep Trueta per una pneumònia, la qual no estava relacionada amb la intervenció d'estimulació auditiva rítmica amb música. No es van observar ni registrar efectes secundaris ni problemes de seguretat relacionats amb l'estimulació auditiva rítmica amb música. Els dos grups eren homogenis i no tenien diferències significatives a les variables en el moment d'ingrés com es pot observar en la taula descriptiva Taula 2.

**Taula 2.** Característiques dels participants

	Grup Control (n=27)	Grup RAS amb música (n=28)	p
<b>Edat (anys)</b>	62.2 ± 8.9	65.7 ± 12.7	0.246
<b>Gènere (n)</b>			
Masculí	19 (70.5)	16 (57.7)	0.335
Femení	8 (29.5)	12 (42.3)	
<b>Tipus d'ictus (n)</b>			
Hemorràgic	9 (33.3)	10 (35.7)	0.922
Isquèmic	18 (66.7)	18 (64.3)	
<b>Hemisferi afectat (n)</b>			
Dreta	20 (74.1)	18 (64.3)	0.491
Esquerra	7 (25.9)	10 (35.7)	
<b>Àrea afectada (n)</b>			
Ganglis Basals	6 (22.2)	7 (25)	0.453
ACM	7 (25.9)	6 (21.4)	
Vertebrobasilar	3 (11.1)	8 (28.5)	
Lacunar	5 (18.5)	4 (14.3)	
ACM + ACA	1 (3.7)	1 (3.6)	
Tàlam	1 (3.7)	1 (3.6)	
Cerebel	4 (14.9)	1 (3.6)	
<b>Factors de risc (n)</b>			
Hipertensió arterial	17 (63.0)	19 (67.9)	0.703
Diabetis Mellitus tipus 2	11 (40.7)	11 (39.3)	0.912
Dislipidèmia	9 (33.3)	12 (42.9)	0.467
Afectacions cardíaques	9 (33.3)	7 (25)	0.496
Obesitat	5 (18.5)	10 (35.7)	0.152
Hàbits tòxics			
Tabac	4 (14.8)	5 (17.9)	0.348
Alcohol	4 (14.8)	1 (3.6)	
Malalties de salut mental	3 (11.1)	4 (14.3)	0.724
<b>NIHSS (n)</b>			
Ingrés Hospital Josep Trueta	9.1 ± 5.3	8.9 ± 6.4	0.583
Median [IQR]	8 [5 - 13]	8 [3.3 - 11]	
<b>Dies des l'ictus (dies)</b>	10.07 ± 4.27	10.46 ± 4.09	0.600
Median [IQR]	9 [7 - 11]	10 [7 - 14]	
<b>Temps d'estada (dies)</b>			
Hospital sociosanitari Mutuam Girona	52.3 ± 24.9	45.7 ± 20.6	0.293
Median [IQR]	48 [36 - 73]	43.5 [26 - 62.2]	

Notes: Els valors de la taula es presenten com mitjana ± desviació estàndard o número (percentatge). ACM: Artèria cerebral mitjana; ACA: Artèria cerebral anterior; NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale; [RIQ] = Rang interquartil. Per les variables gènere, tipus d'ictus, hemisferi cerebral afectat, àrea afectada i factors de risc s'ha fet el test del Chi-quadrat. Les variables edat, NIHSS, dies des l'ictus i dies d'estada a l'hospital s'han analitzat amb el test U de Mann-Whitney.

a) Els participants del grup de l'estimulació auditiva rítmica amb música van fer entre 3 i 34 sessions d'intervenció, depenent dels dies d'estada. Només una persona va fer 3 sessions, perquè va demanar l'alta voluntària després de 10 dies d'ingrés. Si s'exclou aquest pacient, s'obté una mitjana de 14.22 ± 7.98 (mitjana ± SD) sessions. No es van detectar ni evidenciar efectes adversos

durant l'estudi. El temps d'estada en el centre i l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica sobre els paràmetres de la marxa i l'equilibri no han mostrat cap correlació, tampoc s'han pogut observar diferències significatives entre els dies d'estada del grup control  $52.3 \pm 24.9$  i el grup intervenció  $45.7 \pm 20.6$  ( $p > 0.05$ ).

b) Tot i millorar considerablement totes les variables en el grup intervenció, no es va detectar diferències significatives entre el grup d'estimulació auditiva rítmica amb música i el grup de fisioteràpia convencional quan es comparaven les millores en els paràmetres de la marxa, el risc de caiguda, el control de tronc, la independència funcional, i la independència en les activitats de la vida diària.

**Taula 3.** Puntuació estat funcional i neurològic a l'ingrés i a l'alta

Variable	Ingrés			Alta		
	Grup control (n=27)	Grup RAS amb música (n=28)	p	Grup control (n=27)	Grup RAS amb música (n=28)	p
<b>Tinetti</b> (punt.màx.=28)	9.8 ± 7.5 9 [3 - 16]	8.3 ± 6.8 8 [1 - 14]	0.389	24.1 ± 4.3 26 [21 - 27]	23.1 ± 5.8 24.5 [22 - 27]	0.593
<b>Timed Up and Go</b> (segons)	16.5 ± 4.8 16.4 [12.7 - 20.4]	20.5 ± 11.9 17.1 [13.6 - 24.3]	0.790	12.6 ± 10.8 10.4 [6.6 - 13.4]	14.0 ± 6.1 12.4 [10.1 - 16.0]	0.058
<b>Velocitat marxa</b> (metres per segon)	0.1 ± 0.2 0.0 [0]	0.1 ± 0.2 0.0 [0]	0.314	0.5 ± 0.2 0.5 [0.3 - 0.6]	0.6 ± 0.3 0.6 [0.4 - 0.9]	0.314
<b>FAC</b> (punt.màx.=6)	1.2 ± 0.6 1 [1 - 1]	0.4 ± 0.7 0 [0 - 0.7]	0.142	3.7 ± 1.2 4 [3 - 5]	3.8 ± 1.1 4 [3 - 4]	0.696
<b>FIM</b> (punt.màx.=126)	87.9 ± 17.2 86 [78 - 97]	85.5 ± 19.6 88 [72.7 - 98]	0.990	119 ± 9.2 122 [120 - 124]	120.0 ± 6.9 121 [120 - 124]	0.638
<b>NIHSS#</b> (punt.màx.=42)	5.1 ± 3.0 4 [3 - 7]	5.6 ± 3.5 5 [3 - 8]	0.622	1.6 ± 1.8 1 [0 - 2.5]	0.7 ± 2.2 2.5 [1 - 3]	0.036
<b>Barthel</b> (punt.màx.=100)	42.2 ± 14.7 45 [30 - 55]	48.1 ± 21.7 45 [35 - 63.7]	0.254	92.6 ± 10.3 95 [90 - 100]	91.1 ± 13.7 92.5 [90 - 100]	0.646

Notes: Els valors de la taula es presenten com mitjana ± desviació estàndard, o mediana [rang interquartil]. FAC: puntuació Functional Ambulation Category; FIM: puntuació Functional Independence Measure; NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale; punt.màx.: puntuació màxima possible d'un test o escala.

Comparat amb el grup de fisioteràpia convencional, les persones que van rebre una intervenció amb estimulació auditiva rítmica amb música en combinació amb fisioteràpia convencional tenien millores significatives ( $p=0.002$ ) pel que feia la

funcionalitat de la marxa mesurada amb la Functional Ambulation Category ( $\Delta$ mitjana  $\pm$  desv.est.; grup intervenció  $3.43 \pm 1.17$ ; grup control  $2.48 \pm 1.09$ ).

La majoria dels pacients dels dos grups no podien caminar en el moment de l'ingrés a l'hospital; per tant la velocitat mitjana de la marxa era de 0 m/s. En el moment de l'alta hospitalària, en el grup control la velocitat variava de 0 m/s a 1.07 m/s i en el grup intervenció de 0 m/s a 1.30 m/s. Vint-i-cinc subjectes (92.6%) del grup control i 28 (100%) del grup d'estimulació auditiva rítmica amb música no podien deambular a l'inici de la intervenció segons la Functional Ambulation Category. A l'alta, en el grup control 8 (20.6%) participants podien caminar amb supervisió, 9 (33.3%) podien caminar per interiors, i 7 (25.9%) podien deambular per exteriors de forma autònoma; en el grup d'estimulació auditiva rítmica amb música 6 persones (21.4%) podien caminar amb supervisió, 15 (53.5%) caminar per interiors i 5 (17.9%) deambular per exteriors de forma autònoma. També en relació a la funcionalitat de la marxa, pel que fa l'ús de productes de suport per a la marxa, a l'ingrés hi havien 23 (85.2%) persones en el grup control i 26 (92.9%) persones en el grup d'estimulació auditiva rítmica amb música que necessitaven cadira de rodes. A l'alta, 17 (63%) participants del grup control i 23 (82.1%) del grup d'estimulació auditiva rítmica amb música podien caminar sense cap tipus de producte de suport, tot i que cal remarcar que no hi havia diferència significativa entre els dos grups ( $p > 0.05$ ).

El test U de Mann–Whitney també va mostrar diferències significatives entre els dos grups pel que feia l'escala de Rankin modificada, a l'ingrés ( $p = 0.000$ ) i a l'alta ( $p = 0.001$ ). A l'ingrés, 23 participants (85.2%) del grup control estaven a la categoria 3 (discapacitat moderadament severa) de l'escala Rankin modificada, i en el grup d'estimulació auditiva rítmica amb música hi havia 15 (53.6%)



participants a la categoria 3 i 12 (42.9%) a la categoria 2 (discapacitat moderada). A l'alta hospitalària, les persones del grup control es trobaven entre les categories 1 ( $n = 17$ ; 63%) i 2 ( $n = 9$ ; 33.3%), comparat amb el grup d'estimulació auditiva rítmica amb música on 27 participants (96.4%) milloraren fins a assolir la categoria 1 - discapacitat lleu o no significativa (test del Xi-quadrat;  $p=0.004$ ).

**Taula 4.** Mitjanes dels canvis entre ingrés i alta

Variable	Grup control ( $n=27$ )	Grup RAS amb música ( $n=28$ )	$p$
<b>Tinetti</b>	14.30 $\pm$ 6.71 15 [8 - 20]	14.71 $\pm$ 7.37 14 [8.5 - 20.75]	0.840
<b>Velocitat (m/s)</b>	0.36 $\pm$ 0.19	0.53 $\pm$ 0.26	0.621
<b>FAC</b>	2.48 $\pm$ 1.09 3 [2 - 3]	3.43 $\pm$ 1.17 3.5 [3 - 4]	0.002*
<b>FIM</b>	31.07 $\pm$ 17.58 33 [22 - 43]	34.57 $\pm$ 16.70 35 [23 - 44.5]	0.544
<b>Índex de Barthel</b>	50.37 $\pm$ 13.65 50 [45 - 60]	44.29 $\pm$ 20.98 47.5 [31.25 - 55]	0.326

Notes: Els valors de la taula es presenten com mitjana  $\pm$  desviació estàndard, o mediana [rang interquartil]. m/s: metres per segon; FAC: puntuació Functional Ambulation Category; FIM: puntuació Functional Independence Measure.

c) Fent una regressió lineal múltiple per detectar factors associat a la millora significativa de la Functional Ambulation Category entre alta i ingrés, es va detectar que l'estat d'afectació o gravetat inicial, segons el NIHSS, tenia una correlació important de cares els resultats a l'alta ( $\beta = -0.136$ ;  $p=0.005$ ) del grup d'intervenció.

## Resultat 2 en relació amb l'objectiu específic 2

**Efecte d'una estimulació auditiva rítmica basada en la música sobre l'equilibri i la funció motora després d'un ictus tenint en compte les diferències en funció de l'hemisferi cerebral afectat, l'àrea cerebral i l'edat.**

Les 28 persones amb ictus que formaven part del grup d'estimulació auditiva rítmica amb música de l'estudi van ser sotmesos a un segon anàlisi. Tots els participants varen millorar significativament les variables d'equilibri i funció motora quan es comparava l'alta amb l'ingrés (Taula 5).

**Taula 5.** Puntuació a l'ingrés i a l'alta pel Mini Best Test, el Motor Assessment Scale i el test de Tinetti segons edat, tipus d'ictus, àrea afectada, hemisferi afectat i grau d'afectació motora

Variables	Mini Best Test			Motor Assessment Scale			Tinetti		
	Ingrés	Alta	p	Ingrés	Alta	p	Ingrés	Alta	p
<b>Edat</b>									
<60 anys (n = 6)	5.6 (6.1) 2.5 [1.5–13.2]	20.6 (5.6) 21.0 [21.7–28]	0.027	23 (19.5) 26.0 [0–42.5]	39.6 (8.9) 41.0 [30.5–48]	0.028	8.8 (8.2) 8.5 [0–17]	25 (3) 25.5 [21.7–28]	0.027
≥60 anys (n = 22)	4.1 (6.3) 2 [0–7]	16.5 (5.8) 17.5 [13.7–21]	<0.00 1	24.1 (16.4) 30 [10–39]	41.9 (9.9) 46 [37.5–47]	<0.00 1	8.22 (6.5) 8 [1–14]	21.6 (7.6) 24 [20–26]	<0.00 1
<b>Tipus d'ictus</b>									
Hemorràgic (n = 10)	6.5 (8.6) 2.5 [0–14.5]	19.8 (4.8) 10 [15.5–24.2]	0.008	20.6 (17.5) 19 [0–35.2]	39.8 (9.9) 46 [28.7–48]	0.008	9.6 (9) 9 [0–20]	25.1 (3.6) 26 [23.2–28]	0.005
Isquèmic (n = 18)	3.4 (4.3) 2 [0–7]	16.1 (6.2) 16.5 [12.7–21]	<0.00 1	25.6 (16.5) 31 [10–40]	41.2 (9.6) 46 [37.7–47]	<0.00 1	7.6 (5.3) 8 [1–13]	20.8 (7.9) 24 [20–26]	<0.00 1
<b>Àrea afectada</b>									
Ganglis basals (n = 7)	5 (8.9) 2 [0–3]	19 (3.6) 19 [16–22]	0.028	18.7 (16.9) 16 [0–30]	38.2 (11) 46 [28–48]	0.027	7.8 (8) 8 [0–16]	24.8 (3.8) 25 [24–28]	0.018
ACM (n = 6)	6.8 (5.1) 9 [2–11.7]	20.5 (5.1) 19.5 [16.2–25.7]	0.028	25.2 (16) 33 [7.5–40.5]	44.1 (6.5) 47 [41.5–47.2]	0.028	12 (4.5) 9 [7–14.7]	21.8 (9.4) 25.5 [19.2–27.2]	0.028
Vertebrobasilar (n = 8)	3.1 (4.6) 1 [0–3]	15.5 (4.79) 16 [12.2–21.7]	0.012	38.5 [29.5–42.2] 33 (14.3)	46 [44.2–47.7] 45.3 (2,6)	0.011	3.5 [0–12.2] 6.2 (5.7)	23.5 [18.2–27.5] 22 (5.6)	0.012
Lacunar (n = 4)	5.5 (7.5) 3 [0–13.5]	18.2 (4.35) 17.5 [14.5–22.7]	0.068	30.2 (12) 33.5 [18–39.2]	42.5 (8.3) 46.5 [34–47]	0.144	0.5 [0–10.7] 13 (6.2)	22.5 [20.2–26.2] 24.7 (2.5)	0.068
Altres àrees* (n = 3)	0 0	6.3 (6.5) 6 [0–0]	0.180	0 0	24.6 (10) 10 [15]	0.109	12.3 (7.5) 8 [8]	25 (5.1) 28 [19]	0.109
<b>Hemisferi afectat</b>									
Dret (n = 18)	4.7 (6.7) 2 [0–8]	17.6 (7) 19 [13.7–22.2]	<0.00 1	23.6 (18.1) 30 [0–41]	41.2 (10.4) 46.5 [37.7–47.2]	<0.00 0	8 (6.8) 7 [0–14]	21.8 (8.3) 25 [22–27]	<0.00 1
Esquerre (n = 10)	4 (5.3) 2.5 [0–5]	17.1 (3.6) 17 [13.7–19.2]	0.005	24.3 (14.9) 29.5 [11.2–35.5]	39.8 (8.3) 44.5 [29.7–46.2]	0.007	9 (6.9) 9 [1–14.5]	23.2 (3.5) 24 [20.5–25.7]	0.005

Grau d'afectació motora									
Hemiparèsia (n = 17)	5.9 (7.3) 21 [14.5–23.5]	19.4 (5) 21 [14.5–23.5]	<0.00 1	30.2 (16.2) 38 [22.5–41.5]	44.4 (4.8) 46 [44–47.5]	<0.00 1	9.2 (7.4) 8 [0.5–14]	24.2 (4.6) 26 [21.5–28]	<0.00 1
Hemiplegia (n = 11)	2.5 (3.4) 2 [0–3]	14.2 (6.1) 16 [14–19]	0.180	14.5 (14.1) 13 [0–30]	34.9 (12.3) 30 [24–47]	0.109	7.1 (6) 7 [1–13]	21.3 (7.1) 24 [22–25]	0.109

*Les variables contínues estan descrites com mitjana (desviació estàndard) i mediana [rang interquartil]. S'ha fet servir el test no paramètric de Wilcoxon per comparar les puntuacions a l'ingrés i a l'alta per el Mini Best Test, el Motor Assessment Scale i el test de Tinetti. ACM: Artèria cerebral mitjana; ACA: arteria cerebral anterior. \*Altres àrees: Es van reagrupar els afectats de l'arteria cerebral anterior, l'arteria cerebral anterior alhora amb arteria cerebral mitjana i al tàlem, perquè només hi havia un pacient a cada grup.*

En fer un subanàlisi dels pacients en funció de l'àrea afectada i el grau d'afectació motora s'han observat diferències intragrupals; en canvi, reagrupant les variables tipus d'ictus, hemisferi afectat i edat no s'ha detectat una relació directa entre aquestes i el grau d'efecte o millora.

Els pacients amb afectació en els ganglis basals, a l'àrea cerebral mitja o l'àrea vertebrobasilar milloraren més la puntuació del Mini Best Test, el Motor Assessment Scale i el test de Tinetti comparat amb aquells que tenien afectació a l'àrea cerebral anterior o en el tàlem.

Es va observar que els pacients menors de 60 anys van millorar de la mateixa manera que el grup de 60 o més anys quan es comparaven les diferències entre l'ingrés i l'alta del Mini Best Test (els menors de 60 anys la mitjana de diferència era de 17.33 versus 13.73 dels de  $\geq 60$  anys;  $p=0.340$ ). En el Motor Assessment Scale tampoc hi havia diferències entre edat (13.33 el grup de  $<60$  anys i 14.82 el grup  $\geq 60$  anys;  $p=0.694$ ). Els dos grups també van coincidir amb la millora en el test de Tinetti.

El subanàlisi no va detectar diferències en cap dels tres tests, quan es comparava ingrés i alta, depenent de si l'hemisferi afectat era el dret o l'esquerre (Mini Best Test,  $p=0.847$ ; Motor Assessment Scale,  $p=0.943$ ; Tinetti Test,  $p=0.962$ ).

Aquelles persones que presentaven una hemiplegia amb una funció motora pràcticament nul·la, en el moment de l'alta no varen tenir una millora significativa; en canvi, les persones que tenien un lleu dèficit sensitiu-motor en forma d'hemiparèsia, si que milloraren considerablement la puntuació dels tres testos avaluats.

### **Resultat 3 en relació amb l'objectiu específic 3**

#### ***Efectivitat de l'estimulació auditiva rítmica o l'estimulació auditiva rítmica amb música sobre la marxa funcional després d'un ictus, l'ús de productes de suport per a la marxa i relació amb l'hemisferi i àrea cerebral afectats.***

Es va fer una revisió sistemàtica en els buscadors Pubmed, PEDro, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Web of Science, Scopus i CINAHL. S'hi inclouen assajos clínics aleatoritzats des del gener 2012 al novembre 2023, així com estudis quasi-experimentals, que estudiaven l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica sobre la funcionalitat de la marxa i l'ús de productes de suport per a la marxa en pacients post-ictus. El protocol de l'estudi va ser registrat a PROSPERO (Prospective International Register of Systematic Reviews; número de registre CRD42021277940), i es va dur a terme seguint la guia Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis Protocols (PRISMA-P) 2015.

L'evidència actual sobre els efectes d'una estimulació auditiva rítmica i una estimulació auditiva rítmica amb música en pacients amb ictus és àmplia i heterogènia. A la revisió s'hi van incloure 21 articles (948 pacients amb ictus), la majoria dels quals tenien una bona qualitat metodològica segons l'escala de PEDro, però un alt risc de biaix d'acord amb l'eina de càlcul de risc de biaix de la Cochrane Collaboration. D'aquests 21 estudis, 15 eren assajos clínics aleatoritzats, un assaig no aleatoritzat i cinc quasi-experimentals (pre-post intervenció). Degut a l'heterogeneïtat de les dades i la manca de informació sobre les variables principals, no es va poder dur a terme un meta-anàlisi.

El número de mostra dels estudis variava entre 10 a 123 participants diagnosticats d'ictus. Es detalla tota la informació de les característiques dels subjectes dels 21 estudis a la taula següent:

**Taula 6.** Característiques dels participants de tots els estudis

Estudi	n RAS / control	Tipus ictus H : Isq RAS / control (/control)	Hemisferi Dret/Esquerre (àrea vascular)	Fase de l'ictus	Temps des de l'ictus (mesos) RAS/control	Lloc
Ahmed et al. 2023 <sup>104</sup>	30 15 / 15	No especificat	No especificat	Crònic	15.83 ± 3.90 / 16.66 ± 4.44	Rehabilitació ambulatoria
Bunketorp- Käll et al. 2017 <sup>105</sup>	123 41 / 41 / 41	9 : 32 / 13 : 28 / 14 : 27	58 / 64	Crònic	32.33 ± 14.10 / 36.54 ± 14.63 / 36.73 ± 19.20	Rehabilitació ambulatoria
Bunketorp- Käll et al. 2019 <sup>106</sup>	123	9 : 32 / 13 : 28 / 14 : 27	58 / 64	Crònic	32.33 ± 14.10 / 36.54 ± 14.63 / 36.73 ± 19.20	Rehabilitació ambulatoria
Cha Y. et al. 2014 <sup>107</sup>	41 / 0	0 : 41	22 / 19	Crònic	8.68 ± 2.35	Rehabilitació ambulatoria
Cha Y. et al. 2014 <sup>108</sup>	20 10 / 10	0 : 10 / 0 : 10	2 / 18	Crònic	14.5 ± 5.5 / 14.7 ± 5.4	Rehabilitació ambulatoria
Cho et al. 2020 <sup>109</sup>	30 15 / 15	8 : 7 / 6 : 9	18 / 12	Crònic	30.33 ± 7.69 / 26.13 ± 6.58	Rehabilitació ambulatoria
Choi et al. 2021 <sup>110</sup>	16 8 / 8	No especificat	No especificat	No especificat	No especificat	Rehabilitació hospitalària
Collimore et al. 2023 <sup>111</sup>	10 / 0	No especificat	6 / 4	Crònic	> 6 mesos	No especificat
Chouhan et al. 2012 <sup>112</sup>	45 15 / 15 / 15	No especificat	45 MCA	No especificat	No especificat	Rehabilitació hospitalària
Elsner et al. 2019 <sup>113</sup>	12 6 / 6	0 : 6 / 0 : 6	12 / 0	Crònic	34.7 ± 20.1 / 99.2 ± 88.5	Rehabilitació ambulatoria
Gonzalez- Hoelling et al. 2021 <sup>114</sup>	55 28 / 27	9 : 17 / 9 : 19	37 / 16 12 Ganglis basals 13 ACM 10 Vertebrobasilar 9 Lacunar 5 Cerebel 1 ACM + ACA 1 Tàlem	Subagut	0,34 ± 0,13 / 0,33 ± 0,12	Rehabilitació hospitalària
Hutchinson et al. 2020 <sup>115</sup>	11 11 / 0	No especificat	6 / 5	Crònic	> 6 months	No especificat
Kim et al. 2012 <sup>116</sup>	20 10 / 10	4 : 6 / 8 : 2	12 / 8	Crònic	5.7 / 4.8	Rehabilitació ambulatoria
Ko et al. 2016 <sup>117</sup>	15 / 0	No especificat	7 / 8	Crònic	81.9 ± 87.8	Rehabilitació ambulatoria
Kobinata et al. 2016 <sup>118</sup>	105 / 0	48 : 57	20 Cerebel 26 Centre pontí i medul·la 22 Tàlem 18 Putamen	Subagut	1.46 ± 0.90	Rehabilitació ambulatoria

			19 Corona radiada			
Lee et al. 2018 <sup>119</sup>	44 23 / 21	4 : 19 / 3 : 18	15 / 28 ACM 37, ACA 7	Crònic	34.7 ± 20.1 / 99.2 ± 88.5	Rehabilitació ambulatoria
Mainka et al. 2018 <sup>81</sup>	45 15 / 15 / 15	No especificat	20 / 15 17 ACM 10 Tronc de l'encèfal 4 Tàlem/ Ganglis basals 2 Càpsula interna 1 ACA 1 ACP	Subagut	RAS TT 1,40 ± 0,99 / TT 1,54 ± 0,77 / NDT 1,18 ± 0,55	Rehabilitació hospitalària
Song et al. 2016 <sup>120</sup>	40 20 / 20	No especificat	17 / 23	Crònic	12.30 ± 3.4 / 14.75 ± 6.9	Rehabilitació hospitalària
Suh et al. 2014 <sup>86</sup>	16 8 / 8	3 : 5 / 2 : 6	6 / 10	Crònic	12,70 ± 9,31 / 7,37 ± 7,0	Rehabilitació ambulatoria
Wang Y et al. 2021 <sup>93</sup>	60	0 : 30 / 0 : 30	28 / 32	Subagut + Crònic	8.39 ± 2.09 / 8.45 ± 2.11	Rehabilitació hospitalària
Yang et al. 2016 <sup>121</sup>	22 11/11	7 : 4 / 6 : 5	13 / 9	Crònic	11.18 ± 3.68 / 11.97 ± 3.53	Rehabilitació hospitalària

*H: hemorràgic; Isq: isquèmic; ACM: Artèria cerebral mitjana; ACA: Artèria cerebral anterior; ACP: Àrea cerebral posterior; RAS: Rhythmic Auditory Stimulation; TT: Treadmill Training.*

Les intervencions consistien en l'estimulació auditiva rítmica, l'ús d'un metrònom, escolta activa de música amb un ritme marcat, i retroalimentació a temps real amb estimulació auditiva, com a complement d'altres teràpies com teràpia convencional, entrenament acció-observació, caminar amb o sense cinta rodant, entrenament de força, teràpia del neurodesenvolupament i el mètode multimodal Ronnie Gardiner Method. Els tractaments dels grups control consistien en fisioteràpia convencional, teràpia del neurodesenvolupament, hipoteràpia, entrenament de força, entrenament d'acció-observació, estímul visual, entrenament de la marxa amb o sense cinta rodant. La fisioteràpia convencional no estava descrita o variava en la majoria d'estudis. Més informació detallada sobre els tractaments dels grups intervenció i grups control a les següents taules separades en funció de si eren dissenys amb o sense grup control.

**Taula 7.** Mètodes i intervencions dels assajos clínics amb grup control

Estudi	Disseny	Tractament grup intervenció	Tractament grup control	Minuts,freqüència duració
Ahmed et al. 2023	Assaig clínic	RAS (metrònom) Cinta rodant Fisioteràpia	Cinta rodant Fisioteràpia	30 minuts/dia 3 dies/setmana 6 setmanes
Bunketorp-Käll et al. 2017	Assaig clínic	Ronnie Gardiner Method metrònom + música	2) Hipoteràpia 3) Grup control sense teràpia	90 minuts/dia 2 dies /setmana 12 setmanes
Bunketorp-Käll et al. 2019	Assaig clínic	Ronnie Gardiner Method metrònom + música	2) Hipoteràpia 3) Grup control sense teràpia	90 minuts/dia 2 dies/setmana 12 setmanes
Cha Y. et al. 2014	Assaig clínic	RAS <sup>TM</sup> metrònom + música	Entrenament intensiu de la marxa	30 minuts/dia 5 dies/setmana 6 setmanes
Cho et al. 2020	Assaig clínic	RAS (metrònom) Entrenament acció-observació Fisioteràpia	Entrenament acció-observació Fisioteràpia	2x15 minuts/dia 3 dies/setmana 8 setmanes
Choi et al. 2021	Assaig clínic	RAS (metrònom) entrenament de força progressiva	Entrenament de força progressiva	30 minuts/dia 3 dies/setmana 4 setmanes
Chouhan et al. 2012	Assaig clínic	RAS Teràpia convencional	2) Estímul visual + teràpia convencional 3) Teràpia convencional	60 minuts/dia 3 dies/setmana 3 setmanes
Elsner et al. 2019	Assaig clínic	Entrenament de la marxa Estimulació auditiva rítmica basada amb música (música clàssica amb un pols marcat)	Entrenament de la marxa	30 minuts/dia 3 dies/setmana 4 setmanes
Gonzalez-Hoelling et al. 2021	Assaig clínic grup control històric	RAS ( <i>metrònom</i> + música) Ronnie Gardiner Method	Fisioteràpia convencional	90 minuts/dia 3 dies/setmana 45.7 ± 20.6 dies
Kim et al. 2012	Assaig clínic	Entrenament de la marxa amb metrònom + teràpia del neurodesenvolupament	Entrenament de la marxa + teràpia del neurodesenvolupament	30 minuts 3 dies/setmana 5 setmanes
Lee et al. 2018	Assaig clínic	Entrenament de la marxa amb estímul auditu rítmic bilateral (metrònom)	Rehabilitació convencional amb entrenament de la marxa sense estímul auditu rítmic.	30 minuts/dia 5 dies/setmana 6 setmanes
Mainka et al. 2018	Assaig clínic	RAS + cinta rodant	1) Cinta rodant 2) Teràpia del neurodesenvolupament	15-17-20 minuts/dia 5 dies/setmana 4 setmanes
Song et al. 2016	Assaig clínic	RAS + entrenament de la marxa + teràpia del neurodesenvolupament	Entrenament de la marxa + teràpia del neurodesenvolupament	30 minuts/dia 5 dies/setmana 4 setmanes
Suh et al. 2014	Assaig clínic	RAS + entrenament de la marxa + teràpia del neurodesenvolupament	Entrenament de la marxa + teràpia del neurodesenvolupament	15 minuts 5 dies/setmana 3 setmanes
Wang Y. et al 2021	Assaig clínic	Musicoteràpia (1r metrònom, 2n música), medicaments, rehabilitació i entrenament de la marxa	Medicaments, rehabilitació i entrenament de la marxa	180 minuts/dia 6 dies/setmana 4 setmanes
Yang et al. 2016	Assaig clínic	Estimulació auditiva simultània + cinta rodant	Cinta rodant	30 minuts/dia 3 dies/setmana 4 setmanes



**Taula 8.** Mètodes i intervencions dels estudis quasi-experimentals

Estudi	Disseny	Intervenció	Minuts, freqüència duració
Cha et al. 2014	Estudi pre-post intervenció	caminar en 5 condicions ( <i>metrònom</i> ): 1) sense RAS 2) RAS segons ritme basal 3) -10% 4) +10% 5) +20%	La duració depenia del temps que necessitaven en caminar una distància de 457 centímetres, 3 vegades.
Collimore et al. 2023	Estudi pre-post intervenció	Rehabilitació de la marxa automàtica controlada mitjançant música en llaç tancat.	30 minuts
Hutchinson et al. 2020	Estudi pre-post intervenció	Programa d'entrenament individualitzat de la marxa basat en el ritme	30 minuts
Ko et al. 2016	Estudi pre-post intervenció	caminar en 5 condicions ( <i>metrònom</i> ): 1) sense RAS 2) RAS segons ritme basal 3) -10% 4) +10% 5) +20%	Cada condició durava 10 minuts. Un període d'adaptació de 3 minuts i un període d'entrenament de la marxa de 7 minuts
Kobinata et al. 2016	Estudi pre-post intervenció	Estimulació auditiva rítmica <i>metrònom</i> o instrument rítmic musical (tambor o autoarpa)	20 minuts

RAS: *Rhythmic auditory stimulation*

Les eines, música i altres característiques tècniques fetes servir en les intervencions de RAS i RAS amb música han sigut molt variades i s'especifiquen a la Taula 9.

**Taula 9.** Característiques d'eines i música utilitzades en les intervencions

Tipus de metrònom (n=13)	Música usada (n=7)	Altres estímuls
Cho et al. (2020) Metrònom en aplicació de mòbil (Real Metronome, Gismart, United Kingdom). Mitjançant auriculars.	Elsner et al. (2019) Música format MP3 tipus clàssica amb el pols marcat. Mitjançant casc auditiu.	Yang et al. (2016). Programa Microsoft visual C++ 2011 amb retroalimentació auditiva simultània.
Lee et al. (2012) Metrònom (TU-88, BOSS, China). Mitjançant casc auditiu (MDR-RF4000 K, Sony, Japan)	Wang et al. (2021). Música amb melodies conegudes pels pacients.	Hutchinson et al. (2020). Programa d'entrenament de la marxa progressiu i individualitzat basat en el ritme.
Cha et al. (2014). Metrònom: sense especificacions.	Bunketorp-Käll et al. (2019) Música del Ronnie Gardiner Method	Kobinata et al. (2016). Un musicoterapeuta tocava un ritme marcat amb instruments com tambor o autoarpa.
Wang et al. (2021). Metrònom: sense especificacions	Bunketorp-Käll et al. (2017) Música del Ronnie Gardiner Method	
Ko et al. (2016). Aplicació de mòbil d'estimulació auditiva rítmica.	Cha et al. (2014). Música específicament preparada amb un teclat sintetitzador (KURZWEIL SP88, Young Chang Co., Ltd.) amb el programa d'instrument musical digital MIDI Cuebase (Cubase MIDI Program, Steinberg, German), i la versió 3.3 d'un reproductor KM (KMP media Inc.)	
Lee et al. (2018). Estimulació auditiva rítmica usant un programa auditiu d'edició digital (GoldWave v5., GoldWave Inc., St. John's, NL, Canada).		
Cha et al. (2014). Metrònom: sense especificacions	Mainka et al. (2018). La música de l'entrenament funcional es va dissenyar en concordància amb els criteris descrits per Thaut (software cubase 3 SE). Via auriculars mitjançant un reproductor MP3.	
Kobinata et al. (2016). Metrònom: sense especificacions		
Choi et al. (2021). Aplicació de metrònom de telefon mòbil (©2018 Soundbrenner)	Gonzalez-Hoelling et al. (2021). Música de gèneres musical del passat i el present, amb un pols marcat, ritme 1/4 o 6/8, i variacions de les pulsacions per minut. Mitjançant altaveu: EasyAcc LX-839, 3W, 20 Hz–90 Hz, amb Bluetooth i Micro SD.	
Gonzalez-Hoelling et al. (2021). Metrònom: Metronome & Tuner TGI 99B		
Kim et al. (2012). Aplicació de metrònom de telèfon mòbil (ZyMi Metronome FREE). Mitjançant auriculars.	Collimore et al. (2023). Música amb pulsacions marcades i un ritme estable, de diferents velocitats i gèneres musicals. Mitjançant casc auditiu (AfterShokz AS451OB Sportz Titanium Open Ear Wired, Austin, TX, USA).	
Suh et al. (2014). Programa digital Musical Instrument Digital Interface (MIDI). L'estimulació rítmica va ser composta per series de sons individuals en un temps de 4/4.		
Chouhan et al. (2012). Programa de metrònom digital: sense especificacions.		
Ahmed et al. (2023). Programa de metrònom (Snapoh metronome). Mitjançant casc auditiu (LGH-301 M.V)		

Aparentment, l'estimulació auditiva rítmica millora els paràmetres de la marxa i de l'equilibri en totes les fases de l'ictus si s'avalua pre o post intervenció comparat amb grups control amb tractaments convencionals. Alguns estudis demostren que hi ha altres teràpies complementàries com la hipoteràpia o l'estimulació visual que tenen la mateixa quantitat de benefici que l'estimulació auditiva rítmica (veure Taula 10).

**Taula 10.** Variables, mesures de valoració i resultats principals

Estudi	Variabls d'interés	Mesures	Resultats principals
Ahmed et al. 2023	Velocitat de la marxa Cicle del pas Llargada del pas	Test de caminar 3-min (3MWT)	Els dos grups van incrementar la velocitat de la marxa, el cicle del pas i la llargada del pas després del tractament, així com el percentatge de temps sobre cada peu i l'índex de deambulació. La millora dels paràmetres de la marxa van ser significativament més elevades en el grup estudi comparat amb els controls. ( $p < 0.05$ )
Bunketorp-Käll et al. 2017	Funcionalitat de la marxa Equilibri	Timed Up&Go Escala d'equilibri de Berg Bäckstrand, Dahlberg and Liljenäs Balance Scale (BDL-BS)	Diferències entre el grup de musicoteràpia i el grup control. No es mostres diferències entre el grup de musicoteràpia i el grup de hipoteràpia. El grup de musicoteràpia tenia millor equilibri després de 6 mesos.
Bunketorp-Käll et al. 2019	Capacitat de la marxa Velocitat de la marxa	Test de caminar 10 metres Test de caminar 6 minuts	Diferències entre el grup de musicoteràpia i el grup control pel que fa la capacitat de la marxa. No hi havia diferències en la velocitat de la marxa entre l'inici i final de la musicoteràpia. Millora significativa de la capacitat de la marxa 6 mesos després en el grup de hipoteràpia comparat amb el grup control.
Cha H. et al. 2014	Velocitat de la marxa Cadència Llargada del pas del costat no afectat Llargada del pas del costat afectat Simetria del pas	Sistema GAITRite	Velocitat de la marxa, cadència, i la llargada del pas del costat afectat es disminuïen significativament en la condició de RAS -10%. Velocitat de la marxa i la cadència milloraren, però la

			simetria de la marxa disminuïa amb la condició de RAS +10% i +20% comparat amb el RAS basal.
Cha Y. et al. 2014	Rendiment de la marxa Control postural	Sistema GAITRite Berg Balance Scale plat de mesura de forces multifuncional	Millores significants en el grup RAS en el rendiment de la marxa i el control postural comparat amb el grup control.
Cho et al. 2020	Equilibri estàtic Equilibri dinàmic	Biodex Balance System	Millores significants en ambdós grups de l'equilibri estàtic i dinàmic, però hi havia més canvi en el grup d'intervenció acció-observació comparat amb el grup control.
Choi et al. 2021	Funcionalitat de la marxa Equilibri estàtic Equilibri dinàmic	Functional Gait Assessment Test de caminar 10 metres Berg Balance Scale Programa Balancia (velocitat, llargada del pas i zona de balanceig)	El grup RAS mostrava una diferència major en la quantitat del canvi tant en la funcionalitat de la marxa com l'equilibri comparat amb el grup control.
Chouhan et al. 2012	Equilibri dinàmic Control motor de extremitat superior	Dynamic gait index Fugl Meyer motor assessment	El grup RAS millorà la motricitat grossa, motricitat fina i equilibri dinàmic més que el grup convencional. El grup RAS i el grup d'estímul visual eren efectives per igual en millorar la el control motor de l'extremitat superior i l'equilibri dinàmic.
Collimore et al. 2023	Temps del pas Temps de recolzament Temps d'oscil·lació Simetria del pas Cost energètic de la marxa	Anàlisi de la marxa a temps real amb sistema d'anàlisi de 18 càmeres a 200Hz. Consum d'oxigen recollit amb una base de respiració (Cosmed© K5, Rome, Italy)	Reducció del temps del pas, temps de recolzament, temps d'oscil·lació i de les asimetries després del tractament. Reducció del cost energètic de la marxa i es detecta una estreta relació amb el grau de déficit energètic a l'inici del tractament.
Elsner et al. 2019	Capacitat de la marxa Velocitat de la marxa Llargada del pas Equilibri	Test de caminar 6 minuts Test de caminar 10 metres  Berg Balance Test	El grup RAS i el grup control no tenien diferències significatives en la capacitat de la marxa, la velocitat de la marxa, la llargada del pas ni l'equilibri.
Gonzalez-Hoelling et al. 2021	Paràmetres de la marxa i l'equilibri Control de tronc Funcionalitat de la marxa  Independència funcional  Grau d'afectació neurològica i dependència	Timed Up& Go Test Tinetti Test  Functional Ambulation Category Productes de suport per a la marxa Mesura d'independència funcional (FIM) Índex de Barthel modified Rankin Scale National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS)	No hi havia diferències entre grups pel que fa els paràmetres de la marxa i equilibri ni les variables secundàries. El grup de RAS amb música va millorar més la independència funcional que el grup control.
Hutchinson et al. 2020	Seguretat Usabilitat	Test de caminar 10 metres	La seguretat s'ha afirmat amb l'absència de caigudes.

	Velocitat de la marxa Cadència	sistema de captació motora òptica (Qualisys AB).	Increment de la velocitat de la marxa i la cadència.
Kim et al. 2012	Equilibri dinàmic  Funcionalitat de la marxa  Paràmetres d'espai i temps	Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale, Dynamic Gait Index (DGI), Four Square Step Test (FSST), Functional Ambulation Category (FAC), Timed Up and Go test (TUG test) Up stair and Down stair times Sistema GAITRite	Millora en els dos grups de l'equilibri dinàmic i els paràmetres d'espai i temps. Comparat amb el grup control, el grup RAS tenia una major millora en les puntuacions de l'escala ABC, el DGI, el TUG i el Up stair and Down stair times.
Ko et al. 2016	Cadència Velocitat Llargada de la gambada Duració del cicle del pas Llargada del pas	G-Walk Sistema GAITRite	Després d'un entrenament amb estimulació auditiva rítmica, la velocitat, la cadència, la llargada de la gambada, la duració del cicle del pas i la llargada del pas del costat afectat i no afectat milloraren significativament comparat amb l'inici del tractament.
Kobinata et al. 2016	Cadència Velocitat Llargada del pas Equilibri dinàmic	Test de caminar 10 metres	Les mesures pre- versus post demostren un increment significatiu en la velocitat i la llargada del pas en els grups d'afectats del cerebel, centres pontí i medul·lar, així com en el tàlem.
Lee et al. 2018	Simetria del pas  Funcionalitat de la marxa  Equilibri dinàmic Funció de l'extremitat inferior	sistema d'anàlisi de la marxa (OptoGait)  Timed Up and Go test (TUG) Berg Balance Scale (BBS) Fugl-Meyer Assessment (FMA)	La simetria del pas millorà més significativament en el grup amb estimulació auditiva rítmica bilateral comparat amb el grup control. El grup amb estimulació auditiva rítmica bilateral mostraren un augment en la funcionalitat de la marxa comparat amb el grup control. Els dos grups milloraren però no tenien diferències significatives en el Timed Up and Go test (TUG), Berg Balance Scale (BBS), i Fugl-Meyer Assessment (FMA) comparat amb l'estat basal.
Mainka et al. 2018	Velocitat Cadència Llargada del pas Simetria de la marxa Resistència Estabilitat postural	fast gait speed test (FGS)  locometre (LOC)  Test de caminar 3 minuts (3MWT) instrumental evaluation of balance (IEB)	Diferències significatives intragrups en velocitat i cadència en les valoracions després del tractament. La llargada del pas no va resultar diferent entre els grups. LOC, 3MWT, i IEB no van indicar diferències entre grups.
Song et al. 2016	Funcionalitat de la marxa Cadència Llargada del pas	Test de caminar 10 metres Sistema GAITRite Dynamic Gait Index	Els dos grups van millorar, però el grup RAS va mostrar un increment significatiu en la cadència, la llargada del pas, el test de caminar 10 metres i el Dynamic Gait Index.

Suh et al. 2014	Velocitat Llargada del pas Cadència Equilibri estàtic	Test de caminar 10 metres  Biodex balance system (BBS) of Biosway®	Millora significant en el grup de RAS en la velocitat, la llargada del pas, cadència, índex d'estabilitat, índex mediolateral i índex anteroposterior comparat amb el grup control.
Wang Y et al. 2021	Funcionalitat de la marxa  Funció motora de l'extremitat inferior Equilibri dinàmic Satisfacció del tractament	Analitzador de marxa FreeStep  Fugl-Meyer Assessment (FMA) Berg Balance Scale (BBS) Qüestionari de satisfacció d'un tractament de rehabilitació post ictus.	La llargada del pas, la cadència i la velocitat màxima eren majors en el grup de musicoteràpia comparat amb el grup control. Les diferències en la llargada del pas entre el costat afectat i el costat no afectat eren significativament menor en el grup de musicoteràpia que en el grup control. Les puntuacions FMA i BBS eren majors en el grup de musicoteràpia que en el grup control. El grup intervenció també tenien major satisfacció que el grup control.
Yang et al. 2016	Equilibri estàtic  Equilibri dinàmic i funcionalitat de la marxa Paràmetres d'espai i temps de la marxa	Blanca (wii Balance board) Timed Up&Go Test  Sistema GAITRite	Diferències significants en l'equilibri estàtic i el test Timed Up&Go entre el grup d'estimulació auditiva de retroalimentació simultània i el grup control. El grup d'estimulació auditiva de retroalimentació simultània va obtenir major millores en la velocitat de la marxa, llargada del pas, llargada de la gambada, percentatge del suport unipodal del costat afectat, i simetria de la marxa comparat amb el grup control.

a) La majoria d'estudis no analitzaven o mencionaven la funcionalitat de la marxa ni l'ús de productes de suport per a la marxa. Cinc estudis dels analitzats mencionen l'ús de productes de suport per a la marxa, quatre feien servir caminadors o croses durant la intervenció si precisava<sup>81,93,111,113</sup> i un contemplava com a variable la necessitat de fer ús d'un producte de suport per a la marxa abans i després de l'intervenció<sup>114</sup>. 16 estudis dels 21 tenien com a criteri d'inclusió que el pacient fos capaç de deambular de forma autònoma o ja

hagués recuperat la marxa, només un estudi va incloure persones que encara no havien iniciat marxa<sup>114</sup>.

b) Es va detectar una bretxa d'evidència en analitzar els efectes de l'estimulació auditiva rítmica i l'estimulació auditiva rítmica amb música en funció de l'àrea cerebral afectada. L'hemisferi afectat s'especificava en 18 dels 21 estudis, però no va ser detallat en tres estudis<sup>104,110,112</sup>. L'àrea cerebral afectada només va ser analitzada en quatre estudis dels 21 inclosos a la revisió<sup>81,84,114,118</sup>.

# CAPÍTOL 5. DISCUSSIÓ



La majoria de pacients que reben una rehabilitació milloren després de l'ictus. Encara que els mecanismes d'acció de la fisioteràpia i l'estimulació auditiva rítmica amb música són diferents, els seus objectius a curt i llarg termini acaben sent el mateix; com en aquest estudi, la millora de l'equilibri i la marxa després d'un ictus. En un marc de rehabilitació multidisciplinària i intensiva, sobretot en el pacient amb ictus agut i subagut on la neuroplasticitat juga un paper important, els beneficis de les intervencions són evidents, però costaria discernir l'efecte real d'una sola intervenció dins d'aquest abordatge múltiple i intens.<sup>18,122-124</sup> El grup control d'aquest estudi va fer 11 hores de fisioteràpia i 7 hores de teràpia ocupacional a la setmana, comparat amb grups control d'altres estudis on es feien una mitjana de 3 a 5 hores a la setmana. Això afegeix valor a la rehabilitació, però possiblement ha reduït l'efecte comparatiu entre els dos grups.<sup>24,94,124</sup> Si es comparen els resultats d'aquest estudi amb una recerca pionera de Thaut<sup>125</sup> del 2007, on el grup control només rebia fisioteràpia amb el mètode Bobath (o NDT) es contradiuen completament. Però s'ha de tenir en compte que el mètode que van fer servir ells en el grup control, i també se'n fa ús en altres estudis més actuals<sup>81</sup>, és una teràpia més passiva que busca la qualitat del moviment i no assolir la marxa i autonomia amb el menys temps possible.<sup>27</sup> D'altra banda, en canvi, aquells estudis on el grup control fa una intervenció més activa o alternativa coincideixen amb els resultats d'aquest article.<sup>21,23,28,95,106,126,127</sup>

L'ús d'escales o mesures poc precises per la funcionalitat o els paràmetres de la marxa, possiblement també han sigut factors influents en la controvèrsia dels

resultats. El test de Tinetti i el Timed Up&Go són testos útils per valorar el risc de caiguda i estan validats en la població amb ictus, però no són específics per valorar els paràmetres de la marxa en pacients amb ictus.<sup>128,129</sup> Així i tot, els estudis en fan ús i els resultats coincideixen amb els d'aquest article.<sup>105,119</sup> La fase de l'ictus també podria ser una variable a considerar, ja que en la majoria de revisions recullen els resultats de fases cròniques i sol ser difícil trobar assajos clínics aleatoritzats de qualitat en fase aguda o subaguda dins dels primers 21 dies.<sup>23,24,88</sup> En aquesta fase la neuroplasticitat està molt activa i el simple fet d'escoltar música ja té una repercussió a nivell cortical i subcortical.<sup>70,130</sup> Tot i que els efectes immediats semblen no variar en funció de la fase de l'ictus, segons una revisió de Yoo<sup>24</sup>, si que els efectes a llarg termini sobre la velocitat de la marxa i la cadència eren millors en el grup d'ictus agut que els que havien fet l'estimulació auditiva rítmica en una fase crònica. Hi ha pocs estudis que avaluin la funcionalitat de la marxa, o la independència durant aquesta, mitjançant la Functional Ambulation Category. En el cas del nostre estudi és l'escala amb millors resultats finals del grup intervenció, i si s'afegeix la variable de l'ús de productes de suport, es pot veure com els pacients que han fet una estimulació auditiva rítmica tenien millor funcionalitat de la marxa i autonomia en el moment de l'alta de l'hospital.<sup>116</sup> A mesura que una persona pot augmentar la velocitat de la marxa, disminueix el risc de caiguda<sup>36,131</sup>, per tant, si aquesta persona se sent més segura fent ús d'un producte de suport i així poder deambular més ràpidament, automàticament s'influeix sobre la percepció subjectiva de la qualitat de la marxa i la seguretat en aquesta, així com en la qualitat de vida<sup>37,132</sup>.

La música que es va fer servir era música pregravada i comercial que els pacients podien conèixer. Tot i que els pacients col·laboraven en l'elecció de peces musicals, una recerca recent de Diehl<sup>133</sup> manifesta que la fatiga neuromuscular en persones sanes possiblement és la mateixa tant amb música que agrada com música que no agrada, caldria revisar si s'extreuen els mateixos resultats amb els afectats d'ictus. La motivació dels pacients i l'arrossegament motor de la música és major quan la música és coneguda, sobretot si les tècniques de musicoteràpia neurològica fan servir música tocada en directe<sup>74,134</sup>. Però en el cas d'aquest estudi la musicoterapeuta també era la fisioterapeuta que havia d'assistir els pacients amb alteració de l'equilibri que requerien algun suport o vigilància, el qual impossibilitava que facilités la sessió amb un instrument. Tot i així, en el mètode de Ronnie Gardiner<sup>TM</sup>, a part del treball amb metrònom, si que està establert fer ús de música gravada perquè el terapeuta pugui dirigir durant les partitures<sup>68</sup>. Caldria remarcar que, encara que els resultats fossin similars en el grup intervenció com en el grup control, altres estudis coincideixen amb la percepció tan subjectiva com objectiva que la música és rebuda generalment amb entusiasme per part dels pacients, les famílies, els terapeutes i crea vincles socials que ajuden a millorar l'autoestima<sup>23,122</sup>.

Els subgrups per edat confirmen la millora de l'equilibri i la funció motora després d'una estimulació auditiva rítmica independentment de l'edat que es tingui. Per tant, podem afirmar juntament amb altres autors, que les persones de més de 60 anys es poden beneficiar de la mateixa manera d'un programa de rehabilitació amb estimulació auditiva rítmica i no se'ls hauria d'excloure.<sup>64,76,135</sup>

L'efecte de l'estimulació auditiva rítmica amb música segons el tipus d'ictus ha donat resultats diferents en funció del test emprat comparant l'ingrés i l'alta, encara que es tractés de valors estadísticament no significants. Com que els resultats a l'alta dels tres tests es consideraven homogenis entre ictus isquèmic i ictus hemorràgic, aquest estudi corrobora les troballes de Salvadori<sup>136</sup> que, encara que tinguin mal pronòstic els pacients amb ictus hemorràgic, aquests aparenten tenir la mateixa recuperació funcional que els afectats amb ictus isquèmic.

Estudis recents que fan ús de la neuroimatge, han identificat interconnexions neuroanatòmiques durant el tractament amb estimulació auditiva rítmica entre estructures corticals i subcorticals que estan separades entre elles com poden ser el cerebel, els ganglis basals, el tàlem, àrea motora suplementària, el còrtex premotor i el còrtex auditiu<sup>87</sup>. Konoike<sup>137</sup> va concloure en un estudi que era difícil identificar la funció de cada regió cerebral en el processament de la informació del ritme, però va detectar activacions significatives en el gir inferior frontal del còrtex premotor, el lòbul parietal inferior i a l'àrea motora suplementària durant una percepció i reproducció de ritme. El còrtex premotor està involucrat en el control del moviment rítmic, i el cerebel és essencial per controlar els moviments

precisos que requereixen de control temporal però no siguin important pels moviments continus. La percepció i la producció de relacions temporals no és un producte de cognició i acció, però l'estructura temporal proporciona informació que és bàsica per una conducta eficient.<sup>138</sup> Kotz i Schwartze confirma que les lesions en els ganglis basals després d'un ictus afecten l'habilitat de percebre i reproduir el ritme, ja que els ganglis basals són els encarregats de detectar el pols i l'estructura mètrica del ritme i controlar la seva reproducció.<sup>138,139</sup> Cal remarcar, però, que en aquest estudi hi havia subgrups segons l'àrea cerebral afectada que només tenien 1 persona. Pot ser per això aquestes persones van millorar i els resultats es contradeien amb les investigacions actuals on una estimulació auditiva rítmica és efectiva en la facilitació motora i el ritme de la marxa en persones amb un ictus cerebel·lós, centre pontí i medul·la i tàlem. Coincidint amb les troballes de Särkämö<sup>69</sup>, no es va observar diferències a l'alta de l'hospital entre els pacients amb afectació a l'hemisferi dret i aquells amb afectació a l'hemisferi esquerre, ja que aparenta haver-hi activació de matèria grisa i increment del volum en les àrees temporal, frontal, motora, límbica i cerebel contralateral a la lesió però també en el costat homolateral. Per un costat, una investigació de Laufer<sup>140</sup> va defensar que les lesions a l'hemisferi dret tenien un lleu avantatge sobre la recuperació de l'equilibri després d'un ictus i, d'altra banda, Giovanelli<sup>78</sup> mitjançant neuroimatge corrobora que el còrtex dorsal premotor dret té un paper fonamental en la sincronització rítmica auditiva-motora, així que s'hauria de continuar investigant si hi podrien haver diferències en l'efecte d'una estimulació auditiva rítmica amb música entre els ictus de l'hemisferi dret i els de l'hemisferi esquerre.

El nostre estudi confirma que la força muscular a l'ingrés és un predictor de rehabilitació i predisposa a millorar els resultats de marxa i equilibri.<sup>95,136</sup> Janzen<sup>64</sup> recentment també ha confirmat que per poder assegurar una teràpia factible i efectiva en els pacients amb ictus s'ha de tenir en compte la fase clínica, la capacitat cognitiva i la funció motora en el moment d'ingrés i d'inici d'una intervenció.

Els assajos clínics demostren beneficis d'una estimulació auditiva rítmica comparada amb grups control que no rebien tractament o feien rehabilitació convencional (fisioteràpia, teràpia del neurodesenvolupament o Bobath, etc.), reafirmant altres revisions.<sup>23,24,64,82,94</sup> Una estimulació auditiva rítmica per ella mateixa sembla afegir benefici a l'efecte d'una teràpia, però si es compara un grup que va rebre aquesta intervenció amb un que feia una altra teràpia o estímul rítmic (hipoteràpia, estimulació visual), sembla que els dos grups no presentaven diferències significatives. Altres revisions sistemàtiques actuals coincideixen amb el fet que la majoria d'estudis presenten un alt risc de biaix i, per tant, encara es necessiten més assajos clínics aleatoritzats amb grup control d'alta qualitat, per tal d'aplicar-ho a la pràctica clínica.<sup>23</sup> La funcionalitat de la marxa es mesurava en la majoria d'estudis mitjançant paràmetres espaciotemporals en comptes de fer servir una mesura específica de funcionalitat de la marxa com la Functional Ambulation Category. Com que la narració de l'ús de productes de suport per a la marxa o el subanàlisi en funció de l'àrea cerebral afectada per l'ictus era escassa, tampoc s'ha pogut analitzar l'efecte de la intervenció en funció aquestes dues variables. Coincidim amb un article recent a la revista *Stroke*, que la majoria d'estudis analitzen variables globals, dificultant així l'observació de millores específiques. Per tant, les mesures de valoració s'haurien d'enfocar amb dominis concrets en funció de l'estudi per detectar més canvis en els assajos clínics.<sup>141</sup>

Pel que fa a la metodologia, les mostres eren de volum petit limitant així la validesa externa. La majoria d'estudis eren aleatoritzats, però només es podien cegar els avaluadors, implicant així sempre un cert risc de biaix.

En una investigació de Kobinata<sup>118</sup> es va obtenir un augment significatiu en la velocitat de la marxa i la llargada del pas en aquelles persones amb afectació en el cerebel, el centre pontí i medul·la, i tàlem; aquelles que tenien un ictus al putamen o a la corona radiada també milloraren però no de forma significativa. Altres estudis no van diferenciar els efectes d'una estimulació auditiva rítmica sobre la marxa en funció de l'àrea cerebral possiblement perquè les mostres dels estudis eren petites. En futures investigacions, s'hauria de considerar l'àrea cerebral afectada com a variable per fer analitzar subgrups i així poder predir l'efecte rehabilitador d'una estimulació auditiva rítmica en funció de l'àrea afectada després de l'ictus. En els últims anys, investigadors de l'equip de Thaut<sup>77</sup> juntament amb altres autors<sup>142</sup> han estudiat les adaptacions cerebrals respecte als estímuls auditius rítmics tant en persones sanes com persones que han patit un ictus, però poc s'ha investigat si aquestes adaptacions també repercuteixen en una millora funcional de la marxa. Les respostes reflexes motores pertanyen a fibres descendents o eferents del nucli ventral coclear que bifurca bilateralment al tracte sensoriomotor de la via reticuloespinal de la medul·la espinal<sup>58</sup>, per tant s'hauria de saber exactament com influeix una lesió en un punt de tot aquest recorregut i com el sistema nerviós es busca un recorregut alternatiu. L'arquitectura estructural i funcional del sistema auditiu està constituït per detectar ràpidament patrons de temporalitat periòdica de les senyals acústiques<sup>87</sup>, però en cas d'afectació en l'àrea auditiva, es processa de la mateixa manera? També s'haurien de tenir en compte aquelles persones amb



un ictus cerebel·lós perquè el cerebel és el responsable de predir les conseqüències sensorials del moviment i dur a terme ordres motores i la producció de canvis posturals. El cerebel no té una única funció, sinó que diferents parts d'aquest estan relacionades amb diferents funcions de control de moviment, adquisició d'informació sensitiva i processos perceptius que es poden traduir en tasques de sincronització com van descobrir Parsons i Thaut.<sup>143</sup> A més, és un pilar bàsic en el control temporal durant la sincronització rítmica.<sup>33</sup>

Els hemisferis sí que es diferenciaven en les característiques dels participants, però no es tendeix a observar les diferències de l'efecte entre els afectats de l'hemisferi dret i l'hemisferi esquerre. Potser ja es descarta d'entrada, ja que el ritme finalment es processa en els dos hemisferis.<sup>64,94</sup>

Possiblement, els estudis tendien a ser amb pacients amb ictus en la seva fase crònica perquè en la fase aguda el pronòstic és més incert i, un cop són alta de l'hospital sol ser més difícil fer el seguiment. Tots els estudis amb pacients en fase crònica milloraven considerablement la marxa després d'una estimulació auditiva rítmica comparant-los amb els grups control, però els pacients en fase subaguda no presentaven diferències amb aquelles persones que havien fet altres intervencions, tot i les millores significatives. Coincidim amb altres autors que s'ha de tenir en compte la recuperació espontània sobretot de la fase aguda i subaguda, fins als sis mesos després de l'ictus.<sup>82</sup>

Suposa un repte concloure resultats de les intervencions musicals considerant l'heterogeneïtat de l'estímul rítmic o musical emprat. Cada estudi que feia ús de la terminologia *rhythmic auditory stimulation* tenia una aplicació diferent d'aquesta, i en les intervencions basades en la música no es tendeix a especificar quines peces musicals es feien servir però, les que si que ho indicaven tenien

peces musicals diferents els uns dels altres. En aquest cas s'ha inclòs també l'estímul auditiu rítmic emès per un aparell portàtil, però hauria de ser analitzat per separat com ha fet Scataglini<sup>144</sup> en la seva revisió sistemàtica recent. En pocs dels estudis s'indicava si el terapeuta que duia a terme la sessió era un musicoterapeuta professional. Els tractaments dels grups control també variaven en funció de l'estudi, el qual limitava l'opció de fer una anàlisi de subgrups i una metaanàlisi. Només tres estudis van descriure que les intervencions les duia a terme un musicoterapeuta professional<sup>81,114,118</sup>, en dos era el fisioterapeuta qui aplicava l'estímul auditiu rítmic<sup>84,113</sup> i la resta d'articles no proporcionaven aquesta informació. Tot i que estem d'acord amb Magee<sup>23</sup> que les intervencions obtenen millores més grans si són dutes a terme mitjançant un musicoterapeuta, l'absència d'aquesta dada durant la revisió no ens ha permès extreure'n la mateixa conclusió. Tampoc hi ha hagut cap consens respecte al temps de duració de la intervenció ni si la llargada de l'estimulació auditiva rítmica està relacionada amb la quantitat de millora. La majoria d'estudis mesuraven pre- i posttractament, amb un seguiment de màxim 6 mesos després<sup>105</sup>, però no asseguren que aquests efectes es mantinguin en el temps si l'estímul desapareix. Idealment, després de l'alta hauria d'assegurar una transversalitat de la teràpia en totes les fases de l'ictus per aprofitar la neuroplasticitat<sup>71</sup>, continuar millorant la funció motora i vetllar per una autonomia màxima del pacient, però molts cops no és possible per unes limitacions de recursos sobretot econòmics tant dels pacients com de la comunitat<sup>1</sup>, per tant, els resultats de l'alta s'haurien de, com a mínim, mantenir durant el temps que el pacient sigui actiu<sup>145</sup>. A partir d'ara s'hauria d'investigar més en la durabilitat d'aquests efectes i fer un seguiment de les persones que durant la seva fase aguda després d'un ictus van

rebre una intervenció amb estimulació auditiva rítmica; així com també l'aplicabilitat d'aquests efectes en la vida diària i deambulació en la comunitat<sup>146</sup>. Un altre aspecte a tenir en compte, és que la majoria d'estudis inclouen només pacients que ja podien caminar de forma autònoma, excepte el nostre estudi publicat<sup>114</sup>, on s'inclouen pacients que encara no deambulaven. Pot ser, per això l'efectivitat de l'estimulació auditiva rítmica estava limitada per la funció motora en el moment d'ingrés, fet que també remarquen a la publicació de Janzen<sup>64</sup>. Tot i que l'ús de productes de suport per a la marxa està influenciat en part per la percepció subjectiva dels pacients, com varen detectar Tyson i Togerson<sup>43</sup>, també es podria considerar com a indicador de millora funcional i autonomia. En aquesta revisió sistemàtica volíem comprovar si, a part de la millora ja comprovada anteriorment per altres autors, l'estimulació auditiva rítmica millorava la funcionalitat de la marxa i les persones podien ser més autònomes després d'aquesta intervenció. Hi ha pocs estudis amb pacients amb ictus que relacionin la satisfacció i la qualitat de vida amb les millores sobre els paràmetres de la marxa i l'equilibri després d'una estimulació auditiva rítmica. Per això, recomanem que més estudis tinguin en compte el producte de suport per a la marxa com a variable d'estudi, sobretot en aquells on s'inclouen persones que encara no deambulen a l'inici de l'estudi. Encara que existeixin àmplies investigacions sobre la neuroplasticitat i l'efecte de la música i el ritme sobre les diferents àrees cerebrals<sup>58,71,78,80,137,142</sup>, la quantitat de millora i efecte d'una estimulació auditiva rítmica no se sol analitzar i comparar en funció de l'àrea afectada després d'un dany cerebral<sup>147</sup>. Per això creiem en la necessitat de cercar més sobre la relació entre l'efecte d'una estimulació auditiva rítmica

depenent de quina àrea està lesionada després d'un ictus, per tal de poder generalitzar els resultats a tota la població de referència.

Set dels estudis tenien lloc a un hospital rehabilitador amb els pacients ingressats, en canvi, onze assajos eren amb pacients que ja havien sigut alta i vivien en comunitat. Tot i que els resultats de pacients que viuen en comunitat són més extrapolables a la població externa, aquests solen ser pacients en fases més cròniques<sup>24</sup>; en canvi, els que estan ingressats solen estar en una fase més aguda-subaguda, pel qual dificulta la comparació entre les dues poblacions. Existeix un ampli ventall de mètodes per mesurar la marxa i no apareix un consens clar per fer-ne ús en els assajos clínics per valorar la funcionalitat de la marxa o l'autonomia durant la deambulació. El Timed Up&Go test és fàcil de valorar i molt utilitzat, però coincidim amb Hafsteinsdóttir<sup>129</sup> que només es pot recomanar per valorar persones després de l'ictus quan ja deambulen. Només les mesures categòriques (Functional Independence Measure, Barthel Index, Functional Ambulation Category) poden integrar tan pacients que caminen, que no caminen o que fan ús de cadira de rodes. Possiblement, s'hauria d'arribar a un consens per valorar la funcionalitat de la marxa i l'ús de productes de suport per a la marxa en pacients amb ictus com ja existeix per a afectats de lesió medul·lar amb la Spinal Cord Injury Funcional Ambulation Inventory<sup>148</sup>.

## **Limitacions**

Abans de concloure la recerca obtinguda, com en totes les recerques aquest estudi també té limitacions sobretot derivades d'aspectes metodològics:

La primera limitació va ser la grandària de la mostra que van ser 55 subjectes, en comptes de les 74 persones obtingudes en el càlcul de mostra. Es coneix que l'ictus afecta de diferents maneres a cada persona en funció de la zona de lesió, i la rehabilitació és diferent segons la fase en què es troba el pacient post-ictus, per això una major mostra hauria pogut obtenir resultats més contundents. No obstant això, van ser inclosos en aquest estudi tots els pacients que havien ingressat amb un codi ictus de la província Girona i que complien amb els criteris d'inclusió.

Una segona limitació va ser que l'assaig tenia un grup control històric i no paral·lel ni aleatoritzat. Per assegurar el principi bàsic de beneficència, no es podia deixar cap persona sense tractament si existia la hipòtesi que les persones es podien beneficiar d'aquest tractament. Per això, per raons ètiques es va optar per un grup control històric que complia les mateixes característiques que el grup intervenció.

La tercera limitació està relacionada amb les mesures i testos que sempre, en qualsevol investigació, tenen cert risc de biaix quan són valorats per una persona avaluadora, ja que hi ha un component de subjectivitat. Tot i així, en la majoria d'estudis es fan servir perquè són de fàcil accés i assegura la reproductibilitat. A més a més, s'ha volgut fer èmfasi a fer una anàlisi dels paràmetres de qualitat de la marxa relacionats amb l'autonomia més enllà dels paràmetres temporals o espacials habituals com són la velocitat, la cadència o la simetria del pas, que

sembla estar molt estudiat. Aquests paràmetres són elements objectius, però tractant-se de persones creiem que s'havia de tenir en compte el component emocional i subjectiu de cada pacient. Es planteja en una futura investigació l'ús de plataformes de força per mesurar l'equilibri o la postura, així com laboratoris d'anàlisi de la marxa, per tal de poder millorar la fiabilitat dels resultats.

En la part final de la tesi, en relació amb la revisió sistemàtica, també hi va haver dues limitacions: d'una banda, la gran varietat d'escales i mesures que es fan servir en els assajos clínics i, d'altra banda, la variabilitat de les intervencions dels grups control. S'hauria d'arribar a un consens de quines escales o mesures són les més factibles i útils per valorar l'efecte d'un tractament de rehabilitació sobre una variable després d'un ictus. Les intervencions en el grup control afegeixen una dificultat en la comparació dels efectes intragrupals i la generalització per la pràctica clínica. Els grups control van des de l'absència de tractament, a una intervenció convencional fins a teràpies alternatives, però encara que la majoria comparin amb una intervenció convencional, aquest majoritàriament no està descrit i podria diferir entre un assaig i l'altre. D'aquí la importància de definir i protocol·litzar el terme i les intervencions d'una rehabilitació convencional.

### **Fortaleses**

Tot i les limitacions, aquest estudi també té fortaleses. Les persones amb ictus de la província Girona han tingut l'oportunitat, gràcies a aquest estudi, de rebre un tractament complementari a la fisioteràpia i teràpia ocupacional convencional

que normalment no farien. Han rebut més hores de rehabilitació a la setmana amb un component lúdic que aporta la música.

Les sessions d'estimulació auditiva rítmica amb música que van dur a terme les persones de l'estudi, oscil·laven entre 3 i 34 sessions, depenent dels dies d'estada. Si s'exclou el subjecte que només va fer 3 sessions, doncs va ser alta voluntària després de 10 dies, s'obté una mitjana de  $14.22 \pm 7.98$  sessions, el qual coincideix amb altres assajos clínics similars. Les persones no s'han hagut de quedar més temps ingressats per tal de dur a terme la intervenció, aquesta la rebien durant el temps d'ingrés fins que assolien els objectius. Per tant, si una persona no necessitava més de dues setmanes de tractament, marxava d'alta i no s'incrementaven les despeses hospitalàries per haver d'estar ingressats fent la intervenció, el qual considerem una altra fortalesa d'aquest estudi. Totes les persones ingressades van assistir al 100% de les sessions disponibles durant la seva estada i no van presentar efectes adversos. Es confirma així doncs, l'aplicabilitat i la factibilitat de dur a terme aquesta intervenció en persones amb ictus subagut institucionalitzades, havent-hi la possibilitat de continuar amb la mateixa intervenció a nivell ambulatori i així poder reduir les despeses sanitàries que suposa un ingrés hospitalari.

I, per acabar, aquesta intervenció experimental ha estat aplicada directament a la pràctica clínica, amb persones afectades d'ictus, en l'àmbit hospitalari, amb les implicacions que comporta en el dia a dia, sense la necessitat de grans aparells ni recursos. Tota la intervenció s'ha basat en l'evidència existent de la musicoteràpia i només s'ha necessitat una musicoterapeuta formada.

## CAPÍTOL 6. CONCLUSIONS



En termes generals, es pot concloure que l'estimulació auditiva rítmica i l'estimulació auditiva rítmica amb música són beneficioses en la rehabilitació després d'un ictus gràcies tant a l'estímul rítmic com a la música, així com el component multidisciplinari que implica. No es pot concloure que sigui una intervenció més efectiva que d'altres teràpies complementàries en rehabilitació, però sí que aporta beneficis si un tractament de rehabilitació convencional es complementa amb estimulació auditiva rítmica.

En relació amb els objectius específics es pot afirmar:

1. Les persones que han patit un ictus i fan rehabilitació complementada amb estimulació auditiva rítmica milloren els paràmetres de la marxa: augmenta la velocitat, millora la simetria i augmenta la longitud del pas, millora la funcionalitat de la marxa, millora l'equilibri, disminueix el risc de caiguda i millora el control de tronc.

2. La força muscular i el control de tronc a l'ingrés són predictors de millors resultats sobre els paràmetres de la marxa i l'equilibri després d'una estimulació auditiva rítmica en pacients amb ictus.

3. El temps d'estada en el centre i el nombre de sessions no influeixen en els resultats de millora dels paràmetres de marxa i equilibri després d'una estimulació auditiva rítmica en pacients amb ictus.

4. Els afectats d'ictus en fase subaguda que han rebut una estimulació auditiva rítmica en combinació amb fisioteràpia no presenten diferències en les

millors dels paràmetres de la marxa comparats amb els pacients que només havien fet fisioteràpia convencional, però sí que tenen més guany en la funcionalitat i independència de la marxa.

5. Les variables edat, tipus d'ictus, hemisferi afectat i àrea de la lesió cerebral no han sigut factors influents en l'efecte de l'estimulació auditiva rítmica sobre l'equilibri i la funció motora en pacients amb ictus coincidint també amb els resultats de la revisió sistemàtica.

6. El grau d'efecte i de millora sobre l'equilibri i la funció motora després d'una estimulació auditiva rítmica en pacients amb ictus varia en funció de l'escala o test utilitzats per avaluar i de les variables que contempen aquestes mesures.

7. Els beneficis dels estudis que investiguen els efectes d'una estimulació auditiva rítmica en pacients amb ictus són poc concloents quan es comparen amb altres intervencions complementàries.

8. L'ús de productes de suport per a la marxa com a variable de funcionalitat de la marxa en les avaluacions o com a complement en les intervencions no es té en compte de forma habitual o no es descriuen en els articles.



## CAPÍTOL 7. BIBLIOGRAFIA

1. Grupo de Trabajo de la Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con Ictus en Atención Primaria. Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con Ictus en Atención Primaria. Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud del Ministerio de Sanidad y Política Social. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Agencia Laín Entralgo de la Comunidad de Madrid; 2009. Guías de Práctica Clínica en el SNS: UETS N° 2007/5-2.
2. Wafa HA, Wolfe CDA, Emmett E, Roth GA, Johnson CO, Wang Y. Burden of Stroke in Europe. *Stroke*. 2020;51(8):2418-2427. doi:10.1161/STROKEAHA.120.029606.
3. Wittenauer BR, Smith L. Priority Medicines for Europe and the World "A Public Health Approach to Innovation". Background Paper 6.6 Ischaemic and Haemorrhagic Stroke. Geneva, Switzerland: WHO; 2012.
4. Kuriakose D, Xiao Z. Pathophysiology and Treatment of Stroke: Present Status and Future Perspectives. *Int J Mol Sci*. 2020;21(20):7609. doi:10.3390/ijms21207609.
5. Álvarez J, Rovira A, Molina C, Serena J, Moltó JM. Guía para la utilización de métodos y técnicas diagnósticas en el ictus. En: Díez Tejedor E, editores. Guía para el tratamiento y prevención del ictus. Prous Science. Barcelona: 2006; 25–63.
6. Matías-Guiu J. Estrategia en Ictus del Sistema Nacional de Salud. Informe de evaluación y líneas prioritarias de actuación. Informes, estudios e investigación 2022. Ministerio de Sanidad; 2022.
7. Truelsen T, Begg S, Mathers C. The global burden of cerebrovascular disease. *Glob Burd Dis*. 2000:1-67.
8. Bonkhoff AK, Xu T, Nelson A, Gray R, Jha A, Cardoso J et al. Reclassifying stroke lesion anatomy. *Cortex*. 2021;145:1-12. doi:10.1016/j.cortex.2021.09.007
9. Kwah LK, Diong J. National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS). *J Physiother*. 2014;60(1):61. doi:10.1016/j.jphys.2013.12.012
10. Duffy L, Gajree S, Langhorne P, Stott DJ, Quinn TJ. Reliability (Inter-rater Agreement) of the Barthel Index for Assessment of Stroke Survivors. *Stroke*. 2013;44(2):462-468. doi:10.1161/STROKEAHA.112.678615
11. Broderick JP, Adeoye O, Elm J. Evolution of the Modified Rankin Scale and Its Use in Future Stroke Trials. *Stroke*. 2017;48(7):2007-2012. doi:10.1161/STROKEAHA.117.017866
12. Winstein CJ, Stein J, Arena R, Bates B, Cherney LR, Cramer SC et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2016 Jun;47(6):e98-e169. doi:10.1161/STR.0000000000000098.
13. Outpatient Service Trialists. Therapy-based rehabilitation services for stroke patients at home. *Cochrane Database Syst Rev*.

- 2003;2003(1):CD002925. doi:10.1002/14651858.CD002925
14. West T, Churilov L, Bernhardt J. Early Physical Activity and Discharge Destination after Stroke: A Comparison of Acute and Comprehensive Stroke Unit Care. *Rehabil Res Pract*. 2013;2013:1-9. doi:10.1155/2013/498014
  15. Peurala SH, Airaksinen O, Huuskonen P, Jäkälä P, Juhakoski M, Sandell K et al. Effects of intensive therapy using gait trainer or floor walking exercises early after stroke. *J Rehabil Med*. 2009;41(3):166-173. doi:10.2340/16501977-0304
  16. Xing Y, Bai Y. A Review of Exercise-Induced Neuroplasticity in Ischemic Stroke: Pathology and Mechanisms. *Mol Neurobiol*. 2020;57(10):4218-4231. doi:10.1007/s12035-020-02021-1
  17. Altenmüller EO, Bangert M, Liebert G, Gruhn W. Mozart in Us: How the Brain Processes Music. *Med Probl Perform Art*. 2000;15(3):99-106. doi:10.21091/mppa.2000.3020
  18. Pollock A, Baer G, Campbell P, Choo PL, Forster A, Morris J, et al. Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;2014(4):CD001920. doi:10.1002/14651858.CD001920.pub3
  19. Hugues A, Di Marco J, Ribault S, Ardaillon H, Janiaud P, Xue Y et al. Limited evidence of physical therapy on balance after stroke: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2019;14(8):1-22. doi:10.1371/journal.pone.0221700
  20. Arienti C, Lazzarini SG, Pollock A, Negrini S. Rehabilitation interventions for improving balance following stroke: An overview of systematic reviews. *PLoS One*. 2019;14(7):e0219781. doi:10.1371/journal.pone.0219781
  21. English C, Hillier SL, Lynch EA. Circuit class therapy for improving mobility after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;2017(6). doi:10.1002/14651858.CD007513.pub3
  22. Mehrholz J, Pohl M, Kugler J, Elsner B. OriginalArbeit: Verbesserung der Gehfähigkeit nach Schlaganfall. *Dtsch Arztebl Int*. 2018;115(39):639-645. doi:10.3238/arztebl.2018.0639
  23. Magee WL, Clark I, Tamplin J, Bradt J. Music interventions for acquired brain injury. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017 Jan 20;1(1):CD006787. doi: 10.1002/14651858.CD006787.pub3
  24. Yoo GE, Kim SJ. Rhythmic Auditory Cueing in Motor Rehabilitation for Stroke Patients: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Music Ther*. 2016;53(2):149-177. doi:10.1093/jmt/thw003
  25. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;2018(1). doi:10.1002/14651858.CD008349.pub4
  26. Paci M, Risaliti F, Pellicciari L. Reporting of “usual care” as the control

- group in randomized clinical trials of physiotherapy interventions for multiple sclerosis is poor: a systematic review. *Neurol Sci.* 2022;43(9):5207-5216. doi:10.1007/s10072-022-06167-9
27. Díaz-Arribas MJ, Martín-Casas P, Cano-de-la-Cuerda R, Plaza-Manzano G. Effectiveness of the Bobath concept in the treatment of stroke: a systematic review. *Disabil Rehabil.* 2020;42(12):1636-1649. doi:10.1080/09638288.2019.1590865
  28. Mehrholz J, Kugler J, Pohl M. Water-based exercises for improving activities of daily living after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011; 2011(1):CD008186. doi:10.1002/14651858.CD008186.pub2
  29. Veldema J, Jansen P. Aquatic therapy in stroke rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *Acta Neurol Scand.* 2021;143(3):221-241. doi:10.1111/ane.13371
  30. Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. *Neurophysiol Clin Neurophysiol.* 2015;45(4-5):335-355. doi:10.1016/j.neucli.2015.09.005
  31. Kuo AD, Donelan JM. Dynamic Principles of Gait and Their Clinical Implications. *Phys Ther.* 2010;90(2):157-174. doi:10.2522/ptj.20090125
  32. Martín A, Calvo JL, Orejuela J, Barbero FJ, Sánchez C. Fases de la marcha humana. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología.* 1999;2(1):44-49.
  33. Thaut MH. *Rhythm, Music, and the Brain: Cientific Foundations and Clinical Applications.* New York: Routledge; 2005.
  34. Baker R, Esquenazi A, Benedetti MG, Desloovere K. Gait analysis: clinical facts. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2016;52(4):560-570.
  35. Grau-Pellicer M, Chamarro-Lusar A, Medina-Casanovas J, Serdà-Ferrer BC. Walking speed as a predictor of community mobility and quality of life after stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2019;26(5):349-358. doi:10.1080/10749357.2019.1605751
  36. Goto Y, Otaka Y, Suzuki K, Inoue S, Kondo K, Shimizu E. Incidence and circumstances of falls among community-dwelling ambulatory stroke survivors: A prospective study. *Geriatr Gerontol Int.* 2019;19(3):240-244. doi:10.1111/ggi.13594
  37. Li J, Zhong D, Ye J, He M, Liu X, Zheng H et al. Rehabilitation for balance impairment in patients after stroke: a protocol of a systematic review and network meta-analysis. *BMJ Open.* 2019;9(7):e026844. doi:10.1136/bmjopen-2018-026844
  38. Tyson SF, Hanley M, Chillala J, Selley A, Tallis RC. Balance Disability After Stroke. *Phys Ther.* 2006;86(1):30-38. doi:10.1093/ptj/86.1.30
  39. Buvarp D, Rafsten L, Abzhandadze T, Sunnerhagen KS. A cohort study on longitudinal changes in postural balance during the first year after stroke. *BMC Neurol.* 2022:1-12. doi:10.1186/s12883-022-02851-7
  40. Bowden MG, Embry AE, Perry LA, Duncan PW. Rehabilitation of walking

- after stroke. *Curr Treat Options Neurol.* 2012;14(6):521-530.  
doi:10.1007/s11940-012-0198-1
41. Neufeld S, Machacova K, Mossey J, Luborsky M. Walking Ability and Its Relationship to Self-Rated Health in Later Life. *Clin Gerontol.* 2013;36(1):17-32. doi:10.1080/07317115.2012.731477
  42. Mehrholz J, Wagner K, Rutte K, Meißner D, Pohl M. Predictive Validity and Responsiveness of the Functional Ambulation Category in Hemiparetic Patients After Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(10):1314-1319. doi:10.1016/j.apmr.2007.06.764
  43. Tyson SF, Rogerson L. Assistive Walking Devices in Nonambulant Patients Undergoing Rehabilitation After Stroke: The Effects on Functional Mobility, Walking Impairments, and Patients' Opinion. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(3):475-479. doi:10.1016/j.apmr.2008.09.563
  44. Jauset Berrocal JA. *Cerebro y Música, Una Pareja Saludable.* Barcelona: Círculo Rojo, Editorial; 2013.
  45. American Music Therapy Association: What Is Music Therapy? [Internet]. Silver Spring: American Music Therapy Association; 2005 [consultat 2 de Novembre de 2022]. Disponible a:  
<https://www.musictherapy.org/about/musictherapy/>
  46. Mercadal-Brotons M, Martí-Augé P. *Manual de Musicoterapia En Geriatria y Demencias.* 1a ed. España: Monsa-Prayma; 2008.
  47. Poch S. *Compendio de Musicoterapia.* 2a ed. Barcelona: Herder S.A; 2011.
  48. Janka Z. *Musica et medicina.* *Orv Hetil.* 2019;160(11):403-418. doi:10.1556/650.2019.31323
  49. de l'Etoile SK, Roth EA. Music Therapy. Music therapy. In Rentfrow RJ & Levitin DJ (Eds.). *Foundations in music psychology: Theory and research.* 2019: 857–916.
  50. Zhang M, Li F, Wang D, Ba X, Liu Z. Mapping Research Trends from 20 Years of Publications in Rhythmic Auditory Stimulation. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Dec 23;20(1):215. doi: 10.3390/ijerph20010215.
  51. Furuya S. Music therapy as complementary and alternative medicine for neurological disorders. *Neuro-Ophthalmology Japan.* 2013;30(3):267-272.
  52. Galińska E. Music therapy in neurological rehabilitation settings. *Psychiatr Pol.* 2015;49(4):835-846. doi:10.12740/PP/25557
  53. Alvin J. *Musicoterapia.* 5a ed. Barcelona: Paidós Iberica; 1997.
  54. Benenson RO. *Manual de Musicoterapia.* 3a ed. Barcelona: Ediciones Paidós; 2011.
  55. Pohl P, Carlsson G, Käll LB, Nilsson M, Blomstrand C. Experiences from a multimodal rhythm and music-based rehabilitation program in late phase of stroke recovery – A qualitative study. *PLoS One.* 2018;13(9):1-



16. doi:10.1371/journal.pone.0204215
56. Grahn JA. Neural Mechanisms of Rhythm Perception: Current Findings and Future Perspectives. *Top Cogn Sci.* 2012;4(4):585-606. doi:10.1111/j.1756-8765.2012.01213.x
57. Stephan MA, Brown R, Lega C, Penhune V. Melodic Priming of Motor Sequence Performance: The Role of the Dorsal Premotor Cortex. *Front Neurosci.* 2016;10. doi:10.3389/fnins.2016.00210
58. Peyre I, Hanna-Boutros B, Lackmy-Vallee A, Kemlin C, Bayen E, Pradat-Diehl P et al. Music Restores Propriospinal Excitation During Stroke Locomotion. *Front Syst Neurosci.* 2020;14. doi:10.3389/fnsys.2020.00017
59. Forner-Cordero A, Pinho JP, Umemura G, Lourenço JC, Mezêncio B, Itiki C et al. Effects of supraspinal feedback on human gait: Rhythmic auditory distortion. *J Neuroeng Rehabil.* 2019;16(1):1-10. doi:10.1186/s12984-019-0632-7
60. Grau-Sánchez J, Amengual JL, Rojo N, Veciana de Las Heras M, Montero J, Rubio F et al. Plasticity in the sensorimotor cortex induced by Music-supported therapy in stroke patients: a TMS study. *Front Hum Neurosci.* 2013;7. doi:10.3389/fnhum.2013.00494
61. Särkämö T, Tervaniemi M, Laitinen S, Forsblom A, Soinila S, Mikkonen M et al. Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain.* 2008;131(3):866-876. doi:10.1093/brain/awn013
62. Thaut MH, McIntosh GC. Neurologic Music Therapy in Stroke Rehabilitation. *Curr Phys Med Rehabil Reports.* 2014;2(2):106-113. doi:10.1007/s40141-014-0049-y
63. Argstatter H, Hillecke Th, Thaut M, Bolay HV. Musiktherapie in der neurologischen Rehabilitation. Evaluation eines musikmedizinischen Behandlungskonzepts für die Gangrehabilitation von hemiparetischen Patienten nach Schlaganfall. *Neurol Rehabil.* 2007;13(3):159-165.
64. Braun Janzen T, Koshimori Y, Richard NM, Thaut MH. Rhythm and Music-Based Interventions in Motor Rehabilitation: Current Evidence and Future Perspectives. *Front Hum Neurosci.* 2022;15(January):1-21. doi:10.3389/fnhum.2021.789467
65. Ronnie Gardiner Method: Healthcare and rehabilitation in harmony with mind, body and spirit! [Internet]. Sweden: Okategoriserade; 2015 [consultat 5 de novembre de 2022]. Disponible a: <https://www.ronniegardinermethod.com/>
66. Pohl P, Wressle E, Lundin F, Enthoven P, Dizdar N. Group-based music intervention in Parkinson's disease – findings from a mixed-methods study. *Clin Rehabil.* 2020. doi:10.1177/0269215520907669
67. Thornberg K, Josephsson S, Lindquist I. Experiences of participation in rhythm and movement therapy after stroke. *Disabil Rehabil.* 2014;36(22):1869-1874. doi:10.3109/09638288.2013.876107

68. Pohl P, Dizdar N, Hallert E. The Ronnie Gardiner Rhythm and Music Method – a feasibility study in Parkinson’s disease. *Disabil Rehabil.* 2013;35(26):2197-2204. doi:10.3109/09638288.2013.774060
69. Särkämö T, Ripollés P, Vepsäläinen H, Autti T, Silvennoinen HM, Salli E et al. Structural Changes Induced by Daily Music Listening in the Recovering Brain after Middle Cerebral Artery Stroke: A Voxel-Based Morphometry Study. *Front Hum Neurosci.* 2014;8:245. doi:10.3389/fnhum.2014.00245
70. Chatterjee D, Hegde S, Thaut M. Neural plasticity: The substratum of music-based interventions in neurorehabilitation. *NeuroRehabilitation.* 2021;48(2):155-166. doi:10.3233/NRE-208011
71. Ripollés P, Rojo N, Grau-Sanchez J, Amengual JL, Càmarà E, Marco-Pallarés J et al. Music supported therapy promotes motor plasticity in individuals with chronic stroke. *Brain Imaging Behav.* 2016;10(4):1289-1307. doi:10.1007/s11682-015-9498-x
72. Jamali S, Fujioka T, Ross B. Neuromagnetic beta and gamma oscillations in the somatosensory cortex after music training in healthy older adults and a chronic stroke patient. *Clin Neurophysiol.* 2014;125(6):1213-1222. doi:10.1016/j.clinph.2013.10.045
73. Teasell R, Salbach NM, Foley N, Mountain A, Cameron JI, Jong A, et al. Canadian Stroke Best Practice Recommendations: Rehabilitation, Recovery, and Community Participation following Stroke. Part One: Rehabilitation and Recovery Following Stroke; 6th Edition Update 2019. *Int J Stroke.* 2020 Oct;15(7):763-788. doi: 10.1177/1747493019897843
74. Thaut C, Stephan KM. Neurologic Music Therapy in Sensorimotor Rehabilitation. In: Thaut MH, Hodges DA, eds. *The Oxford Handbook of Music and the Brain.* Oxford University Press; 2019:693-714. doi:10.1093/oxfordhb/9780198804123.013.27
75. Schaefer RS. Auditory rhythmic cueing in movement rehabilitation: findings and possible mechanisms. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2014;369(1658):20130402. doi:10.1098/rstb.2013.0402
76. Ghai S, Ghai I, Effenberg AO. Effect of Rhythmic Auditory Cueing on Aging Gait: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Aging Dis.* 2018;9(5):901. doi:10.14336/AD.2017.1031
77. Thaut MH. Entrainment and the Motor System. *Music Ther Perspect.* 2013;31(1):31-34. doi:10.1093/mtp/31.1.31
78. Giovannelli F, Innocenti I, Rossi S, Borgheresi A, Ragazzoni A, Zaccara G et al. Role of the Dorsal Premotor Cortex in Rhythmic Auditory-Motor Entrainment: A Perturbational Approach by rTMS. *Cereb Cortex.* 2014;24(4):1009-1016. doi:10.1093/cercor/bhs386
79. Turner B, Mitas AW. Rhythmic Auditory Stimulation. Biocybernetics Dimension of Music Entrainment. In: Pietka E, Badura P, Kawa J, Wieclawek W. (eds) *Information Technology in Biomedicine. ITIB 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1011.* Springer,

- Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23762-2\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23762-2_40)
80. Henao D, Navarrete M, Valderrama M, Le Van Quyen M. Entrainment and synchronization of brain oscillations to auditory stimulations. *Neurosci Res.* 2020;156:271-278. doi:10.1016/j.neures.2020.03.004
  81. Mainka S, Wissel J, Völler H, Evers S. The use of rhythmic auditory stimulation to optimize treadmill training for stroke patients: A randomized controlled trial. *Front Neurol.* 2018;9:755. doi:10.3389/fneur.2018.00755
  82. Moumdjian L, Sarkamo T, Leone C, Leman M, Feys P. Effectiveness of music-based interventions on motricity or cognitive functioning in neurological populations: A systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2017;53(3):466-482. doi:10.23736/S1973-9087.16.04429-4
  83. Shin YK, Chong HJ, Kim SJ, Cho SR. Effect of rhythmic auditory stimulation on hemiplegic gait patterns. *Yonsei Med J.* 2015;56(6):1703-1713. doi:10.3349/ymj.2015.56.6.1703
  84. Lee S, Lee K, Song C. Gait training with bilateral rhythmic auditory stimulation in stroke patients: A randomized controlled trial. *Brain Sci.* 2018;8(9):164. doi:10.3390/brainsci8090164
  85. Coste A, Salesse RN, Gueugnon M, Marin L, Bardy BG. Standing or swaying to the beat: Discrete auditory rhythms entrain stance and promote postural coordination stability. *Gait Posture.* 2018;59:28-34. doi:10.1016/j.gaitpost.2017.09.023
  86. Suh JH, Han SJ, Jeon SY, Kim HJ, Lee JE, Yoon TS. Effect of rhythmic auditory stimulation on gait and balance in hemiplegic stroke patients. Parente R, ed. *NeuroRehabilitation.* 2014;34(1):193-199. doi:10.3233/NRE-131008
  87. Schaffert N, Janzen TB, Mattes K, Thaut MH. A review on the relationship between sound and movement in sports and rehabilitation. *Front Psychol.* 2019;10(FEB):1-20. doi:10.3389/fpsyg.2019.00244
  88. Ghai S, Ghai I. Effects of (music-based) rhythmic auditory cueing training on gait and posture post-stroke: A systematic review & dose-response meta-analysis. *Sci Rep.* 2019;9(1):1-11. doi:10.1038/s41598-019-38723-3
  89. Zhang YYQS, Cai JY, Zhang YYQS, Ren TS, Zhao MY, Zhao QC. Improvement in Stroke-induced Motor Dysfunction by Music-supported Therapy: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sci Rep.* 2016;6(1):38521. doi:10.1038/srep38521
  90. Fitzgerald K. Efficacy of Rhythmic Auditory Stimulation on Ataxia and Functional Dependence Post-Cerebellar Stroke. [Tesis a Internet] New Haven: Yale University; 2020 [Consultat 14 de juny de 2022]. Disponible a: [https://elischolar.library.yale.edu/ysmpa\\_theses/13/](https://elischolar.library.yale.edu/ysmpa_theses/13/)
  91. Sihvonen AJ, Särkämö T, Leo V, Tervaniemi M, Altenmüller E, Soinila S. Music-based interventions in neurological rehabilitation. *Lancet Neurol.* 2017;16(8):648-660. doi:10.1016/S1474-4422(17)30168-0
  92. Tramontano M, De Angelis S, Mastrogiacomo S, Princi AA, Ciancarelli I,

- Frizziero A et al. Music-based techniques and related devices in neurorehabilitation: a scoping review. *Expert Rev Med Devices*. 2021;18(8):733-749. doi:10.1080/17434440.2021.1947793
93. Wang Y, Pan WY, Li F, Ge JS, Zhang X, Luo X et al. Effect of Rhythm of Music Therapy on Gait in Patients with Stroke. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2021;30(3):105544. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105544
94. Van Criekeing T, D'Août K, O'Brien J, Coutinho E. The Influence of Sound-Based Interventions on Motor Behavior After Stroke: A Systematic Review. *Front Neurol*. 2019;10:1141. doi:10.3389/fneur.2019.01141
95. Flansbjer UB, Downham D, Lexell J. Knee Muscle Strength, Gait Performance, and Perceived Participation After Stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(7):974-980. doi:10.1016/j.apmr.2006.03.008
96. Otokita S, Uematsu H, Kunisawa S, Sasaki N, Fushimi K, Imanaka Y. Impact of rehabilitation start time on functional outcomes after stroke. *J Rehabil Med*. 2020;53(1):jrm00145. doi:10.2340/16501977-2775
97. Wang L, Peng JL, Xiang W, Huang YJ, Chen AL. Effects of rhythmic auditory stimulation on motor function and balance ability in stroke: A systematic review and meta-analysis of clinical randomized controlled studies. *Front Neurosci*. 2022;16:1043575. doi:10.3389/fnins.2022.1043575
98. Tinetti ME. Performance-Oriented Assessment of Mobility Problems in Elderly Patients. *J Am Geriatr Soc*. 1986;34(2):119-126. doi:10.1111/j.1532-5415.1986.tb05480.x
99. Podsiadlo D, Richardson S. The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142-148. doi:10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x
100. Franchignoni F, Horak F, Godi M, Nardone A, Giordano A. Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: the mini-BESTest. *J Rehabil Med*. 2010;42(4):323-331. doi:10.2340/16501977-0537
101. Torres Narváez MR, Luna Corrales GA, Rangel Piñeros MC, Pardo Oviedo JM, Alvarado Quintero H. Adaptación transcultural al castellano del sistema de evaluación del equilibrio (BESTest) en adultos mayores. *Rev Neurol*. 2018;67(10):373. doi:10.33588/rn.6710.2018120
102. Scrivener K, Schurr K, Sherrington C. Responsiveness of the ten-metre walk test, Step Test and Motor Assessment Scale in inpatient care after stroke. *BMC Neurol*. 2014;14(1):1-7. doi:10.1186/1471-2377-14-129
103. Lima E, Teixeira-Salmela LF, Magalhães LC, Laurentino GE, Simões LC, Moretti E et al. Measurement properties of the Brazilian version of the Motor Assessment Scale, based on Rasch analysis. *Disabil Rehabil*. 2019;41(9):1095-1100. doi:10.1080/09638288.2017.1419383
104. Ahmed GM, Fahmy EM, Ibrahim MF, Nassief AA, Elshebawy H, Mahfouz MM et al. Efficacy of rhythmic auditory stimulation on gait parameters in hemiplegic stroke patients: a randomized controlled trial. *Egypt J Neurol*

- Psychiatry Neurosurg. 2023;59(1):4-9. doi:10.1186/s41983-023-00606-w
105. Bunketorp-Käll L, Lundgren-Nilsson Å, Samuelsson H, Pekny T, Blomvé K, Pekna M et al. Long-Term Improvements after Multimodal Rehabilitation in Late Phase after Stroke. *Stroke*. 2017;48(7):1916-1924. doi:10.1161/STROKEAHA.116.016433
  106. Bunketorp-Käll L, Pekna M, Pekny M, Blomstrand C, Nilsson M. Effects of horse-riding therapy and rhythm and music-based therapy on functional mobility in late phase after stroke. *NeuroRehabilitation*. 2019;45(4):483-492. doi:10.3233/NRE-192905
  107. Cha Y, Kim Y, Chung Y. Immediate Effects of Rhythmic Auditory Stimulation with Tempo Changes on Gait in Stroke Patients. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(4):479-482. doi:10.1589/jpts.26.479
  108. Cha Y, Kim Y, Hwang S, Chung Y. Intensive gait training with rhythmic auditory stimulation in individuals with chronic hemiparetic stroke: A pilot randomized controlled study. *NeuroRehabilitation*. 2014;35(4):681-688. doi:10.3233/NRE-141182
  109. Cho H, Kim K. Effects of Action Observation Training with Auditory Stimulation on Static and Dynamic Balance in Chronic Stroke Patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2020;29(5):104775. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104775
  110. Choi J, Kim JH. Effects of multi-directional step-up training with rhythmic auditory stimulation on gait and balance ability in stroke patients. *WSEAS Trans Environ Dev*. 2021;17:758-763. doi:10.37394/232015.2021.17.72
  111. Collimore AN, Roto Cataldo A V, Aiello AJ, Sloutsky R, Hutchinson KJ, Harris B et al. Autonomous Control of Music to Retrain Walking After Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2023;37(5):255-265. doi:10.1177/15459683231174223
  112. Chouhan S, Kumar S. Comparing the effects of rhythmic auditory cueing and visual cueing in acute hemiparetic stroke. *Int J Ther Rehabil*. 2012;19(6):344-351. doi:10.12968/ijtr.2012.19.6.344
  113. Elsner B, Schöler A, Kon T, Mehrholz J. Walking with rhythmic auditory stimulation in chronic patients after stroke: A pilot randomized controlled trial. *Physiother Res Int*. 2020;25(1). doi:10.1002/pri.1800
  114. Gonzalez-Hoelling S, Bertran-Noguer C, Reig-Garcia G, Suñer-Soler R. Effects of a Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Gait and Balance in Subacute Stroke. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(4):1-14. doi:10.3390/ijerph18042032
  115. Hutchinson K, Sloutsky R, Collimore A, Adams B, Harris B, Ellis TD et al. A Music-Based Digital Therapeutic: Proof-of-Concept Automation of a Progressive and Individualized Rhythm-Based Walking Training Program After Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2020;34(11):986-996. doi:10.1177/1545968320961114
  116. Kim J, Park S, Lim H, Park G, Kim M, Lee B. Effects of the Combination of Rhythmic Auditory Stimulation and Task-oriented Training on



- Functional Recovery of Subacute Stroke Patients. *J Phys Ther Sci.* 2012;24(12):1307-1313. doi:10.1589/jpts.24.1307
117. Ko BW, Lee HY, Song WK. Rhythmic auditory stimulation using a portable smart device: short-term effects on gait in chronic hemiplegic stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(5):1538-1543. doi:10.1589/jpts.28.1538
  118. Kobinata N, Ueno M, Imanishi Y, Yoshikawa H. Immediate effects of rhythmic auditory stimulation on gait in stroke patients in relation to the lesion site. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(9):2441-2444. doi:10.1589/jpts.28.2441
  119. Lee SY, Seok H, Kim SH, Park M, Kim J. Immediate effects of mental singing while walking on gait disturbance in hemiplegic stroke patients: A feasibility study. *Ann Rehabil Med.* 2018;42(1):1-7. doi:10.5535/arm.2018.42.1.1
  120. Song GB, Ryu HJ. Effects of gait training with rhythmic auditory stimulation on gait ability in stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(5):1403-1406. doi:10.1589/jpts.28.1403
  121. Yang CH, Kim JH, Lee BH, Ho Yang C, Hee Kim J, Hee Lee B. Effects of Real-time Auditory Stimulation Feedback on Balance and Gait after Stroke: a Randomized Controlled Trial. *J Exp Stroke Transl Med.* 2017;09(01). doi:10.4172/1939-067X.1000148
  122. Street A, Zhang J, Pethers S, Wiffen L, Bond K, Palmer H. Neurologic music therapy in multidisciplinary acute stroke rehabilitation: Could it be feasible and helpful? *Top Stroke Rehabil.* 2020;27(7):541-552. doi:10.1080/10749357.2020.1729585
  123. Tian RJ, Zhang B, Zhu YL. Rhythmic Auditory Stimulation as an Adjuvant Therapy Improved Post-stroke Motor Functions of the Upper Extremity: A Randomized Controlled Pilot Study. *Front Neurosci.* 2020;14(Jun):1-10. doi:10.3389/fnins.2020.00649
  124. Kwakkel G, Van Peppen R, Wagenaar RC, Wood-Dauphinee S, Richards C et al. Effects of augmented exercise therapy time after stroke: A meta-analysis. *Stroke.* 2004;35(11):2529-2536. doi:10.1161/01.STR.0000143153.76460.7d
  125. Thaut MH, Leins AK, Rice RR, Argstatter H, Kenyon GP, McIntosh GC et al. Rhythmic Auditory Stimulation Improves Gait More Than NDT/Bobath Training in Near-Ambulatory Patients Early Poststroke: A Single-Blind, Randomized Trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2007;21(5):455-459. doi:10.1177/1545968307300523
  126. Lewek MD, Hill C, Braun CH, Giuliani C. The Role of Movement Errors in Modifying Spatiotemporal Gait Asymmetry Post-Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Clin Rehabil.* 2019;32(2):161-172. doi:10.1177/0269215517723056.
  127. French B, Thomas LH, Leathley MJ, Sutton CJ, McAdam J, Forster A et al. Repetitive task training for improving functional ability after stroke.

Cochrane Database Syst Rev. 2007 Oct 17;(4):CD006073. doi: 10.1002/14651858.CD006073.pub2. Actualitzat: Cochrane Database Syst Rev. 2016 Nov 14;11:CD006073.

128. Canbek J, Fulk G, Nof L, Echternach J. Test-Retest Reliability and Construct Validity of the Tinetti Performance-Oriented Mobility Assessment in People With Stroke. *J Neurol Phys Ther.* 2013;37(1):14-19. doi:10.1097/NPT.0b013e318283ffcc
129. Hafsteinsdóttir TB, Rensink M, Schuurmans M. Clinimetric Properties of the Timed Up and Go Test for Patients With Stroke: A Systematic Review. *Top Stroke Rehabil.* 2014;21(3):197-210. doi:10.1310/tsr2103-197
130. François C, Grau-Sánchez J, Duarte E, Rodriguez-Fornells A. Musical training as an alternative and effective method for neuro-education and neuro-rehabilitation. *Front Psychol.* 2015;6:475. doi:10.3389/fpsyg.2015.00475
131. Jönsson AC, Lindgren I, Delavaran H, Norrving B, Lindgren A. Falls After Stroke: A Follow-up after Ten Years in Lund Stroke Register. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2021;30(6):105770. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105770
132. Zukowski LA, Feld JA, Giuliani CA, Plummer P. Relationships between gait variability and ambulatory activity post stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2019;26(4):255-260. doi: 10.1080/10749357.2019.1591038
133. Diehl TL, Yu JN, Storer FM, Malek MH. Listening to Music Pretask on Neuromuscular Fatigue During Exercise: Preferred vs. Nonpreferred Music. *J Strength Cond Res.* 2023;37(7):1537-1542. doi:10.1519/JSC.0000000000004469
134. Swarbrick D, Bosnyak D, Livingstone SR, Bansal J, Marsh-Rollo S, Whoolhouse MH et al. How Live Music Moves Us: Head Movement Differences in Audiences to Live Versus Recorded Music. *Front Psychol.* 2019;9. doi:10.3389/fpsyg.2018.02682
135. Bagg S, Pombo AP, Hopman W. Effect of Age on Functional Outcomes After Stroke Rehabilitation. *Stroke.* 2002;33(1):179-185. doi:10.1161/hs0102.101224
136. Salvadori E, Papi G, Insalata G, Rinnoci V, Donnini I, Martini M et al. Comparison between Ischemic and Hemorrhagic Strokes in Functional Outcome at Discharge from an Intensive Rehabilitation Hospital. *Diagnostics.* 2020;11(1):38. doi:10.3390/diagnostics11010038
137. Konoike N, Nakamura K. Cerebral Substrates for Controlling Rhythmic Movements. *Brain Sci.* 2020;10(8):514. doi:10.3390/brainsci10080514
138. Kotz SAE, Schwartze M. Differential Input of the Supplementary Motor Area to a Dedicated Temporal Processing Network: Functional and Clinical Implications. *Front Integr Neurosci.* 2011;5(86):1-4. doi:10.3389/fnint.2011.00086
139. Schwartze M, Keller PE, Patel AD, Kotz SA. The impact of basal ganglia

- lesions on sensorimotor synchronization, spontaneous motor tempo, and the detection of tempo changes. *Behav Brain Res.* 2011;216(2):685-691. doi:10.1016/j.bbr.2010.09.015
140. Laufer Y, Sivan D, Schwarzmann R, Sprecher E. Standing Balance and Functional Recovery of Patients with Right and Left Hemiparesis in the Early Stages of Rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair.* 2003;17(4):207-213. doi:10.1177/0888439003259169
  141. Cramer SC, Lin DJ, Finklestein SP. Domain-Specific Outcome Measures in Clinical Trials of Therapies Promoting Stroke Recovery: A Suggested Blueprint. *Stroke.* 2023;54(3). doi:10.1161/STROKEAHA.122.042313
  142. Tecchio F, Salustri C, Thaut MH, Pasqualetti P, Rossini PM. Conscious and preconscious adaptation to rhythmic auditory stimuli: a magnetoencephalographic study of human brain responses. *Exp Brain Res.* 2000;135(2):222-230. doi:10.1007/s002210000507
  143. Parsons L, Thaut M. Functional neuroanatomy of the perception of musical rhythm in musicians and non-musicians. *Neuroimage.* 2001;13(6):925. doi:10.1016/S1053-8119(01)92267-0
  144. Scataglini S, Van Dyck Z, Declercq V, Van Cleemput G, Struyf N, Truijen S. Effect of Music Based Therapy Rhythmic Auditory Stimulation (RAS) Using Wearable Device in Rehabilitation of Neurological Patients: A Systematic Review. *Sensors.* 2023;23(13):5933. doi:10.3390/s23135933
  145. Pfeiffer K, Clements J, Smith M, Gregoire M, Conti C. Does rhythmic auditory stimulation compared to no rhythmic auditory stimulation improve patient's static and dynamic standing balance post stroke? *Phys Ther Rev.* 2019;24(5):216-222. doi:10.1080/10833196.2019.1666220
  146. Langhammer B, Lindmark B, Stanghelle JK. Physiotherapy and physical functioning post-stroke: Exercise habits and functioning 4 years later? Long-term follow-up after a 1-year long-term intervention period: A randomized controlled trial. *Brain Inj.* 2014;28(11):1396-1405. doi:10.3109/02699052.2014.919534
  147. Gonzalez-Hoelling S, Reig-Garcia G, Bertran-Noguer C, Suñer-Soler R. The Effect of Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Balance and Functional Outcomes after Stroke. *Healthcare.* 2022;10(5):899. doi:10.3390/healthcare10050899
  148. Lam T, Noonan VK, Eng JJ. A systematic review of functional ambulation outcome measures in spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2008;46(4):246-254. doi:10.1038/sj.sc.3102134





## CAPÍTOL 8. ANNEXES



<b>Escala de Tinetti para la valoración de la marcha y el equilibrio</b>
--

**Indicada:** Detectar precozmente el Riesgo de caídas en ancianos a un año vista.

**Administración:** Realizar una aproximación realizando la pregunta al paciente ¿Teme usted caerse?. Se ha visto que el Valor Predictivo positivo de la respuesta afirmativa es alrededor del 63% y aumenta al 87% en ancianos frágiles.

Tiempo de cumplimentación 8-10 min. Caminando el evaluador detrás del anciano, se le solicita que responda a las preguntas de la subescala de marcha. Para contestar la subescala de equilibrio el entrevistador permanece de pie junto al anciano (enfrente y a la derecha).

La puntuación se totaliza cuando el paciente se encuentra sentado.

**Interpretación:**

A mayor puntuación mejor funcionamiento. La máxima puntuación de la subescala de marcha es 12 , para la del equilibrio 16. La suma de ambas puntuaciones para el riesgo de caídas.

A mayor puntuación>>>menor riesgo

<19 Alto riesgo de caídas

**19-24 Riesgo de caídas**

Propiedades psicométricas: no esta validada en Español y en nuestro contexto.

**ESCALA DE TINETTI. PARTE I: EQUILIBRIO**

Instrucciones: sujeto sentado en una silla sin brazos

<i>EQUILIBRIO SENTADO</i>	
Se inclina o desliza en la silla.....	0
Firme y seguro.....	1
<i>LEVANTARSE</i>	
Incapaz sin ayuda.....	0
Capaz utilizando los brazos como ayuda.....	1
Capaz sin utilizar los brazos.....	2
<i>INTENTOS DE LEVANTARSE</i>	
Incapaz sin ayuda.....	0
Capaz, pero necesita más de un intento.....	1
Capaz de levantarse con un intento.....	2
<i>EQUILIBRIO INMEDIATO (5) AL LEVANTARSE</i>	
Inestable (se tambalea, mueve los pies, marcado balanceo del tronco)...	0
Estable, pero usa andador, bastón, muletas u otros objetos.....	1
Estable sin usar bastón u otros soportes.....	2
<i>EQUILIBRIO EN BIPEDESTACION</i>	
Inestable.....	0
Estable con aumento del área de sustentación (los talones separados más de 10 cm.) o usa bastón, andador u otro soporte.....	1
Base de sustentación estrecha sin ningún soporte.....	2
<i>EMPUJON</i> (sujeto en posición firme con los pies lo más juntos posible; el examinador empuja sobre el esternón del paciente con la palma 3 veces).	

Tiende a caerse.....	0
Se tambalea, se sujeta, pero se mantiene solo.....	1
Firme.....	2
<i>OJOS CERRADOS (en la posición anterior)</i>	
Inestable.....	0
Estable.....	1
<i>GIRO DE 360°</i>	
Pasos discontinuos.....	0
Pasos continuos.....	1
Inestable (se agarra o tambalea).....	0
Estable.....	1
<i>SENTARSE</i>	
Inseguro.....	0
Usa los brazos o no tiene un movimiento suave.....	1
Seguro, movimiento suave.....	2

**TOTAL EQUILIBRIO / 16**

### **ESCALA DE TINETTI. PARTE II: MARCHA**

Instrucciones: el sujeto de pie con el examinador camina primero con su paso habitual, regresando con “paso rápido, pero seguro” (usando sus ayudas habituales para la marcha, como bastón o andador)

<i>COMIENZA DE LA MARCHA (inmediatamente después de decir “camine”</i>	
Duda o vacila, o múltiples intentos para comenzar.....	0
No vacilante.....	1
<i>LONGITUD Y ALTURA DEL PASO</i>	
El pie derecho no sobrepasa al izquierdo con el paso en la fase de balanceo.....	0
El pie derecho sobrepasa al izquierdo.....	1
El pie derecho no se levanta completamente del suelo con el paso en la fase del balanceo.....	0
El pie derecho se levanta completamente.....	1
El pie izquierdo no sobrepasa al derecho con el paso en la fase del balanceo.....	0
El pie izquierdo sobrepasa al derecho con el paso.....	1
El pie izquierdo no se levanta completamente del suelo con el paso en la fase de balanceo.....	0
El pie izquierdo se levanta completamente.....	1
<i>SIMETRIA DEL PASO</i>	
La longitud del paso con el pie derecho e izquierdo es diferente (estimada).....	0
Los pasos son iguales en longitud.....	1
<i>CONTINUIDAD DE LOS PASOS</i>	

Para o hay discontinuidad entre pasos.....	0
Los pasos son continuos.....	1
TRAYECTORIA (estimada en relación con los baldosines del suelo de 30 cm. de diámetro; se observa la desviación de un pie en 3 cm. De distancia)	
Marcada desviación.....	0
Desviación moderada o media, o utiliza ayuda.....	1
Derecho sin utilizar ayudas.....	2
TRONCO	
Marcado balanceo o utiliza ayudas.....	0
No balanceo, pero hay flexión de rodillas o espalda o extensión hacia fuera de los brazos.....	1
No balanceo no flexión, ni utiliza ayudas.....	2
POSTURA EN LA MARCHA	
Talones separados.....	0
Talones casi se tocan mientras camina.....	1

**TOTAL MARCHA / 12**

**TOTAL GENERAL / 28**

1. Tinetti, M.E.; Williams, T. Frankin; Mayewski, R. (1986). "Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities". *American Journal of Medicine* **80** (3): 429–434. [PMID 3953620](#).
2. Tinetti, M.E., Baker, D.I., Gottschalk, M., Garrett, P., McGeary, S., Pollack, D. y Charpentier, P. 1997, «Systematic home-based physical and functional therapy for older persons after hip fracture», *Arch Phys Med Rehabil*, 78 (11): 1237-1247.
3. Tinetti, M.E., Mendes de León, C.F., Doucette, J.T. y Baker, D.I. 1994, «Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders», *J Gerontol*, 49 (3): 140-147.



Mini-BESTest: Test de evaluación de los sistemas de equilibrio

Nombre / código del sujeto	Fecha	Evaluador/a
----------------------------	-------	-------------

**ANTICIPATORIO****SUBPUNTUACIÓN: /6****1. SENTADO A DE PIE**

Instrucción: "Cruce los brazos sobre el tórax". Intente no usar las manos salvo que lo necesite. No deje que sus piernas se apoyen contra el borde de la silla cuando esté de pie. Por favor, ahora póngase de pie.

- (2) Normal: Se pone de pie sin usar las manos y se estabiliza independientemente.
- (1) Moderado: Se pone de pie USANDO sus manos en el primer intento.
- (0) Grave: Incapaz de ponerse de pie desde la silla sin ayuda de un asistente O precisa de varios intentos con la ayuda de sus manos.

**2. PONERSE DE PUNTILLAS**

Instrucción: "Coloque sus pies separados a la anchura de los hombros. Coloque sus manos en sus caderas. Intente ponerse tan alto como pueda de puntillas. Contaré en voz alta hasta 3. Intente mantenerse en esa posición al menos 3 segundos. Mire al frente. Levante ahora."

- (2) Normal: Estable durante 3 segundos con la altura máxima.
- (1) Moderado: Levanta los talones, pero no con el rango máximo (más pequeño que cuando se sujeta con las manos) O notable inestabilidad durante 3 s.
- (0) Grave: < 3 s.

**3. APOYO MONOPODAL**

Instrucción: "Mire al frente. Mantenga las manos en sus caderas. Póngase a la pata coja (levantando su pierna hacia atrás). No toque con su pierna elevada la pierna de apoyo. Permanezca sobre la pierna tanto como pueda. Mire al frente. Levante ahora."

Izda: Tpo en s Prueba 1:	Prueba 2:	Dcha: Tpo en s Prueba 1:	Prueba 2:
(2) Normal: 20 s		(2) Normal: 20 s	
(1) Moderado: < 20 s		(1) Moderado: < 20 s	
(0) Grave: incapaz		(0) Grave: incapaz	

**Para registrar cada lado por separado use la prueba de mayor duración. Para calcular la subpuntuación y la puntuación total use el lado [izdo o dcho] con la puntuación numérica más baja [el lado peor].**

**CONTROL POSTURAL REACTIVO****SUBPUNTUACIÓN: /6****4. CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO- HACIA DELANTE**

Instrucción: "Coloque sus pies separados a la anchura de los hombros, brazos a los lados. Inclínese hacia delante apoyándose en mis manos más allá de sus límites anteriores. Cuando lo suelte haga lo que sea necesario, incluido dar un paso, para evitar una caída."

- (2) Normal: Recupera de forma independiente con un solo y gran paso (el segundo paso de realineación es permitido).
- (1) Moderado: usa más de un paso para recuperar el equilibrio.
- (0) Grave: sin paso O podría caer si no fuera cogido O cae de manera espontánea.

**5. CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO- HACIA ATRÁS**

Instrucción: "Coloque sus pies separados a la anchura de los hombros, brazos a los lados. Inclínese hacia detrás contra mis manos más allá de sus límites posteriores. Cuando lo suelte haga lo que sea necesario, incluido dar un paso, para evitar una caída."

- (2) Normal: Recupera de forma independiente con un solo y gran paso (el segundo paso de realineación es permitido).
- (1) Moderado: usa más de un paso para recuperar el equilibrio.
- (0) Grave: sin paso O podría caer si no fuera cogido O cae de manera espontánea.

**6. CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO- LATERAL**

Instrucción: "De pie con los pies juntos, brazos a los lados. Inclínese hacia mi mano más allá de sus límites laterales. Cuando lo suelte, haga lo que sea necesario, incluido dar un paso, para evitar una caída."

Izquierda	Derecha
(2) Normal: recupera de forma independiente con un paso (cruza- do o lateral es correcto).	(2) Normal: recupera de forma independiente con un paso (cruza- do o lateral es correcto).
(1) Moderado: varios pasos para recuperar el equilibrio.	(1) Moderado: varios pasos para recuperar el equilibrio.
(0) Grave: caída o no puede dar el paso.	(0) Grave: caída o no puede dar el paso.

**Use el lado con la puntuación más baja para calcular la subpuntuación y la puntuación total.**



**ORIENTACIÓN SENSORIAL**

SUBPUNTUACIÓN: /6

**7. DE PIE (PIES JUNTOS); OJOS ABIERTOS, SUPERFICIE FIRME**

Instrucción: "Coloque sus manos en sus caderas. Coloque sus pies juntos hasta que casi se toquen. Mire al frente. Permanezca tan estable como sea posible, hasta que yo diga que pare."

Tiempo en segundos:

- (2) Normal: 30 s.  
 (1) Moderado: < 30 s.  
 (0) Grave: incapaz.

**8. DE PIE (PIES JUNTOS); OJOS CERRADOS, SUPERFICIE GOMAESPUMA**

Instrucción: "Póngase en la gomaespuma. Coloque sus manos en las caderas. Coloque sus pies tan juntos que casi se toquen. Permanezca tan estable como sea posible, hasta que le diga que pare. Comenzaré a cronometrar cuando cierre sus ojos"

Tiempo en segundos:

- (2) Normal: 30 s.  
 (1) Moderado: < 30 s.  
 (0) Grave: incapaz.

**9. INCLINADO- OJOS CERRADOS**

Instrucción: "Sitúese en la rampa inclinada. Coloque los dedos de sus pies en la parte más elevada de la rampa. Coloque sus pies separados a la anchura de los hombros y sus brazos abajo a ambos lados del cuerpo. Comenzaré a cronometrar cuando cierre sus ojos."

Tiempo en segundos:

- (2) Normal: Bipedestación independiente 30 s y se alinea con la gravedad.  
 (1) Moderado: Bipedestación independiente <30 s O se alinea con la superficie  
 (0) Grave: incapaz.

**MARCHA DINÁMICA**

SUBPUNTUACIÓN: /10

**10. CAMBIO EN LA VELOCIDAD DE MARCHA**

Instrucción: "Comience a caminar a su velocidad normal. Cuando le diga "más rápido", camine tan rápido como pueda. Cuando le diga "lento", camine muy lentamente."

- (2) Normal: Cambios significativos en la velocidad de marcha sin desequilibrio  
 (1) Moderado: Incapaz de cambiar la velocidad de marcha o signos de desequilibrio.  
 (0) Grave: Incapaz de realizar cambios significativos en la velocidad de marcha y signos de desequilibrio.

**11. CAMINAR CON GIROS DE CABEZA – HORIZONTAL**

Instrucción: "Comience caminando a su velocidad habitual. Cuando le diga "derecha", gire su cabeza y mire hacia la derecha. Cuando le diga "izquierda", gire su cabeza y mire hacia la izquierda. Intente mantenerse caminando en línea recta".

- (2) Normal: realiza los giros de cabeza sin cambios en la velocidad de marcha y con buen equilibrio.  
 (1) Moderado: realiza giros de cabeza con disminución de la velocidad de marcha.  
 (0) Grave: realiza giros de cabeza con desequilibrio.

**12. CAMINAR CON GIROS DE PIVOTE**

Instrucción: "Comience caminando a su velocidad habitual. Cuando le diga "gire y pare", dé la vuelta tan rápido como pueda y pare. Después del giro sus pies deben estar próximos."

- (2) Normal: gira con los pies próximos RÁPIDO (< 3 pasos) con buen equilibrio.  
 (1) Moderado: Gira con los pies próximos ESPACIO (>4 pasos) con buen equilibrio.  
 (0) Grave: No puede girar con los pies próximos a ninguna velocidad sin desequilibrio.

**13. PASO POR ENCIMA DE OBSTÁCULOS**

Instrucción: "Comience caminando a su velocidad habitual. Cuando le diga "a la caja", pase por encima de ella, no alrededor y siga caminando".

- (2) Normal: Capaz de pasar por encima de la caja con cambio mínimo en la velocidad de marcha y con buen equilibrio.  
 (1) Moderado: Pasos por encima de la caja pero la toca O lo hace con prudencia entreciendo la marcha.  
 (0) Grave: Incapaz de pasar por encima de la caja O pasos alrededor de la caja.

**14. TEST UP & GO (TUG) (en español: "LEVANTARSE E IR") CRONOMETRADO CON DOBLE TAREA (MARCHA 3 METROS)**

Instrucción TUG: "Cuando le diga "vaya", levántese de la silla, camine a su velocidad normal cruzando la cinta del suelo, dé la vuelta y siéntese en la silla".

Instrucción TUG con doble tarea: "Cuenta hacia atrás de 3 en 3 comenzando en ... . Cuando le diga "vaya", levántese de la silla, camine a su velocidad normal cruzando la cinta del suelo, dé la vuelta y siéntese en la silla. Continúe contando hacia atrás todo el tiempo."

TUG: segundos TUG doble tarea: segundos

- (2) Normal: Sin cambios reseñables en sentarse, ponerse de pie o caminar mientras cuenta hacia atrás comparado con el TUG sin doble tarea.  
 (1) Moderado: La tarea dual afecta al contar O al caminar (>10%) comparado con el TUG sin doble tarea.  
 (0) Grave: Para de contar mientras camina O para de caminar mientras cuenta.

**Cuando puntúe el ítem 14, si la velocidad del sujeto se enlentece más del 10% entre el TUG sin y con tarea dual, la puntuación debería disminuir en un punto.**

PUNTUACIÓN TOTAL: /28

## Instrucciones para el Mini-BESTest

**Condiciones del sujeto:** el sujeto debería ser valorado con zapatos planos O sin zapatos ni calcetines.

**Equipamiento:** Gomaespuma Temper® (también llamada T-foam™ de 10 cm de grosor, densidad media (T41, clasificación de fire za), silla sin reposabrazos o ruedas, rampa inclinada, cronómetro, una caja (de 23 cm altura) y una marca con cinta adhesiva a 3 metros de distancia de la silla, pegada en el suelo.

**Puntuación:** El test tiene una puntuación máxima de **28 puntos para 14 ítems**, valorados cada uno de ellos de 0 a 2.

"0" indica el nivel de función más bajo y "2" el nivel de función más alto.

Si un sujeto necesita asistencia para un ítem, puntúe ese ítem una categoría más baja. Si un sujeto requiere asistencia física para realizar el ítem, puntúe "0" para ese ítem.

Para el Ítem 3 (de pie en una pierna) e Ítem 6 (paso compensatorio-lateral) sólo se incluye la puntuación para un lado (la peor puntuación). Para el Ítem 3 (de pie en una pierna) seleccione el mejor tiempo de los dos registros (para un lado) para la puntuación.

Para el Ítem 14 (Test Up & Go cronometrado con doble tarea) si la persona camina lentamente más de un 10% entre el TUG sin y con doble tarea, entonces la puntuación debe disminuir en un punto.

1.SENTADO A DE PIE	Anote el inicio del movimiento y el uso de las manos del sujeto en la silla, los muslos o el empuje de los brazos hacia delante.
2.PONERSE DE PUNTILLAS	Permita al sujeto dos intentos. Puntúe el mejor de ellos. (Si sospecha que el sujeto consigue menos que la máxima altura, pídale alzarse mientras coge las manos del examinador). Asegúrese de que el sujeto mira a un objetivo fijo situado a 1 - 4 m por delante.
3.MANTENERSE EN UNA PIERNA	Permita al sujeto dos intentos y registre los tiempos. Registre el número de segundos que el sujeto puede sostenerse, hasta un máximo de 20 s. Pare el tiempo cuando el sujeto mueva las manos de sus caderas o ponga un pie abajo. Asegúrese de que el sujeto mira a un objetivo fij situado a 1 - 4 m por delante. Repita del otro lado.
4.CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO-HACIA DELANTE	Sitúese delante del paciente con una mano en cada hombro y pídale inclinarse hacia delante. (Asegúrese de que haya espacio libre para dar un paso). Solicite al sujeto que se incline hasta que sus hombros y caderas estén frente a los dedos de los pies. Después de que sienta el peso del sujeto en sus manos, bruscamente quite su apoyo. El test debe producir un paso. NOTA: esté preparado para coger al sujeto.
5.CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO-HACIA ATRÁS	Sitúese por detrás del paciente con una mano en cada escápula y pídale inclinarse hacia atrás (Asegúrese de que hay espacio libre para dar un paso atrás.) Pida al paciente que se incline hasta que sus hombros y caderas estén por detrás de sus talones. Después de que sienta el peso del sujeto en sus manos, bruscamente quite su apoyo. El test debe producir un paso. NOTA: esté preparado para coger al sujeto.
6.CORRECCIÓN COMPENSATORIA CON UN PASO-LATERAL	Sitúese de lado al sujeto, coloque sus manos en la hemipelvis homolateral del sujeto. Pídale que se incline hasta que la línea media de la pelvis esté por encima del pie dcho (o izdo) y después quite bruscamente su apoyo. NOTA: esté preparado para coger al sujeto.
7.DE PIE (PIES JUNTOS), OJOS ABIERTOS, SUPERFICIE FIRME	Registre el tiempo que el sujeto es capaz de estar de pie con los pies juntos hasta un máximo de 30 segundos. Asegúrese de que el sujeto mira a un objetivo fij situado a 1 - 4 m por delante.
8.DE PIE (PIES JUNTOS), OJOS CERRADOS, SUPERFICIE GOMAESPUMA	Use una gomaespuma de densidad media tipo Tempur® de 10 cm de grosor. Asista al sujeto para colocarse sobre ella. Registre el tiempo que el sujeto ha sido capaz de estar en esa condición hasta un máximo de 30 segundos. Entre los dos intentos el sujeto se coloca fuera de la gomaespuma. Dé la vuelta a la gomaespuma entre registros para que el material recupere su forma original.
9.INCLINADO OJOS CERRADOS	Ayude al sujeto en la rampa. Una vez que haya cerrado los ojos, comience a contar el tiempo y regístrelo. Anote si hay una oscilación excesiva.
10.CAMBIOS EN LA VELOCIDAD	Permita al paciente dar entre 3 y 5 pasos a una velocidad normal y después diga "rápido". Después de 3-5 pasos rápidos, diga "despacio". Permita de 3 a 5 pasos antes de que el sujeto pare de caminar.
11. CAMINAR CON GIROS DE CABEZA - HORIZONTAL	Permita al sujeto alcanzar su velocidad normal y dé las órdenes "dcha, izda" cada 3-5 pasos. Registre si ve algún problema en cualquier dirección. Si el sujeto tiene limitaciones cervicales, permita movimientos combinados de cabeza y tronco.
12.CAMINAR CON GIROS DE PIVOTE	Muestre un giro de pivote. Una vez que el sujeto camine a velocidad normal, diga "gire y pare." Cuente el número de pasos para "girar" hasta que el sujeto esté estable. El desequilibrio puede evidenciarse por una bipedestación con una base amplia, pasos extra o movimiento del tronco.
13. PASO POR ENCIMA DE OBSTÁCULOS	Coloque dos cajas de zapatos encimadas juntas (de 23 cm de altura cada una de ellas) a 3 metros de donde el sujeto comenzará a caminar..
14. TEST UP & GO CRONOMETRADO CON DOBLE TAREA	Use el TUG cronometrado para determinar los efectos de la tarea dual. El sujeto debe caminar una distancia de 3 metros. TUG: El sujeto ha de estar sentado con su espalda en contacto con el respaldo. Se le cronometrará desde el momento en el que diga "vaya" hasta que vuelva a sentarse. Pare el tiempo cuando las nalgas del sujeto estén en el asiento y su espalda contra el respaldo. La silla debe ser firme sin reposabrazos. TUG con doble tarea: Mientras esté sentado estime cómo de rápido y seguro el sujeto puede contar hacia atrás de 3 en 3 comenzando en un número entre 100-90. Después, pida al sujeto que cuente desde un número diferente y tras varios números diga "vamos". Registre el tiempo desde desde que dice "vamos" hasta que el sujeto vuelva a la posición sentada. Puntúe la tarea dual que afecta al contar o al caminar si la velocidad de marcha se enlentece (>10%) con respecto al TUG y /o nuevos signos de desequilibrio.

© 2005-2013 Oregon Health & Science University. Reservados todos los derechos.

En la traducción y adaptación han participado: Dominguez-Olivan, P. Serrano-Del-Rio, P. Fernandez-Simon, F. Fisioterapeutas del Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza (España). Bengoetxea, A. Fisioterapeuta. Université Libre de Bruxelles. Bolea-Moll, D. Traductor e intérprete. Traducción aprobada por F. Horak en 2017.



Appendix—Description of Functional Ambulation Category (FAC)

FAC	Ambulation Description	Definition
0	Nonfunctional ambulation	Subject cannot ambulate, ambulates in parallel bars only, or requires supervision or physical assistance from more than one person to ambulate safely outside of parallel bars
1	Ambulator-Dependent for Physical Assistance Level II	Subject requires manual contacts of no more than one person during ambulation on level surfaces to prevent falling. Manual contacts are continuous and necessary to support body weight as well as maintain balance and/or assist coordination
2	Ambulator-Dependent for Physical Assistance Level I	Subject requires manual contact of no more than one person during ambulation on level surfaces to prevent falling. Manual contact consists of continuous or intermittent light touch to assist balance or coordination
3	Ambulator-Dependent for Supervision	Subject can physically ambulate on level surfaces without manual contact of another person but for safety requires standby guarding on no more than one person because of poor judgment, questionable cardiac status, or the need for verbal cuing to complete the task.
4	Ambulator-Independent Level Surfaces only	Subject can ambulate independently on level surfaces but requires supervision or physical assistance to negotiate any of the following: stairs, inclines, or non-level surfaces.
5	Ambulator-Independent	Subject can ambulate independently on nonlevel and level surfaces, stairs, and inclines.

### MOTOR ASSESSMENT SCALE

Agency: \_\_\_\_\_ PID #: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_ CPT #: \_\_\_\_\_

Patient Name: \_\_\_\_\_ Therapist: \_\_\_\_\_

*If the patient cannot complete any part of a section score a zero (0) for that section. There are 9 sections in all.*

#### **Supine to Side-lying onto intact side** (starting position: supine with knees straight)

1. Uses intact arm to pull body toward intact side. Uses intact leg to hook impaired leg to pull it over.
2. Actively moves impaired leg across body to roll but leaves impaired arm behind.
3. Impaired arm is lifted across body with other arm. Impaired leg moves actively & body follows as a block.
4. Actively moves impaired arm across body. The rest of the body moves as a block.
5. Actively moves impaired arm and leg rolling to intact side but overbalances.
6. Rolls to intact side in 3 seconds without use of hands.

#### **Supine to Sitting over side of bed**

1. Pt assisted to the side-lying position: Patient lifts head sideways but can't sit up.
2. Pt may be assisted to side-lying & is assisted to sitting but has head control throughout.
3. Pt may be assisted to side-lying & is assisted with lowering LEs off bed to assume sitting.
4. Pt may be assisted to side-lying but is able to sit up without help.
5. Pt able to move from supine to sitting without help.
6. Pt able to move from supine to sitting without help in 10 seconds.

#### **Balance Sitting**

1. Pt is assisted to sitting and needs support to remain sitting.
2. Pt sits unsupported for 10 seconds with arms folded, knees and feet together & feet on the floor.
3. Pt sits unsupported with weight shifted forward and evenly distributed over both hips / legs. Head and thoracic spine extended.
4. Sits unsupported with feet together on the floor. Hands resting on thighs. Without moving the legs the patient turns the head and trunk to look behind the right and left shoulders.
5. Sits unsupported with feet together on the floor. Without allowing the legs or feet to move & without holding on the patient must reach forward to touch the floor (10 cm or 4 inches in front of them) The affected arm may be supported if necessary.
6. Sits on stool unsupported with feet on the floor. Pt reaches sideways without moving the legs or holding on and returns to sitting position. Support affected arm if needed.

#### **Sitting to Standing**

1. Pt assisted to standing – any method.
2. Pt assisted to standing. The patient's weight is unevenly distributed & may use hands for support.
3. Pt stands up. The patient's weight is evenly distributed but hips and knees are flexed – No use of hands for support.
4. Pt stands up. Remains standing for 5 seconds with hips and knees extended with weight evenly distributed.
5. Pt stands up and sits down again. When standing hips & knees are extended with weight evenly distributed
6. Pt stands up and sits down again 3 x in 10 seconds with hips & knees extended & weight evenly distributed

#### **Walking**

1. With assistance the patient stands on affected leg with the affected weight bearing hip extended and steps forward with the intact leg.
2. Walks with the assistance of one person.
3. Walks 10 feet or 3 meters without assistance but with an assistive device.
4. Walks 16 feet or 5 meters without a device or assistance in 15 seconds.
5. Walks 33 feet or 10 meters without assistance or a device. Is able to pick up a small object from the floor with either hand and walk back in 25 seconds.
6. Walks up and down 4 steps with or without a device but without holding on to a rail 3 x in 35 seconds.

## MOTOR ASSESSMENT SCALE – page 2

Agency: \_\_\_\_\_ PID #: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

Patient Name: \_\_\_\_\_ Therapist: \_\_\_\_\_

### Upper Arm Function

1. Supine: Therapist places affected arm in 90 degrees shoulder flexion and holds elbow in extension – hand toward ceiling. The patient protracts the affected shoulder actively.
2. Supine: Therapist places affected arm in above position. The patient must maintain the position for 2 seconds with some external rotation and with the elbow in at least 20 degrees of full extension.
3. Supine: Patient assumes above position and brings hand to forehead and extends the arm again. (flexion & extension of elbow) Therapist may assist with supination of forearm.
4. Sitting: Therapist places affected arm in 90 degrees of forward flexion. Patient must hold the affected arm in position for 2 seconds with some shoulder external rotation and forearm supination. No excessive shoulder elevation or pronation.
5. Sitting: Patient lifts affected arm to 90 degrees forward flexion - holds it there for 10 seconds and then lowers it with some shoulder external rotation and forearm supination. No pronation.
6. Standing: Have patient's affected arm abducted to 90 degrees with palm flat against wall. Patient must maintain arm position while turning body toward the wall.

### Hand Movements

1. Sitting at a table (Wrist Extension): Affected forearm resting on table. Place cylindrical object in palm of patient's hand. Patient asked to lift object off table by extending the wrist – no elbow flexion allowed.
2. Sitting at a table (Radial Deviation of Wrist): Therapist should place forearm with ulnar side on table in mid-pronation / supination position. Thumb in line with forearm and wrist in extension. Fingers around cylindrical object. Patient is asked to lift hand off table. No wrist flexion or extension.
3. Sitting (Pronation / Supination): Affected arm on table with elbow unsupported at side. Patient asked to supinate and pronate forearm (¾ range acceptable).
4. Place a 5 inch ball on the table so that the patient has to reach forward with arms extended to reach it. Have the patient reach forward with shoulders protracted, elbows extended, wrist in neutral or extended, pick up the ball with both hands and put it back down in the same spot.
5. Have the patient pick up a polystyrene cup with their affected hand and put it on the table on the other side of their body without any alteration to the cup.
6. Continuous opposition of thumb to each finger 14 x in 10 seconds. Each finger in turn taps the thumb, starting with the index finger. Do not allow thumb to slide from one finger to the other or go backwards.

### Advanced Hand Activities

1. Have the patient reach forward to pick up the top of a pen with their affected hand, bring the affected arm back to their side and put the pen cap down in front of them.
2. Place 8 jellybeans, (beans), in a teacup an arms length away on the affected side. Place another teacup an arms length away on the intact side. Have the patient pick up one jellybean with their affected hand and place the jellybean in the cup on the intact side.
3. Draw a vertical line on a piece of paper. Have the patient draw horizontal lines to touch the vertical line. The goal is 10 lines in 20 seconds with at least 5 lines stopping at the vertical.
4. Have the patient pick up a pen/pencil with their affected hand, hold the pen as for writing, and position it without assistance and make rapid consecutive dots (not strokes) on a sheet of paper. Goal: at least 2 dots a second for 5 seconds.
5. Have the patient take a dessert spoon of liquid to their mouth with their affected hand without lowering the head toward the spoon or spilling.
6. Have the patient hold a comb and comb the back of their head with the affected arm in abduction and external rotation, forearm in supination.

### General Tonus (check one – add “6” to score if tone on affected side is normal)

- Flaccid, limp, no resistance when body parts are handled.  
 Some resistance felt as body parts are moved.  
 Variable, sometimes flaccid, sometimes good tone, sometimes hypertonic.  
 Hypertonic 50% of the time  
 Hypertonic all of the time  
6 = Consistently normal response

*This test is designed to assess the return of function following a stroke or other neurological impairment. The test looks at a patient's ability to move with low tone or in a synergistic pattern and finally move actively out of that pattern into normal movement.*

*The higher the score – the higher functioning the patient is on the affected side.*

*High Score: 54*

*Low Score: 0*



ESCALA DE ICTUS DEL NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH (NIH STROKE SCALE) NIHSS		
<b>1 a. Nivel de conciencia</b>	0	Alerta
	1	Somnolencia: reacciona con una estimulación mínima
	2	Obnubilado-Estuporoso: precisa estimulación repetida para reaccionar
	3	Coma
<b>1 b. Preguntas verbales</b>	0	Ambas preguntas correctas
¿En qué mes estamos?	1	Una respuesta correcta (También si disartría severa o barrera lingüística)
¿Qué edad tienes?	2	Ninguna respuesta correcta (afásicos o estuporosos)
<b>1c. Órdenes motoras</b>	0	Ambos movimientos correctos
Cierre y abra los ojos	1	Un movimiento correcto
Cierre y abra la mano	2	Ambos movimientos incorrectos
<b>2. Movimiento ocular</b>	0	Normal
Movimientos horizontales: voluntarios o reflejos oculocefálicos	1	Parálisis parcial (también si paresia de un oculomotor: III, IV, VI)
	2	Desviación forzada o parálisis total de la mirada que no vence con maniobras oculocefálicas
<b>3. Campo visual</b>	0	Normal
	1	Hemianopsia parcial (cuadrantanopsia o extinción visual)
	2	Hemianopsia completa homónima
	3	Hemianopsia bilateral (incluye ceguera de cualquier causa)
<b>4. Parálisis facial</b>	0	Normal
	1	Paresia leve (borramiento surco nasogeniano, asimetría al sonreír)
	2	Parálisis parcial: parálisis casi total de la parte inferior de la cara
	3	Parálisis completa (superior e inferior) en un lado o ambos
<b>5. Motor brazos</b>	0	Normal. Mantiene la posición 10 segundos
5a: derecho, 5b: izquierdo	1	Claudica en menos de 10 seg sin llegar a caer del todo
Extensión del brazo (45º en decúbito, 90º en sedestación)	2	Cae del todo. Se observa cierto esfuerzo contra gravedad
9: no computa	3	Hay movimiento pero no vence la gravedad
	4	Parálisis completa. No hay movimiento
	9	Extremidad amputada o inmovilizada
<b>6. Motor piernas</b>	0	Normal. Mantiene la posición 5 segundos
6a: derecho, 6b: izquierdo	1	Claudica en menos de 5 seg sin llegar a caer del todo
En posición supina, pierna elevada 30º	2	Cae del todo. Se observa cierto esfuerzo contra gravedad
9: no computa	3	Hay movimiento pero no vence la gravedad
	4	Parálisis completa. No hay movimiento
	9	Extremidad amputada o inmovilizada
<b>7. Ataxia miembros</b>	0	No hay ataxia. Normal, plejía de la extremidad, o afasia comprensión
Dedo nariz y talón rodilla	1	Ataxia de una extremidad
9: no computa	2	Ataxia de dos extremidades
	9	Amputación de la extremidad o inmovilización
<b>8. Sensibilidad</b>	0	Normal
Si obnubilado: evaluar la retirada al dolor	1	Leve o moderada hipoestesia
	2	Pérdida total de sensibilidad (déficit bilateral o coma)
<b>9. Lenguaje</b>	0	Normal
Coma: 3	1	Afasia leve o moderada: dificultades en el habla y/o comprensión, pero se identifica lo que quiere decir
Si intubado o anartria: explorar escritura	2	Afasia severa: comunicación mínima. (Afasia de Broca, de Wernicke, transcortical..)
	3	Afasia global, mutismo (o coma): no hay posibilidad de hablar ni de comprender
<b>10. Disartría</b>	0	Articulación normal
9: no computa	1	Disartría leve-moderada: se le puede entender
	2	Disartría severa: ininteligible o anartria (también si no responde y en coma)
	9	Intubado
<b>11. Extinción y negligencia</b>	0	Normal
Se valora la reacción ante estímulo doloroso bilateral y simétrico (extinción) y reacción ante estímulos visuales... (negligencia)	1	Inatención/extinción en una modalidad sensorial
	2	Hemi-extinción severa o negligencia frente a más de un estímulos (también asomatognosia)
<b>PUNTUACIÓN TOTAL</b>		

Brott T et al. Measurements of acute cerebral infarction: a clinical examination scale. Stroke 1989;220: 864-870

Hospital General de Alicante. Unidad de Ictus. Servicio de Neurología.





### The Modified Rankin Scale (mRS)

(Use web calculator at [www.modifiedrankin.com](http://www.modifiedrankin.com))

- 0 No symptoms
- 1 No significant disability; able to carry out all usual activities, despite some symptoms
- 2 Slight disability; able to look after own affairs without assistance, but unable to carry out all previous activities
- 3 Moderate disability; requires some help, but able to walk unassisted
- 4 Moderately severe disability; unable to attend to own bodily needs without assistance, and unable to walk unassisted
- 5 Severe disability; requires constant nursing care and attention, bedridden, incontinent
- 6 Dead

#### References:

Rankin J (May 1957). "Cerebral vascular accidents in patients over the age of 60. II. Prognosis". *Scott Med J* 2 (5): 200–15

Patel, N., et al. Simple and reliable determination of the modified Rankin Scale in neurosurgical and neurological patients: The mRS-9Q. *Neurosurgery*, published online in advance of print 26 July 2012

### **Consentiment informat Població Hospital Sociosanitari**

#### **Consentimiento informado para la participación en un estudio sobre la evaluación del efecto de una estimulación auditiva rítmica.**

Estamos realizando un estudio para evaluar el efecto de una estimulación auditiva rítmica sobre los parámetros de la marcha y el equilibrio en personas que han sufrido un ictus. El estudio es importante porque puede permitir que en el futuro podamos complementar la rehabilitación convencional con una estimulación auditiva rítmica con la finalidad de mejorar la calidad de la marcha y el equilibrio.

Este estudio se lleva a cabo en la Unidad Integrada de Rehabilitación intensiva para ictus y patología neurológica aguda de l'HSS Mutuam Girona.

Para poder realizar este estudio necesitamos la colaboración de personas no afectadas de déficit cognitivo y es por eso que pedimos su colaboración para participar en el estudio. Su participación, si acepta, consistirá en que le realizaremos una serie de evaluaciones y tests de marcha y equilibrio en el ingreso, 20 días después de su ingreso y en el momento del alta. Durante su estada participará 3 veces por semana en una sesión de estimulación auditiva rítmica. En este estudio no se le someterá a ninguna prueba ni tratamiento que pueda resultarle perjudicial ni se le administrarán medicamentos con los que se esté experimentando.

Que usted acepte o rechace participar en el estudio no cambia la manera en que será tratado por los miembros de este Centro o Asociación. Si usted acepta participar, tendrá derecho a retirarse del estudio en cualquier momento.

Todos los datos que se recojen serán estrictamente confidenciales y la información que se pueda extraer del presente estudio no incluirá sus datos personales, de modo que no se le podrá identificar. Los datos que se obtengan durante la investigación se utilizarán únicamente para esta finalidad (Ley Orgánica de Protección de datos personales y garantía de los derechos digitales (LOPD-GDD). Ley orgánica 3/2018, del 5 de Diciembre, BOE-A-2018-16673:119788-857). Usted tiene el derecho de acceso, rectificación, cancelación y oposición (derechos ARCO) y limitar el tratamiento de los datos que sean incorrectos, solicitar una copia o que se traslade a un tercer los datos que hagan facilitado para el estudio según Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 abril de 2016 de Protección de Datos (RGPD).

Le agradecemos de antemano su colaboración.

Yo, \_\_\_\_\_, informado por\_  
\_\_\_\_\_ he leído la información

indicada en esta página y comprendo que:

- Puedo aceptar o rechazar libremente mi participación
- El trato que recibiré en el Centro o Asociación no depende de mi participación en el estudio
- Puedo retirarme del estudio cuando lo desee sin que eso modifique el trato que reciba.

Libremente acepto participar en el estudio que se me propone.

Fecha\_\_de \_\_\_\_del 201\_\_

Firma:

Código:





Twinkle twinkle little star

Ejercicio melódico de memoria  
 CD pista 19 con música bpm: 94

	1	2	3	4		1	2	3	4
A									
B									
C									
D									
E									
F									



### INFORME DEL COMITÉ ÉTIC D'INVESTIGACIÓ

Dr. Miquel Nolla, com a President del Comitè d'Ètica d'Investigació de la FUNDACIÓ UNIO CATALANA HOSPITALS

#### CERTIFICA:

Que aquest Comitè en la seva reunió del dimarts 29 de gener, ha avaluat la proposta per que es realitzi l'estudi que porta per títol "Avaluació de l'efecte d'una estimulació auditiva rítmica sobre els paràmetres de la marxa i l'equilibri en persones amb dany cerebral adquirit." amb codi CEI 19/06 i considera que:

Es compleixen els requisits necessaris d'idoneïtat del protocol en relació amb els objectius de l'estudi i que estan justificats els riscos i les molèsties previsibles per al subjecte. La capacitat de l'investigador i els mitjans disponibles són apropiats per portar a terme l'estudi. Són adequats tant el procediment per obtenir el consentiment informat com la compensació prevista per als subjectes per danys que es puguin derivar de la seva participació a l'estudi.

Que aquest Comitè decideix emetre **INFORME FAVORABLE**, en la reunió celebrada el dia 26 de febrer de 2019

Que aquest comitè accepta que aquest estudi es digui a terme a **Mutuam** amb **Samira Gonzalez** com a investigadora principal. I que la investigadora principal no ha estat present en les deliberacions i aprovació d'aquest estudi.

En aquesta reunió s'han complert els requisits establerts en la legislació vigent – Orden SAS/347/2009, RD 1090/2015. El CEI tant en la seva composició, com en els PNT compleix amb les normes de BPC (CPMP/ICH/135/95).

#### MEMBRES DEL CEI DE LA FUNDACIÓ UNIO CATALANA D'HOSPITALS

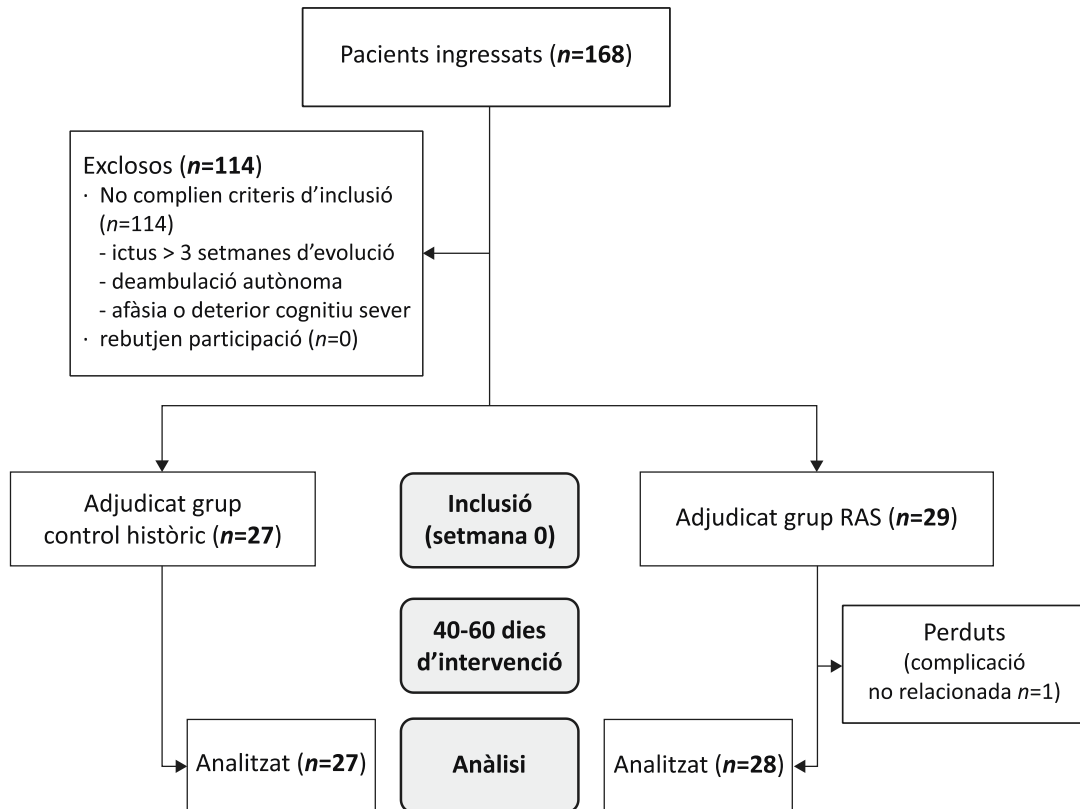
Dr. Miquel Nolla	President	Metge
Dra. Anna Altés	Secretari	Metge
Dra. Encarna Martínez	Vocal	Metge
Dr. Ernesto Mònaco	Vocal	Metge
Dr. Jesús Montesinos	Vocal	Metge
Dr. Josep M Tormos	Vocal	Metge
Dra. Rosa Morros	Vocal	Farmacòloga Clínica
Dra. Concha Antolin	Vocal	Farmacèutica primària
Dra. Virginia Martínez	Vocal	Farmacèutica
Dr. Jaume Trapé	Vocal	Farmacèutic
Sra. Conxita Malo	Vocal	Infermera
Sra. Ana Barajas	Vocal	Psicòloga
Sra. Itziar Aliri	Vocal	Advocat
Sra. Anna Guijarro	Vocal	Filosofia
Sra. Vanessa Massó	Vocal	C. Empresarials

Barcelona, 14 de març de 2019





Figura 7. Diagrama de flux





## Article

# Effects of a Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Gait and Balance in Subacute Stroke

Samira Gonzalez-Hoelling <sup>1</sup>, Carme Bertran-Noguer <sup>2,3</sup>, Gloria Reig-Garcia <sup>3</sup> and Rosa Suñer-Soler <sup>2,3,\*</sup><sup>1</sup> Neurorehabilitation Department, Hospital Sociosanitari Mutuam Girona, 17007 Girona, Spain; samifisioterapia@gmail.com<sup>2</sup> Health and Health Care Research Group, University of Girona, 17003 Girona, Spain; carme.bertran@udg.edu<sup>3</sup> Department of Nursing, Faculty of Nursing, University of Girona, 17003 Girona, Spain; gloria.reig@udg.edu

\* Correspondence: rosa.sunyer@udg.edu

**Abstract:** Gait and balance impairments are common after stroke. This study aimed to evaluate the effect of a music-based rhythmic auditory stimulation (RAS) in combination with conventional physiotherapy on gait parameters and walking ability in subacute stroke. This single-blind, historical controlled trial, included 55 patients who had suffered a stroke within the three weeks prior to enrolment. Patients from 2018 ( $n = 27$ ) were assigned as the historical control group whereas 2019 patients ( $n = 28$ ) received music-based RAS three times a week. Both groups received 11 h of conventional physiotherapy per week during hospitalization. Primary outcomes were gait and balance parameters (Tinetti test and Timed Up&Go test) and walking ability (Functional Ambulation Category scale). Secondary outcomes were trunk control, assistive devices, functional independence (Functional Independence Measure, Barthel index), and stroke severity and disability (modified Rankin scale, National Institutes of Health Stroke Scale). Results: No between-group differences were identified for gait and balance parameters nor for secondary outcomes. Significant between-group differences were observed in the Functional Ambulation Category: the intervention group ( $\Delta\text{mean} \pm \text{SD}$ ;  $3.43 \pm 1.17$ ) showed greater improvement ( $p = 0.002$ ) than the control group ( $\Delta\text{mean} \pm \text{SD}$ ;  $2.48 \pm 1.09$ ). Compared with conventional physiotherapy alone, our results suggest that the walking ability of subacute stroke patients might be improved with music-based RAS combined with conventional physiotherapy, but this treatment is not more effective than conventional physiotherapy in obtaining gait and balance gains.

**Keywords:** stroke; rhythmical auditory stimulation; physical therapy; musical therapy; rehabilitation

**Citation:** Gonzalez-Hoelling, S.; Bertran-Noguer, C.; Reig-Garcia, G.; Suñer-Soler, R. Effects of a Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Gait and Balance in Subacute Stroke. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 2032. <https://doi.org/10.3390/ijerph18042032>

Received: 17 December 2020

Accepted: 10 February 2021

Published: 19 February 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Stroke is the main cause of disability in adults and the third cause of death in developed countries. It can affect motor function, language, cognition, and perceptual-sensory processing. Hemiplegia and hemiparesis are frequent and stroke reduces the quality of life in those who survive [1].

Music therapy has been found to provide a series of health benefits, including improvements in physiological responses, pain tolerance, motivation to perform physical activity, anxiety levels, attention and memory, and in better social interaction and communication [2,3]. A close relationship has been found between the neural activity of the auditory and premotor cortex during rhythm processing, ratifying that rhythm perception is based on auditory and motor system interactions [4]. Since rhythm is processed in some of the same ways as timing, and timing is essential for many perceptual and motor functions, other music components are needed to process music-based rhythm across multiple brain areas, such as those related to pitch and timbre perception [4].

Rhythmic stimulation improves corporal performance, inducing body movements and stimulating muscle action, which can be observed in some dances [5–7]. Rhythmic auditory stimulation (RAS) is a neurological music therapy technique to improve motor

control in rehabilitation and therapy by using the physiological effects of the rhythmic motor cueing [7]. An intervention with rhythmic auditory stimulation can be beneficial to improve gait parameters in people in the acute phase as well as in the chronic phase after stroke by increasing gait speed, improving step length of the affected side and cadence, and improving static balance. Quality of life is also enhanced according to the Stroke Specific Quality of Life Scale [7–10]. A multimodal rhythm and music-based rehabilitation programme may contribute to positive experiences for many individuals after stroke in terms of motor, cognitive, as well as emotional enhancements [11]. Using RAS in people with hemiplegia has been shown to benefit time-space and kinesthetic aspects, correcting gait pattern; improving hip adduction, knee flexion, dorsal and plantar flexion; stimulating bilateral step symmetry; and producing a softer transition between step phases [12–14]. While the use of a metronome has been shown to improve stride length, the use of music-based rhythmic auditory stimulation produces more gains in velocity and cadence [10]. Most trials have investigated rhythmic auditory stimulation on gait parameters, such as gait speed and cadence, in subacute and chronic phase after stroke. [10,15] Very little attention has been paid to the role of music-based RAS on walking ability in a subacute phase within the three weeks after stroke onset [15]. After stroke, not only gait parameters but also walking ability has been shown to have an impact on perceived participation after stroke [16]. Walking ability is considered a significant marker for global health ratings and a predictor of health outcomes [17]. Rehabilitation start time also has an important impact on functional outcomes after stroke and must be considered [18].

The present study aimed to evaluate the effect of a music-based rhythmic auditory stimulation in combination with conventional physiotherapy on gait parameters and walking ability in people with stroke in a subacute phase, within the 21 days after stroke onset, and compare it to conventional physiotherapy alone. We hypothesized that people in both groups would improve in gait parameters, walking ability, fall risk, and functional independence, and that participants in the music-based rhythmic auditory stimulation group would produce more gains in gait parameters and walking ability.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Study Design and Participants

This study was an evaluation-blinded, quasi-experimental trial with a historical control group. A convenience sample of 55 people meeting the criteria were enrolled from the multidisciplinary intensive rehabilitation unit for subacute stroke between 2018 and 2019. This research was approved by the Bioethics Committee of the *Unió Catalana d'Hospitals*, registered in *ClinicalTrials.gov* (NCT03974490) and all participants were informed of the study purpose and procedures before signing an informed consent form.

People with the following criteria were included: diagnosis of a first-time stroke (either ischemic or hemorrhagic), or without sequel of a previous stroke, within the preceding three weeks; age > 18 years; previously an independent walker and Barthel score > 85; hemiparesis with gait disturbance after the stroke; Rankin score 3–4, Tinetti score < 23. People with the following criteria were excluded: independent walkers, aphasia that impeded communication, moderate to severe cognitive disorder (Mini-Mental State Examination score < 24), affectionation of the posterior cerebral artery territory, previous musculoskeletal or neurological disease, and people who did not wish to participate. The historical control group were people with the same criteria who had a stroke during 2018, when music-based RAS had yet to be introduced as a technique of rehabilitation at the hospital being studied.

### 2.2. Intervention

The intervention group received music-based rhythmic auditory stimulation for 90 min, three times per week, two hours of conventional physiotherapy from Monday to Friday, and one hour of physiotherapy on Saturdays. Participants began the intervention at hospital admission and did sessions until discharge. The number of sessions depended on the days of stay.

The music-based RAS intervention consisted of 15 min of general body warming following the rhythm with a metronome, a main part of the session with 60 min of music-based RAS exercises, and closure with 15 min of relaxation exercises after which each of the participants gave their impression of how the session had gone. The music-based RAS exercises on Mondays and Fridays were with the Ronnie Gardiner Method<sup>®</sup>, which is based on neuroplasticity principles, motor learning and postural control [11,19]. On Wednesday, treatment was based on walking training with music overlaid with a metronome according to the clinical protocol of M.H. Thaut [10]: anterior walking, lateral walking, military march, tandem walking, posterior walking, walking on one's toes, and then on one's heels, through progressive variations and increments of rhythm speed (from 50 bpm to 110 bpm). The music chosen was from a variety of past and present musical genres, with a marked pulse, 1/4 or 6/8 rhythm, and variation of beats per minute. Music-based rhythmic auditory stimulation was carried out by a licensed physical and music therapist in the rehabilitation room. (For more information about the intervention, see Appendix A).

The control group did two hours of conventional physiotherapy from Monday to Friday and one hour on Saturday to improve gait and balance. Conventional physiotherapy consisted of therapeutic exercise and walking training in a parallel walking bar or with assistive devices. Therapeutic exercise was based on proprioceptive neuromuscular facilitation, trunk dissociation, motor control and strengthening exercises. Patients with severe hemiplegia and sensorimotor impairments practiced sitting and standing balance and sit-to-stand in the parallel walking bar. As their physical function improved, they progressed to dynamic standing balance and gait training with assistive devices.

The parameters of interest were measured before and after the whole treatment. All evaluations were made by a licensed physiotherapist, except for the modified Rankin scale and National Institutes of Health Stroke Scale, which were assessed by a neurologist. The evaluators did not know if the patient had had a music-based RAS.

### 2.3. Outcome Assessment

The primary outcome measures were standing balance, gait if they could walk, and fall risk assessed using the Tinetti test, the Timed Up&Go test and the gait speed. Walking ability was measured with the Functional Ambulation Category scale.

The Tinetti test evaluates dynamic and static balance and walking patterns. There are 9 balance score categories and 10 gait score categories, scores range from 0 to 28, with higher scores representing better gait and balance and lower fall risk [20]. The Timed Up&Go test measures the time a person needs to stand up, walk 3 meters, turn around, go back to a chair, and sit down. If the time is >20 s, a fall risk is assumed [21]. Gait speed was calculated by timing the seconds needed to walk 10 meters. The Functional Ambulation Category scale categorizes six levels (0 to 5) of gait assistance [22]. We have recoded and dichotomized the variable, defining the patients with an FAC score  $\leq 2$  as non-walkers and those with an FAC score  $\geq 3$  as walkers [23].

Secondary outcome measures included trunk control, assistive devices, the Functional Independence Measure, and the Barthel Index. Trunk control was scored as 0 if the patient had no trunk control while sitting; 1 if the patient could keep sitting with external help; and 2 if the patient could keep sitting without losing balance [20]. Assistive devices were categorized in four levels: 0 no assistive device needed, 1 for cane or crutch use, 2 for walker use, and 3 for wheelchair. Functional Independence Measure (FIM) is scored in 18 categories (from 0 to 126) and each item is rated on a 7-point scale. The focus is on motor and cognitive function independence with higher scores [24]. Barthel Index (scored from 0 to 100) is a reliable index for measuring activities of daily living, with higher scores indicating greater independence [25]. The National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) was evaluated by a neurologist at acute hospital admissions (Dr. Josep Trueta University Hospital), at the study baseline at the subacute and rehabilitation hospital (Hospital Sociosanitari Mutuam Girona), and three months after stroke onset at outpatients at the Dr. Josep Trueta Hospital. This scale measures stroke severity with 15 impairment items,



with the sum of the items giving a total score ranging from 0 to 42; the higher the score, the more severe the stroke [26]. The degree of disability or dependence in daily activities is measured with the modified Rankin scale, which runs from 0 to 6 [27]. We recodified the categories in: (1) for no symptoms, no significant disability and slight disability, (2) for moderate disability, (3) for moderately severe disability and severe disability, and (4) for death. This outcome was also evaluated by a neurologist at baseline and discharge from the subacute rehabilitation hospital.

#### 2.4. Statistical Analysis

Data were analyzed using SPSS Statistics version 17.9 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Participant characteristics in each group were examined using non-parametric statistics, Mann–Whitney U tests for continuous variables and Chi-square tests for nominal variables. Mean differences in group outcomes at discharge versus at baseline were compared using Mann–Whitney U tests. We performed a multiple linear regression to study the variables closely associated to the Functional Ambulation Category outcome. In all tests, significance was set at  $p < 0.05$ .

### 3. Results

In total, 168 people with stroke were screened for eligibility between January 2018 and December 2019, of which 114 were excluded in line with the exclusion criteria. From January to December 2018, 27 people were analyzed and included in the historical control group (hereafter, the control group). From April (when music-based rhythmic auditory stimulation started being used in the hospital) to December 2019, we recruited 29 participants. Among the participants who were lost to follow-up, one participant in the music-based RAS group was diagnosed with pneumonia, which was not considered to be related to the intervention with music-based rhythmic auditory stimulation. During the study, there were no adverse events or safety problems related to the music-based rhythmic auditory stimulation. A flow diagram of participants is presented in Figure 1.

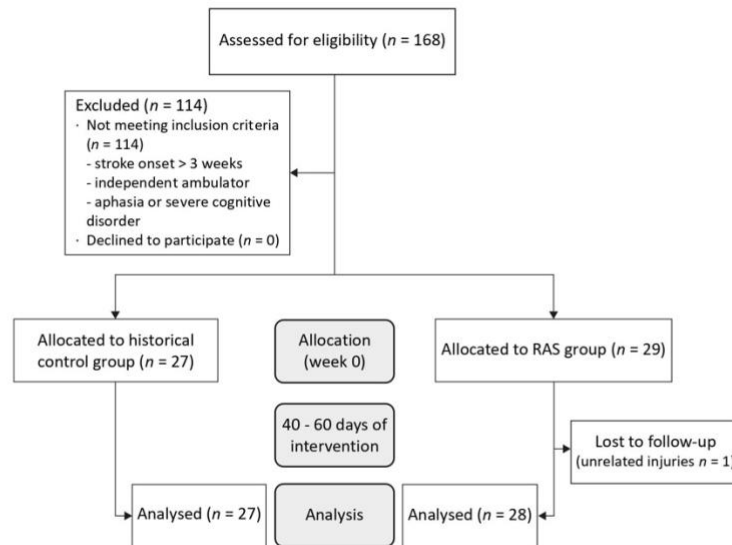


Figure 1. Flow diagram of participants.

The final analysis included 53 participants: 28 in the music-based RAS group and 27 in the control group. The control group age ranged between 43 and 77, of which 19 participants (70.4%) were male, whereas the age range in the music-based RAS group was between 25 and 83, of which 16 (57.7%) were male. The days after the onset when patients were enrolled ranged from 5 to 21 days in the control group and from 4 to 21 days in the music-based RAS group. The days of stay in the control group ranged from 7 to 97 days and in the music-based RAS group from 16 to 88. The characteristics of the participants for each group are presented in Table 1. Sex, age, stroke etiology, side of hemiparesis, affected area, risk factors, NIHSS at baseline, days from onset and days of stay in the subacute rehabilitation hospital did not differ significantly between the music-based RAS and the control group. The music-based RAS group did between 3 and 34 sessions of music-based rhythmic auditory stimulation, depending on the days of stay. Only one subject did 3 sessions, because of a voluntary discharge after 10 days of stay. If this subject is excluded, an average of  $14.22 \pm 7.98$  (mean  $\pm$  SD) sessions is obtained. No adverse events were reported during the study.

At baseline, there were no significant differences between groups in the Tinetti score, the Timed Up and Go test, gait speed and the Functional Ambulation Category Table 2. For secondary outcomes such as trunk control, assistive device, Functional Independence Measure, Barthel Index and stroke severity no significant differences were found ( $p > 0.05$ ). The Mann–Whitney U test showed significant differences for the modified Rankin scale, between the two groups, at baseline ( $p = 0.000$ ) and at patient discharge ( $p = 0.001$ ).

The patients from both groups had improved significantly by discharge. No relevant differences between the music-based RAS group and the control group were observed for the primary outcomes at patient discharge. The Tinetti minimum score at baseline was 0 for both groups and a maximum of 22 in the control group and 21 in the music-based RAS group; after intervention the minimum was 9 for the control group, 1 for the music-based RAS group, and a maximum of 28 for both groups. The Timed Up & Go improved more than 4 s and reduced fall risk in both groups. Twenty-one (77.8%) of the people in the music-based RAS group and 18 (64.3%) in the control group could not walk at all at baseline, thus gait speed was 0 m/s. Gait speed at the patients' discharge ranged between 0 m/s and 1.07 m/s in the control group and from 0 m/s to 1.30 m/s in the music-based RAS group. Twenty-five subjects (92.6%) in the control group and 28 (100%) in the music-based RAS group could not walk at baseline as defined by the Functional Ambulation Category. At discharge, 8 (29.6%) participants in the control group could walk with supervision, 9 (33.3%) could walk indoors, and 7 (25.9%) could walk outdoors independently; in the music-based RAS group 6 (21.4%) people could walk with supervision, 15 (53.5%) could walk indoors and 5 (17.9%), could walk outdoors independently Figure 2.

Interestingly, even though no difference was found at discharge between the two groups in walking ability, mean differences between discharge and baseline showed a significant ( $p = 0.002$ ) improvement in the music-based RAS group with the Functional Ambulation Category Table 3 compared to the control group. The second set of outcomes revealed that trunk control improved in both groups so that 98% of people could sit on their own. Assistive devices changed as shown in Figure 3: at baseline 23 (85.2%) participants in the control group and 26 (92.9%) participants in the music-based RAS group needed a wheelchair. At discharge, 17 (63%) in the control group and 23 (82.1%) in the music-based RAS group could walk without any assistive device, but between-groups difference was not significant ( $p > 0.05$ ).

**Table 1.** Participant characteristics by group.

	Control Group ( <i>n</i> = 27)	Music-Based RAS Group ( <i>n</i> = 28)	<i>p</i> -Value
<b>Age (years)</b>	62.2 ± 8.9	65.7 ± 12.7	0.246
<b>Sex (<i>n</i>)</b>			
Male	19 (70.4)	16 (57.7)	0.335
Female	8 (29.5)	12 (42.3)	
<b>Stroke etiology (<i>n</i>)</b>			
Hemorrhage	9 (33.3)	9 (34.6)	0.922
Infarction	18 (66.7)	17 (65.4)	
<b>Side of hemiparesis (<i>n</i>)</b>			
Right	20 (74.1)	17 (65.4)	0.491
Left	7 (25.9)	9 (34.6)	
<b>Affected area (<i>n</i>)</b>			
Basal ganglia	6 (22.2)	6 (23.1)	0.453
MCA	7 (25.9)	6 (23.1)	
Vertebrobasilar	3 (11.1)	7 (26.9)	
Lacunar	5 (18.5)	4 (15.4)	
MCA + ACA	1 (3.7)	1 (3.8)	
Thalamus	1 (3.7)	1 (3.8)	
Cerebellar	4 (14.8)	1 (3.8)	
-	-	-	
<b>Risk factors (<i>n</i>)</b>			
Arterial hypertension	17 (63.0)	19 (67.9)	0.703
Diabetes Mellitus type 2	11 (40.7)	11 (39.3)	0.912
Dyslipidemia	9 (33.3)	12 (42.9)	0.467
Heart disease	9 (33.3)	7 (25)	0.496
Obesity	5 (18.5)	10 (35.7)	0.152
<b>Toxic habits</b>			
Tobacco	4 (14.8)	5 (17.9)	0.348
Alcohol	4 (14.8)	1 (3.6)	
Mental health disorders	3 (11.1)	4 (14.3)	0.724
<b>NIHSS (<i>n</i>)</b>			
Acute hospital admissions	-	-	
Josep Trueta Hospital	9.1 ± 5.3	8.9 ± 6.4	0.583
Median (IQR)	8 (5–13)	8 (3.3–11)	
<b>Days from onset (days)</b>			
Mean (SD)	10.07 ± 4.27	10.46 ± 4.09	0.600
Median (IQR)	9 (7–11)	10 (7–14)	
<b>Days of stay (days)</b>			
Subacute and rehabilitation	-	-	
Mutuam Hospital	52.3 ± 24.9	45.7 ± 20.6	0.293
Median (IQR)	48 (36–73)	43.5 (26–62.2)	

Notes: Values are presented as mean ± SD or number (percentage). MCA: Middle cerebral artery; ACA: Anterior cerebral artery; NIHSS = National Institutes of Health Stroke Scale; (IQR) = Interquartile range. Chi-square test for sex, stroke etiology, side of hemiparesis, affected area and risk factors. Mann–Whitney *U* test for age, NIHSS, days from onset and days of stay.

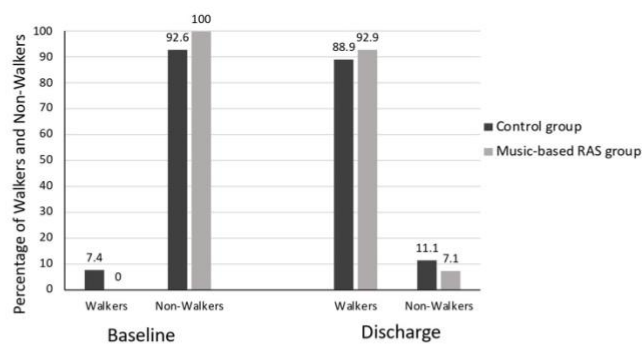
The Functional Independence Measure and the Barthel Index clearly improved in the two groups. At baseline, 23 participants (85.2%) from the control group were in category 3 (moderately severe disability) on the modified Rankin scale, and in the music-based RAS group 15 (53.6%) participants were in category 3 and 12 (42.9%) in category 2 (moderate disability). At patient discharge, people from the control group were in category 1 (*n* = 17; 63%) and 2 (*n* = 9; 33.3%), compared with the music-based RAS group where 27 participants (96.4%) improved to category 1—no significant or slight disability (Chi-square test; *p* = 0.004). As shown in Table 3, improvement was measured by calculating differences in the mean score between discharge and baseline. The Mann–Whitney *U* test was used to compare outcome improvements between the music-based RAS group and the control group, and no differences were revealed for secondary outcomes between the two groups.



**Table 2.** Outcome scores at baseline and discharge.

Outcome	Baseline			Discharge		
	Control Group (n = 27)	Music-Based RAS Group (n = 28)	p-Value	Control Group (n = 27)	Music-Based RAS Group (n = 28)	p-Value
<b>Tinetti score</b> (max score = 28)	9.8 ± 7.5 9 (3–16)	8.3 ± 6.8 8 (1–14)	0.389	24.1 ± 4.3 26 (21–27)	23.1 ± 5.8 24.5 (22–27)	0.593
<b>Timed Up and Go</b> (seconds)	16.5 ± 4.8 16.4 (12.7–20.4)	20.5 ± 11.9 17.1 (3.6–24.3)	0.79	12.6 ± 10.8 10.4 (6.6–13.4)	14.0 ± 6.1 12.4 (10.1–16.0)	0.058
<b>Gait Speed</b> (meters per second)	0.1 ± 0.2 0.0 (0)	0.1 ± 0.2 0.0 (0)	0.314	0.5 ± 0.2 0.5 (0.3–0.6)	0.6 ± 0.3 0.6 (0.4–0.9)	0.314
<b>FAC</b> (max score = 6)	1.2 ± 0.6 1 (1–1)	0.4 ± 0.7 0 (0–0.7)	0.142	3.7 ± 1.2 4 (3–5)	3.8 ± 1.1 4 (3–4)	0.696
<b>FIM</b> (max score = 126)	87.9 ± 17.2 86 (78–97)	85.5 ± 19.6 88 (72.7–98)	0.99	119 ± 9.2 122 (120–124)	120.0 ± 6.9 121 (120–124)	0.638
<b>NIHSS #</b> (max score = 42)	5.1 ± 3.0 4 (3–7)	5.6 ± 3.5 5 (3–8)	0.622	1.6 ± 1.8 1 (0–2.5)	0.7 ± 2.2 2.5 (1–3)	0.036
<b>Barthel index</b> (max score = 100)	42.2 ± 14.7 45 (30–55)	48.1 ± 21.7 45 (35–63.7)	0.254	92.6 ± 10.3 95 (90–100)	91.1 ± 13.7 92.5 (90–100)	0.646

Notes: Values are presented as mean ± standard deviation, or median (interquartile range). FAC = Functional Ambulation Category; FIM = Functional Independence Measure score; NIHSS = National Institutes of Health Stroke Scale; max score = maximum possible score of test or scale. # = National Institutes of Health Stroke Scale at baseline in subacute and rehabilitation hospital and at three months after stroke onset in outpatient consultation at the Dr. Josep Trueta University Hospital of Girona. No differences are found ( $p$  value > 0.05) by the Chi-square test between groups at baseline or discharge.



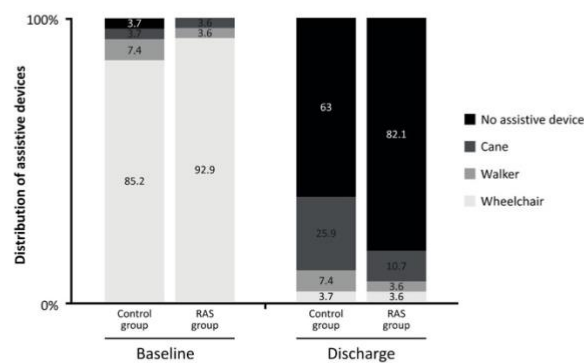
**Figure 2.** Functional Ambulation Category recodified score by groups at baseline and discharge. Notes: The figure shows the distribution of people (percentage) in the recodified categories of the Functional Ambulation Category from the music-based rhythmic auditory stimulation group and the control group at baseline and discharge. No differences are found ( $p$  value > 0.05) by the Chi-square test between groups at baseline or discharge.

In the multiple linear regression that was performed to analyze factors associated to Functional Ambulation Category outcome (age, sex, affected area and side, stroke severity at baseline and intervention group), only stroke severity measured at baseline with the NIHSS showed a significant correlation at patient discharge ( $\beta = -0.136$ ;  $p = 0.005$ ).

**Table 3.** Between-group mean differences in change, discharge versus baseline.

Outcome	Control Group (n = 27)	Intervention Group (n = 28)	p-Value
Tinetti score	14.30 ± 6.71 15 (8–20)	14.71 ± 7.37 14 (8.5–20.75)	0.840
Gait speed	0.36 ± 0.19	0.53 ± 0.26	0.621
FAC score	2.48 ± 1.09 3 (2–3)	3.43 ± 1.17 3.5 (3–4)	0.002 *
FIM score	31.07 ± 17.58 33 (22–43)	34.57 ± 16.70 35 (23–44.5)	0.544
Barthel Index	50.37 ± 13.65 50 (45–60)	44.29 ± 20.98 47.5 (31.25–55)	0.326

Values are presented as mean difference ± standard deviation, or median (interquartile range). FAC = Functional Ambulation Category; FIM = Functional Independence Measure score; (IQR) = interquartile range. \*  $p < 0.05$ , by the Mann–Whitney U test for mean differences (change between baseline and discharge).



**Figure 3.** Assistive devices by groups at baseline and discharge. Note: The figure shows the distribution (as percentages) of assistive devices used by the participants in each group at baseline and at discharge. No differences are found ( $p$  value > 0.05) by Chi-square test between groups at baseline or discharge.

#### 4. Discussions

This study suggested that music-based rhythmic auditory stimulation in combination with conventional physiotherapy was more beneficial for people with subacute stroke than conventional physiotherapy alone. When contrasted with the control group, it is seen that people who received music-based rhythmic auditory stimulation showed significant improvements in functional ambulation and walking ability. Our research was unable to demonstrate that the music-based RAS group improved more in gait parameters, fall risk, trunk control, functional independence, and independence in activities of daily living, when compared with the control group.

Despite potential differences in the mechanism of action for music-based rhythmic auditory stimulation and conventional physiotherapy [15,28,29], the goal of music-based RAS alone and in combination remained the same: to improve gait and balance after stroke [8,14,28,30]. A possible explanation might be related to the lack of precision in the Tinetti test to measure gait parameters and the quality of walking in the aftermath of stroke [14,31]. Consistently with previous literature, we found that rhythmic auditory stimulation in combination with conventional physiotherapy was not effective in improving balance [8,32]. Our research gave similar results for the two groups with regards to gait and fall risk, using the Timed Up&Go test, unlike other studies [14,28,31,33]. Great improvement in both groups may be due to the intensive multidisciplinary rehabilitation

in the stroke unit. Limited gains in the music-based RAS group may be related to some patients' inability to tolerate the extra therapy sessions [34]. This discrepancy could be attributed to the clinical phase of the participants. Most studies have been undertaken in the chronic phase whereas our research was with people with no more than 21 days after stroke onset [10,12]. It should be taken into account that the control group also attended an intensive rehabilitation unit, performing 11 h of physiotherapy and 7 h of occupational therapy per week, compared with control groups of other studies that only received an average of 3–5 h/week. This undoubtedly has value for rehabilitation but possibly reduces the comparative effect with the intervention group [10,15,34]. Another possible cause could be that we could not evaluate the Timed Up&Go and Tinetti scores in those participants who were unable to walk at baseline (more than 80% in each group). Little was found in the literature about the effect of music-based rhythmic auditory stimulation on walking ability stated with the Functional Ambulation Category scale in acute and subacute stroke patients. Yoo and Kim (2016) found no differences between the stage of stroke subgroups with regards to the effects of rhythmic auditory stimulation on gait parameters, but larger effect sizes on walking velocity and cadence were observed in acute stroke compared to chronic stroke [10]. Peurala et al. (2009) showed that walking training improved gait functions irrespective of the method used [35]. Our most obvious finding from the analysis was that the music-based RAS group were more independent in walking at discharge (if we added together indoors and outdoors walkers) than the control group. We corroborated the results of Kim et al. (2012) that gait abilities in people with subacute stroke improve with rhythmic auditory stimulation [33]. Outcomes such as severity of the affected side (hemiparesis vs. hemiplegia) or muscle strength were not considered in our research, although previous studies have shown the correlation of muscle strength as a predictor of walking ability [16,36].

In the second set of research outcomes, the need for assistive devices was in line with the walking ability of our main aim. More than the 80% of the music-based RAS group went home without any assistive device, compared with the 63% in the control group. In reviewing the literature, no data was found on the association between music-based rhythmic auditory stimulation and the use of assistive devices. The reason for a similar improvement in trunk control in both groups is not clear but it may be related to the focus of the treatment being on standing and walking stability, and the sensitivity of the scale used [37]. The Functional Independence Measure and the Barthel Index of functional independence were not found in the literature to have been evaluated in relation to the effect of music-based rhythmic auditory stimulation on gait and balance, in people with subacute stroke. It seems possible that our results are due to interference with the arm function. These scales measure independence in daily living activities, where arm function is needed [34]. The Modified Rankin scale and the NIHSS have been used in stroke literature to describe the demographic characteristics of study participants, but we have not found previous research about disability improvement after a music-based rhythmic auditory stimulation [11,31]. Despite this, we have found in our study that a music-based rhythmic auditory stimulation was able to improve disability from moderate or severe at baseline to slight or no disability at discharge. With respect to intervention sessions, the music-based RAS group had four hours per week more of intervention than the control group. Our results do not coincide with Kwakkel et al. (2004), who found that increasing exercise therapy had a small favorable effect on activities of daily living [34]. The cost-effectiveness for difference in hours of intervention in our study is an important issue which we will consider in future research.

This trial had several limitations. The size of the sample has not allowed us to identify more differences between the two groups. As they were groups of 27 and 28 people, there is a risk of a bias when the value of a variable of one or two people differs significantly from the median [38,39]. We used a design with a historical, non-parallel, control group, and no randomization was performed, which limits the robustness of the study. This was necessary as the Bioethics Committee, to ensure the principle of beneficence, required us to



perform a music-based rhythmic auditory stimulation with every patient who could benefit from the therapy and so did not allow us to establish a control group with conventional physiotherapy alone. The findings of our study showed few differences in improvement between the two groups, which should help us to obtain approval from the Ethics Committee for future randomized controlled trials.

A second limitation is the cognitive impairment inclusion criteria assessed with the Mini-Mental State Examination. A minimum score of 24 was insufficient, given that this scale has modest qualities in screening for low and mild cognitive disturbances in people with stroke. More cognitive functions could be affected after stroke in people with scores between 27 and 30 (normal cognitive function) than those functions that are evaluated with this measure [40].

A third limitation is that the number of music-based rhythmic auditory stimulation sessions in the music-based RAS group was not determined by the researcher. The days of stay and intervention sessions depended on the achievement of therapeutic objectives as assessed by the rehabilitation hospital. Even so, an average of 15 sessions was undertaken by the patients, similar to other trials [12].

Finally, the intervention was not individualized, which we consider as both a limitation and a strength. Participants in a walking phase were together with non-walkers, which made it difficult to find the right level of challenge. However, social relationships and motivation were established between the participants in the music-based RAS group, consistent with some literature [8].

Strengths of this trial include the collection of walking ability outcomes, such as functional ambulation or the use of assistive devices enabling music-based rhythmic auditory stimulation to be applied to walking independence. The mixture of methods used in the music-based RAS group: exercises with metronome, walking exercises, the Ronnie Gardiner Method, and the variability of music, may have helped to encompass different dimensions of the music-based therapy [7,8,10]. Music is found to be connected to emotional responses through an associative learning process; therefore, physical response and executive function can be influenced and enhanced more than by just a marked rhythm from a metronome [7]. Therapy satisfaction has recently been shown by Wang et al. (2021) to be higher when music-based stimulation is used [41]. In order to maintain the metronome rhythm, gait speed is adapted subconsciously but Forner-Cornero et al. (2019) found that the relation between the foot contact and the sound cue showed a mean error which increased when frequencies changed [42]. When frequencies changes from baseline, the foot contact tend to be before the sound cue. Forner-Cornero suggested that two processes might be involved in rhythm entrainment, one a slow-adapting, supraspinal oscillator, which predicts the foot contact, and a second fast process related to sensory inputs, which adapts peripheral sensory input (foot contact) and supraspinal sensory input (auditory rhythm) [42]. Studies into supraspinal feedback errors with a music-based rhythmic auditory stimulation should be planned in future research. As suggested by Van Crieling et al. in 2019, our research was with people in a subacute stroke phase rather than a chronic phase and used actual pieces of music besides a metronome [15]. Future research needs to investigate the cost-effectiveness and the persistence of treatment effects over time and at people's homes with larger cohorts. The recording of variables such as the FAC or the use of assistive devices has probably provided a more functional and qualitative value to the evaluation of the ambulation, unlike the usual parameters such as the cadence or the length of the step, which do not reflect the degree of autonomy of the patient or their walking ability [43]. In future publications we will report the effects of a music-based rhythmic auditory stimulation on the severity of stroke impairments at 12 months.

## 5. Conclusions

This study is one of the first to evaluate the effect of a music-based rhythmic auditory stimulation in combination with conventional physiotherapy, compared to conventional physiotherapy alone, on walking ability in people with subacute stroke. Participants in

both groups improved in balance, gait, fall risk, trunk control, and functional independence. However, music-based rhythmic auditory stimulation was not found to produce gains in gait parameters. This study shows that music-based rhythmic auditory stimulation adds value to functional ambulation and walking ability. More studies with blinded and randomized control trial methods are needed.

**Author Contributions:** Conceptualization, S.G.-H. and R.S.-S.; Data curation, S.G.-H.; Formal analysis, S.G.-H. and R.S.-S.; Investigation, S.G.-H. and R.S.-S.; Methodology, S.G.-H.; Project administration, S.G.-H.; Resources, G.R.-G., C.B.-N. and R.S.-S.; Software, S.G.-H., C.B.-N. and R.S.-S.; Supervision, S.G.-H. and R.S.-S.; Validation, S.G.-H., G.R.-G., C.B.-N. and R.S.-S.; Visualization, S.G.-H., G.R.-G., C.B.-N. and R.S.-S.; Writing—original draft, S.G.-H.; Writing—review and editing, S.G.-H., G.R.-G., C.B.-N. and R.S.-S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** This research is registered in *ClinicalTrials.gov* (NCT03974490). This study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Bioethics Committee of the *Unió Catalana d'Hospitals*.

**Informed Consent Statement:** All participants involved in the study were informed of the study purpose and procedures before signing an informed consent form.

**Data Availability Statement:** Dataset could be found on <http://dx.doi.org/10.17632/dsngw3zsnz.1> (accessed on 17 February 2021).

**Acknowledgments:** The authors are grateful to all participants, health professionals, and management staff at Hospital Sociosanitari Mutuam Girona who made the trial possible. The authors would also like to thank the two delivering physiotherapists Helena Sanchez and Montserrat Villen, and Andrew Hughes for the revision of the English in the manuscript.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest. S.G.-H. is a certified practitioner of the Ronnie Gardiner Method. She was blind to the results of the outcome evaluations of all participants and did not take part in data analysis.

## Appendix A

Research was conducted in a stroke unit from the subacute and rehabilitation hospital Mutuam in Girona, Spain. Patients did conventional physiotherapy in the rehabilitation room; music-based RAS intervention on Mondays and Fridays was in the function room and music-based RAS intervention on Wednesday was in the rehabilitation room.

### 1. Intervention

Music-based rhythmic auditory stimulation for 90 min consisting of

-General body warming (15 min):

Following the rhythm with a metronome, between 40 and 60 bpm. People who could keep standing balance did it standing without assistive devices, those with severe hemiplegia did it sitting down until they could stand by themselves:

\*cervical flexion-extension and rotation

\*shoulders rotation

\*trunk rotation

\*pelvic movements

\*shoulders and pelvic dissociation

\*knees flexion-extension

\*ankle flexion-extension

-Main part (60 min)

Mondays and Fridays were with the multi-task exercises from Ronnie Gardiner Method<sup>®</sup>. The therapist projects symbols as hands and feet on the wall, red for left and blue for right side of the body, each symbol means a movement and is related with a sound. The patients follow the symbols beat by beat, increasing the tempo during the session. Ronnie Gardiner Method<sup>®</sup> has many symbols, but in study sessions we only used

5 symbols. Patients had a red sticker on the left hand, and a blue sticker on the right hand in order to facilitate the perception of the two body sides.

Music pieces used:

- Twinkle twinkle little star (68 bpm)
- One love-Bob Marley (76 bpm)
- No woman no cry-Bob Marley (78 bpm)
- Lemon Tree-Fool's Garden (143 bpm)
- Tea for two cha cha (instrumental)-Tommy Dorsey Orchestra (167 bpm)

On Wednesday, walking training with music and a metronome overlaid, according to the clinical application guide of M.H. Thaut [7]:

anterior walking, lateral walking, military march, tandem walking, posterior walking, walking with toes and then with heels, through progressive variations and increments of rhythm speed (from 50 bpm to 110 bpm), accentuation of every beat and on beat depending on the exercise. 8 min each exercise and 2 min rest between them. The music chosen was from a variety of past and present musical genres, with marked pulse, 1/4 or 6/8 rhythm, and variation of beats per minute. People who could not walk, participated by weight shifting standing in stationary position in parallel bars or holding on to other assistive device.

Music pieces used:

- The lion sleeps tonight-The Tokens (68 bpm/121 bpm)
- Colonel Hathi's March, The Jungle Book-J. Pat Omalley (96 bpm)
- Someone you loved-Lewis Capaldi (110)
- Yellow submarine-The Beatles (111 bpm)
- Radetzky march from Johann Strauss-performed by Peter Guth and the Royal Philharmonic Orchestra (111 bpm)
- Ayo Technology-Milow (128 bpm)
- Old Town Road-Lil Nas X (136 bpm)
- Je veux-Zaz (155)
- Lost on you-LP (174 bpm)
- Qué vendrá-Zaz (176 bpm)

- Closure (15 min):

Relaxation exercises with deep breathing, body stretching while sitting and a round of impressions to know about the mood and motivation with the music-based therapy.

Music pieces used:

- River flows in you-Yiruma
- Canon D minor-Pachelbel
- Enya-Only time
- Intermezzo from Cavalleria Rusticana-Pietro Mascagni

## 2. Setting and material

The interventions on Mondays and Fridays were in the rehabilitation room, 20 × 25 m, one side with chairs to make the warm-up and closure and one side without obstacles to perform the main walking part.

Wednesday: Over-ground walking on a 10 × 2 m floor with lateral bars.

Metronome: Metronome & Tuner TGI 99B

LED projector: Manufacturer VPRAWLS, 1080p full HD, 1200 lumens, contrast ratio 1000:1, diagonal visible screen 50 cm × 127 cm.

Speaker: EasyAcc LX-839, 3W, 20 Hz–90 Hz, with Bluetooth and Micro SD.

We used a Micro SD with music pieces downloaded from <https://www.youtube.com> platform (accessed on 17 February 2021).



## References

1. Thrift, A.G.; Thayabaranathan, T.; Howard, G.; Howard, V.J.; Rothwell, P.M.; Feigin, V.L.; Norrving, B.; Donnan, G.A.; Cadilhac, D. Global stroke statistics. *Int. J. Stroke* **2017**, *12*, 13–32. [CrossRef] [PubMed]
2. Mercadal-Brotons, M.; Marti-Augé, P. *Manual de Musicoterapia en Geriatria y Demencias*; Monsa-Prayma: Barcelona, Spain, 2008.
3. Poch, S. *Compendio de Musicoterapia*, 2nd ed.; Herder: Barcelona, Spain, 2011; Volume 1.
4. Grahn, J.A. Neural Mechanisms of Rhythm Perception: Current Findings and Future Perspectives. *Top. Cogn. Sci.* **2012**, *4*, 585–606. [CrossRef] [PubMed]
5. Alvin, J. *Musicoterapia*, 5th ed.; Paidós Iberica: Barcelona, Spain, 1997.
6. Benenson, R.O. *Manual de Musicoterapia*, 3rd ed.; Ediciones Paidós: Barcelona, Spain, 2011.
7. Thaut, M.H. *Rhythm, Music, and the Brain. Scientific Foundations and Clinical Applications*; Taylor and Francis Group: New York, NY, USA, 2008; pp. 39–164.
8. Maggee, W.L.; Clark, I.; Tamplin, J.; Bradt, J. Music interventions for acquired brain injury (Review). *Cochrane Database Syst. Rev.* **2017**, *1*, CD006787. [CrossRef]
9. Mainka, S.; Wissel, J.; Völler, H.; Evers, S. The Use of Rhythmic Auditory Stimulation to Optimize Treadmill Training for Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Front. Neurol.* **2018**, *9*, 1–8. [CrossRef] [PubMed]
10. Yoo, G.E.; Kim, S.J. Rhythmic Auditory Cueing in Motor Rehabilitation for Stroke Patients: Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Music Ther.* **2016**, *53*, 149–177. [CrossRef] [PubMed]
11. Pohl, P.; Carlsson, G.; Käll, L.B.; Nilsson, M.; Blomstrand, C. Experiences from a multimodal rhythm and music-based rehabilitation program in late phase of stroke recovery—A qualitative study. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0204215. [CrossRef]
12. Moumdjian, L.; Sarkamo, T.; Leone, C.; Leman, M.; Feys, P. Effectiveness of music-based interventions on motricity or cognitive functioning in neurological populations: A systematic review. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* **2016**, *53*, 466–482.
13. Shin, Y.-K.; Chong, H.J.; Kim, S.J.; Cho, S.-R. Effect of Rhythmic Auditory Stimulation on Hemiplegic Gait Patterns. *Yonsei Med. J.* **2015**, *56*, 1703–1713. [CrossRef]
14. Lee, S.; Lee, K.; Song, C. Gait Training with Bilateral Rhythmic Auditory Stimulation in Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Brain Sci.* **2018**, *8*, 164. [CrossRef]
15. Van Crielinge, T.; D'Août, K.; O'Brien, J.; Coutinho, E. The influence of sound-based interventions on motor behavior after stroke: A systematic review. *Front. Neurol.* **2019**, *10*. [CrossRef]
16. Flansbjerg, U.B.; Downham, D.; Lexell, J. Knee muscle strength, gait performance, and perceived participation after stroke. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2006**, *87*, 974–980. [CrossRef]
17. Neufeld, S.; Machacova, K.; Mossey, J.; Luborsky, M. Walking Ability and Its Relationship to Self-Rated Health in Later Life. *Clin. Gerontol.* **2013**, *36*, 17–32. [CrossRef] [PubMed]
18. Otokita, S.; Uematsu, H.; Kunisawa, S.; Sasaki, N.; Fushimi, K.; Imanaka, Y. Impact of rehabilitation start time on functional outcomes after stroke. *J. Rehabil. Med.* **2020**. [CrossRef]
19. Gardiner, R. The Ronnie Gardiner Method. Okategoriserade: 2015. Available online: <https://www.ronniegardinermethod.com/> (accessed on 24 September 2018).
20. Canbek, J.; Fulk, G.; Nof, L.; Echtermach, J. Test-Retest Reliability and Construct Validity of the Tinetti Performance-Oriented Mobility Assessment in People with Stroke. *J. Neurol. Phys. Ther.* **2013**, *37*, 14–19. [CrossRef]
21. Hafsteinsdóttir, T.B.; Rensink, M.; Schuurmans, M. Clinimetric Properties of the Timed Up and Go Test for Patients With Stroke: A Systematic Review. *Top. Stroke Rehabil.* **2014**, *21*, 197–210. [CrossRef]
22. Mehrholz, J.; Wagner, K.; Rutte, K.; Meißner, D.; Pohl, M. Predictive Validity and Responsiveness of the Functional Ambulation Category in Hemiparetic Patients After Stroke. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2007**, *88*, 1314–1319. [CrossRef]
23. Fujii, R.; Sugawara, H.; Ishikawa, M.; Fujiwara, T. Effects of Different Orthoses Used for Gait Training on Gait Function among Patients with Subacute Stroke. *Prog. Rehabil. Med.* **2020**, *5*, 20200023. [CrossRef] [PubMed]
24. Kurokawa, N.; Kai, C.; Hokotachi, Y.; Hasegawa, M.; Amagai, T. Determination of the cut-off point of the Functional Independence Measure as a predictor of adverse events in patients with acute stroke. *J. Int. Med Res.* **2018**, *46*, 4235–4245. [CrossRef]
25. Duffy, L.; Gajree, S.; Langhorne, P.; Stott, D.J.; Quinn, T.J. Reliability (inter-rater agreement) of the Barthel Index for assessment of stroke survivors. *Stroke* **2013**, *44*, 462–468. [CrossRef]
26. Kwah, L.K.; Diong, J. National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS). *J. Physiother.* **2014**, *60*, 61. [CrossRef]
27. Broderick, J.P.; Adeoye, O.; Elm, J. Evolution of the Modified Rankin Scale and its use in future stroke trials. *Stroke* **2017**, *48*, 2007–2012. [CrossRef] [PubMed]
28. Ghai, S.; Ghai, I. Effects of (music-based) rhythmic auditory cueing training on gait and posture post-stroke: A systematic review & dose-response meta-analysis. *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 1–11.
29. Schaffert, N.; Janzen, T.B.; Mattes, K.; Thaut, M.H. A review on the relationship between sound and movement in sports and rehabilitation. *Front. Psychol.* **2019**, *10*, 1–20. [CrossRef] [PubMed]
30. Lee, S.H.; Lee, K.J.; Song, C.H. Effects of rhythmic auditory stimulation (RAS) on gait ability and symmetry after stroke. *J. Phys. Ther. Sci.* **2012**, *24*, 311–314. [CrossRef]
31. Bunketorp-Käll, L.; Lundgren-Nilsson, Å.; Samuelsson, H.; Pekny, T.; Blomvé, K.; Pekna, M.; Pekny, M.; Blomstrand, C.; Nilsson, M. Long-Term Improvements After Multimodal Rehabilitation in Late Phase After Stroke. *Stroke* **2017**, *48*, 1916–1924. [CrossRef] [PubMed]

32. Pohl, P.; Wressle, E.; Lundin, F.; Enthoven, P.; Dizdar, N. Group-based music intervention in Parkinson's disease—Findings from a mixed-methods study. *Clin. Rehabil.* **2020**, *1–12*. [[CrossRef](#)]
33. Kim, J.; Park, S.; Lim, H.; Park, G.-C.; Kim, M.-H.; Lee, B.-H. Effects of the combination of rhythmic auditory stimulation and task-oriented training on functional recovery of subacute stroke patients. *J. Phys. Ther. Sci.* **2012**, *24*, 1307–1313.
34. Kwakkel, G.; Van Peppen, R.; Wagenaar, R.C.; Dauphinee, S.W.; Richards, C.; Ashburn, A.; Miller, K.; Lincoln, N.; Partridge, C.; Wellwood, I.; et al. Effects of augmented exercise therapy time after stroke: A meta-analysis. *Stroke* **2004**, *35*, 2529–2536. [[CrossRef](#)]
35. Peurala, S.; Airaksinen, O.; Huuskonen, P.; Jäkälä, P.; Juhakoski, M.; Sandell, K.; Tarkka, I.; Sivenius, J. Effects of intensive therapy using gait trainer or floor walking exercises early after stroke. *J. Rehabil. Med.* **2009**, *41*, 166–173. [[CrossRef](#)]
36. Hunnicutt, J.L.; Gregory, C.M. Skeletal muscle changes following stroke: A systematic review and comparison to healthy individuals. *Top. Stroke Rehabil.* **2017**, *24*, 463–471. [[CrossRef](#)]
37. Selves, C.; Stoquart, G.; Lejeune, T. Gait rehabilitation after stroke: Review of the evidence of predictors, clinical outcomes and timing for interventions. *Acta Neurol. Belg.* **2020**, *120*, 783–790. [[CrossRef](#)]
38. Scrivener, K.; Sherrington, C.; Schurr, K. A systematic review of the responsiveness of lower limb physical performance measures in inpatient care after stroke. *BMC Neurol.* **2013**, *13*, 4. [[CrossRef](#)]
39. Lin, L. Bias caused by sampling error in meta-analysis with small sample sizes. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0204056. [[CrossRef](#)]
40. Bour, A.M.J.J.; Rasquin, S.; Boreas, A.M.H.P.; Limburg, M.; Verhey, F.R.J. How predictive is the MMSE for cognitive performance after stroke? *J. Neurol.* **2009**, *257*, 630–637. [[CrossRef](#)]
41. Wang, Y.; Pan, W.-Y.; Li, F.; Ge, J.-S.; Zhang, X.; Luo, X.; Wang, Y.-L. Effect of Rhythm of Music Therapy on Gait in Patients with Stroke. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* **2021**, *30*, 105544. [[CrossRef](#)]
42. Forner-Cordero, A.; Pinho, J.P.; Umemura, G.; Lourenço, J.C.; Mezêncio, B.; Itiki, C.; Krebs, H.I. Effects of supraspinal feedback on human gait: Rhythmic auditory distortion. *J. Neuroeng. Rehabil.* **2019**, *16*, 1–10. [[CrossRef](#)]
43. Hessam, M.; Salehi, R.; Yazdi, M.J.S.; Negahban, H.; Rafie, S.; Mehravar, M. Relationship between functional balance and walking ability in individuals with chronic stroke. *J. Phys. Ther. Sci.* **2018**, *30*, 993–996. [[CrossRef](#)]



Article

## The Effect of Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Balance and Functional Outcomes after Stroke

Samira Gonzalez-Hoelling <sup>1</sup> , Gloria Reig-Garcia <sup>2</sup> , Carme Bertran-Noguer <sup>2,3</sup> and Rosa Suñer-Soler <sup>2,3,\*</sup> 

<sup>1</sup> Neurorehabilitation Department, Hospital Sociosanitari Mutuam Girona, 17007 Girona, Spain; samifisioterapia@gmail.com

<sup>2</sup> Department of Nursing, Faculty of Nursing, University of Girona, 17003 Girona, Spain; gloria.reig@udg.edu (G.R.-G.); carme.bertran@udg.edu (C.B.-N.)

<sup>3</sup> Health and Health Care Research Group, University of Girona, 17003 Girona, Spain

\* Correspondence: rosa.sunyer@udg.edu

**Abstract:** Purpose: the purpose of this paper was to evaluate the effects of music-based rhythmic auditory stimulation on balance and motor function after stroke and whether there are differences depending on the affected hemisphere, lesion site and age. Materials and Methods: This study was an observational and longitudinal study. Adult stroke survivors ( $n = 28$ ), starting no later than 3 weeks after a stroke, conducted 90 min sessions of music-based rhythmic auditory stimulation 3 days a week, in addition to 60 min a day of conventional physiotherapy. Balance ability was evaluated using the Mini Best Test and the Tinetti Test; motor function was evaluated using the Motor Assessment Scale. Results: All of the participants significantly improved their balance ability and motor function variables upon comparing scores at discharge and admission. Intragroup differences were observed upon comparing subgroups of patients by lesion site and by the degree of motor impairment. Age, stroke type and affected hemisphere seemed not to be directly related to the amount of improvement. Conclusions: This study suggests that the effects of music-based rhythmic auditory stimulation (RAS) on balance ability and motor function varies depending on the scale or test used for evaluation and on the variables that the tests measure. Patients with hemiparesis seemed to improve more than those with hemiplegia.

**Keywords:** music therapy; stroke rehabilitation; auditory stimulation; postural balance; functional status



**Citation:** Gonzalez-Hoelling, S.; Reig-Garcia, G.; Bertran-Noguer, C.; Suñer-Soler, R. The Effect of Music-Based Rhythmic Auditory Stimulation on Balance and Functional Outcomes after Stroke. *Healthcare* **2022**, *10*, 899. <https://doi.org/10.3390/healthcare10050899>

Academic Editors:  
Marco Tramontano and  
Giovanni Galeoto

Received: 22 March 2022  
Accepted: 11 May 2022  
Published: 12 May 2022

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### 1. Introduction

One of the most studied variables in stroke is improvement in walking and, related to this, as a secondary variable, it is common to analyse balance. The most studied type of rehabilitation for balance after stroke is physiotherapy, understood as a mixture of cardiorespiratory endurance and strength work [1,2].

Music-based interventions have emerged as a powerful and versatile therapeutic approach in the restoration functional abilities in neurologic conditions. Music-based interventions involves different techniques and devices as active music playing and music listening with music instruments or technical devices. Several clinical studies have proved the effects of music-based interventions to address gait disorders or upper extremity functional abilities in neurorehabilitation [3,4]. Rhythmic auditory stimulation is the use of rhythmic auditory cues, with a metronome or music, in order to synchronise auditory rhythm and motor responses. This entrainment mechanism has an effect on balance and gait patterns in stroke, Parkinson's disease and other neurological diseases, such as traumatic brain injury [4,5]. The functional and structural architecture of the auditory system is built to rapidly detect patterns of periodicity in acoustic signals [6]. In recent years, Thaut and other authors have studied cerebral adaptations as a result of rhythmic auditory stimuli both in healthy people [7] and people who have suffered a stroke [8]. Most studies cover strokes of the whole of the brain [5] or, at the most, they make a separation

between ischaemic and haemorrhagic strokes [9]. There have also been a few studies that compare the effect of RAS on each hemisphere, e.g., studies by Kobinata (2016) [10] and Thaut (2007) [11], which also evaluated the effect by the site of the lesion. Listening to music daily after a middle cerebral artery stroke showed an increase in grey matter volume in frontal and limbic areas both contralaterally and homolaterally to the lesion. This increase was directly related to improvement in cognitive functions and reduced negative mood compared with the condition of patients before listening to music [12]. Despite a dysfunction in the timing mechanism as a result of a stroke with lesions in the cerebellum, thalamus and pons and medulla, RAS has been shown to be effective in facilitating the prediction of motor timing and gait rhythm [10]. The effect on dorsal premotor cortex damage and cerebellar stroke has also been studied [13].

Considering the significant gait improvements after RAS intervention, doubt arises as to whether the same occurs with balance ability. The current evidence regarding the effect of RAS on balance ability after a stroke is highly contradictory. Depending on the scale that is used to analyse the variable, various differing results have been found. Whereas, on the one hand, clinical trials point to significant improvements in balance ability in the RAS group [14,15], meta-analyses and systematic reviews disagree in regard to their interpretation, the quality of the studies and their applicability in improving balance [5,16,17].

Although the functional improvements after music-based RAS are clear [16,18], effects by lesion sites and cerebral hemisphere have not been sufficiently studied. This study's hypothesis was that music-based RAS would prove effective in improving balance ability and motor function post-stroke in our health area and that differences would be observed by clinical and demographical variables. The objective of this study was to evaluate the effects of music-based rhythmic auditory stimulation on balance ability and motor function after stroke and whether there were differences by the affected hemisphere, lesion site and age.

## 2. Materials and Methods

This observational and longitudinal study was a secondary analysis of the intervention group of a controlled clinical trial [19], which was approved by the Bioethical Committee of the hospital and registered before starting at [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) (accessed on 21 March 2022) (NCT03974490). This study was conducted and is reported in accordance with the STROBE guidelines.

Inclusion criteria were being 18 years of age or older with a diagnosis of a first stroke (ischaemic or haemorrhagic) or without sequels from a previous stroke, being no more than 3 weeks post-stroke, being a previously independent walker with a Barthel Index > 85, having a hemiparesis with gait alteration after stroke, having a Ranking score of 3–4 or having a Tinetti score < 23. Exclusion criteria were independent walking at admission, having aphasia that impeded communication, having moderate to severe cognitive impairment (Mini-Mental State Examination score < 24), suffering from a musculoskeletal or neurological disorder or not wishing to participate.

### 2.1. Intervention

The intervention is described in detail in our previously published study [19]. The subjects participated three times a week in the rhythmic auditory stimulation sessions, each of which had a duration of 90 min. Furthermore, they received conventional physiotherapy 6 days a week. Conventional physiotherapy consisted of therapeutic exercise and walking training using a parallel walking bar or with assistive devices. Therapeutic exercise was based on proprioceptive neuromuscular facilitation, trunk dissociation, motor control and strengthening exercises. Patients with severe hemiplegia and sensorimotor impairments practiced sitting and standing balance and sit-to-stand using the parallel walking bar. As their physical function improved, they progressed to dynamic standing balance and gait training with assistive devices. Patients began with the intervention on admission to the

multidisciplinary intensive rehabilitation unit for subacute stroke, and they finished at discharge; therefore, the number of days in which they participated depended on the length of their hospital stay.

The rhythmic auditory stimulation sessions consisted of three parts: a 15 min general warm-up; a 60 min main part consisting of rhythmic auditory stimulation and music; and finally, 15 min of stretching and relaxation. The exercises consisted of the multimodal Ronnie Gardiner Method<sup>®</sup> twice a week and a training session of walking with a metronome and music once a week, including forward walking, sideways walking, military marching, tandem walking, backwards walking and heel and toe walking, through progressive variations and with increases in the speed of the rhythm. The music was chosen by the therapist from different musical genres, both from the past and the present, with a marked 1/4 or 6/8 rhythm and variations in beats per minute from 50 to 110 bpm. The musical pieces for relaxation and stretching were chosen by the participants. The rhythmic auditory stimulation sessions were conducted by a graduate physical and music therapist in the rehabilitation room.

## 2.2. Outcome Measures

Balance ability and motor function were evaluated as dependent variables using the Mini Best Test, the Motor Assessment Scale and the Tinetti Test.

The Mini Best Test was used for balance ability and consists of 14 sections that make up four of the six areas that the original Best Test evaluates: anticipated postural adjustments, reactive postural control, sensory orientation and dynamic gait. The maximum score is 28 points [20]. The Motor Assessment Scale evaluates the motor function through eight items, including two for leg mobility, three for functional tests of the lower leg (i.e., sitting balance, transfer from sitting to standing walking) and three for the function of the upper limbs. Each item is scored from 0 to 6 [21]. The Tinetti Test is composed of 9 categories related to balance and 10 categories related to gait, scoring from 0 to 28 to evaluate the balance ability of elderly people [22].

In conducting the analysis, age, type of stroke, the hemisphere and lesion site and the degree of motor impairment were taken as independent variables.

Two age groups were used for analysis: under 60 years and 60 years or over, as was done by Ghai et al. (2018) in a systematic review and meta-analysis [23]. The type of stroke was classified, using magnetic resonance imaging (MRI), as either haemorrhagic or ischaemic. Hemispheres were divided into left and right. The lesion site areas were classified into regions innervated by the anterior cerebral artery, regions innervated by the middle cerebral artery, regions innervated by the basal ganglia, vertebrobasilar region, lacunar area and thalamic region. The degree of motor impairment was characterised as hemiparesis (i.e., the patient was mobile and able to withstand resistance) and hemiplegia (i.e., without mobility or unable to withstand resistance).

## 2.3. Statistical Analysis

Data were analysed using SPSS Statistics version 17.9 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Continuous variables are described as the mean and standard deviation or the median and interquartile range. Categorical variables are described by the absolute frequency and their percentages. The nonparametric Wilcoxon rank test was used to compare scores at admission and discharge for the Mini Best Test, the Motor Assessment Scale and the Tinetti Scale by type of stroke, the area affected, the hemisphere affected, the degree of motor impairment and age. To study the differences between groups regarding improvement due to the intervention, a new variable was created that measured the difference between the postintervention value and the pre-intervention value for each scale used. The nonparametric Mann–Whitney U test was used to detect differences between two independent samples, and the nonparametric Kruskal–Wallis test was used to detect differences between the scale results by the affected area. In all tests, significance was set at  $p < 0.05$ .



### 3. Results

In total, 28 people with stroke were included of whom 16 (57.7%) were men and 12 (42.3%) were women. The baseline characteristics of the study participants are shown in Table 1.

**Table 1.** Baseline characteristics of the study participants.

Variables	n(%) or Median (IQR)
<b>Age</b>	<b>66.2 (12.8)</b>
<b>Sex</b>	
Female	12 (42.9)
Male	16 (57.1)
<b>Stroke type</b>	
Haemorrhagic	10 (35.7)
Ischaemic	18 (64.3)
<b>Affected side</b>	
Right	18 (64.4)
Left	10 (35.6)
<b>Affected area</b>	
Basal ganglia	7 (25)
MCA	6 (21.4)
Vertebrobasilar	8 (28.5)
Lacunar	4 (14.3)
ACA + MCA	1 (3.6)
ACA	1 (3.6)
Thalamus	1 (3.6)
<b>NIHSS *</b>	<b>5 (3–8)</b>
<b>Rankin *</b>	<b>4 (3–4)</b>
<b>Severity of the impairment</b>	
Hemiparesis	18 (64.3)
Hemiplegia	10 (35.7)
<b>Muscular strength at admission</b>	
Affected upper limb *	4 (2–4)
Affected lower limb *	4 (2.25–4)

The continuous variables are described using the mean and standard deviation or the median and interquartile range and the categorical variables with the absolute frequency and their percentage. \* Median (IQR). MCA: middle cerebral artery; ACA: anterior cerebral artery; IQR: interquartile range; NIHSS: National Institutes of Health Stroke Scale.

All participants significantly improved their balance ability and motor function variables upon comparing scores at discharge and admission ( $p < 0.05$ ), independent of their age, type of stroke and affected hemisphere. Patients with an affected basal ganglia area, middle cerebral area and vertebrobasilar area significantly improved ( $p < 0.05$ ) their Mini Best Test, Motor Assessment Scale and Tinetti Test scores, as shown in Table 2, but patients with impairment of other cerebral areas, such as the anterior cerebral artery and the thalamus, did not significantly improve at discharge compared to admission. In each of these subgroups, there was only one patient; thus, we proceeded to regroup them together for analysis. No significant improvements were obtained for patients with hemiplegia at discharge ( $p > 0.05$ ); on the other hand, patients with hemiparesis significantly improved in all three tests ( $p < 0.05$ ) (Table 2).

**Table 2.** Scores at admission and discharge for the Mini Best Test, the Motor Assessment Scale and the Tinetti Test by age, type of stroke, the area affected, the hemisphere affected and the degree of motor impairment.

Variables	Mini Best Test			Motor Assessment Scale			Tinetti Test		
	Admission	Discharge	<i>p</i>	Admission	Discharge	<i>p</i>	Admission	Discharge	<i>p</i>
<b>Age group</b>									
<60 years ( <i>n</i> = 6)	5.6 (6.1) 2.5 [1.5–13.2]	20.6 (5.6) 21.0 [21.7–28]	0.027	23 (19.5) 26.0 [0–42.5]	39.6 (8.9) 41.0 [30.5–48]	0.028	8.8 (8.2) 8.5 [0–17]	25 (3) 25.5 [21.7–28]	0.027
≥60 years ( <i>n</i> = 22)	4.1 (6.3) 2 [0–7]	16.5 (5.8) 17.5 [13.7–21]	<0.001	24.1 (16.4) 30 [10–39]	41.9 (9.9) 46 [37.5–47]	<0.001	8.22 (6.5) 8 [1–14]	21.6 (7.6) 24 [20–26]	<0.001
<b>Type of stroke</b>									
Haemorrhagic ( <i>n</i> = 10)	6.5 (8.6) 2.5 [0–14.5]	19.8 (4.8) 10 [15.5–24.2]	0.008	20.6 (17.5) 19 [0–35.2]	39.8 (9.9) 46 [28.7–48]	0.008	9.6 (9) 9 [0–20]	25.1 (3.6) 26 [23.2–28]	0.005
Ischaemic ( <i>n</i> = 18)	3.4 (4.3) 2 [0–7]	16.1 (6.2) 16.5 [12.7–21]	<0.001	25.6 (16.5) 31 [10–40]	41.2 (9.6) 46 [37.7–47]	<0.001	7.6 (5.3) 8 [1–13]	20.8 (7.9) 24 [20–26]	<0.001
<b>Affected area</b>									
Basal ganglia ( <i>n</i> = 7)	5 (8.9) 2 [0–3]	19 (3.6) 19 [16–22]	0.028	18.7 (16.9) 16 [0–30]	38.2 (11) 46 [28–48]	0.027	7.8 (8) 8 [0–16]	24.8 (3.8) 25 [24–28]	0.018
MCA ( <i>n</i> = 6)	6.8 (5.1) 9 [2–11.7]	20.5 (5.1) 19.5 [16.2–25.7]	0.028	25.2 (16) 33 [7.5–40.5]	44.1 (6.5) 47 [41.5–47.2]	0.028	12 (4.5) 9 [7–14.7]	21.8 (9.4) 25.5 [19.2–27.2]	0.028
Vertebrobasilar ( <i>n</i> = 8)	3.1 (4.6) 1 [0–3]	15.5 (4.79) 16 [12.2–21.7]	0.012	33 (14.3) 38.5 [29.5–42.2]	45.3 (2.6) 46 [44.2–47.7]	0.011	6.2 (5.7) 3.5 [0–12.2]	22 (5.6) 23.5 [18.2–27.5]	0.012
Lacunar ( <i>n</i> = 4)	5.5 (7.5) 3 [0–13.5]	18.2 (4.35) 17.5 [14.5–22.7]	0.068	30.2 (12) 33.5 [18–39.2]	42.5 (8.3) 46.5 [34–47]	0.144	13 (6.2) 0.5 [0–10.7]	24.7 (2.5) 22.5 [20.2–26.2]	0.068
Other area* ( <i>n</i> = 3)	0 0	6.3 (6.5) 6 [0–0]	0.180	0 0	24.6 (10) 10 [15]	0.109	12.3 (7.5) 8 [8]	25 (5.1) 28 [19]	0.109
<b>Affected hemisphere</b>									
Right ( <i>n</i> = 18)	4.7 (6.7) 2 [0–8]	17.6 (7) 19 [13.7–22.2]	<0.001	23.6 (18.1) 30 [0–41]	41.2 (10.4) 46.5 [37.7–47.2]	<0.000	8 (6.8) 7 [0–14]	21.8 (8.3) 25 [22–27]	<0.001
Left ( <i>n</i> = 10)	4 (5.3) 2.5 [0–5]	17.1 (3.6) 17 [13.7–19.2]	0.005	24.3 (14.9) 29.5 [11.2–35.5]	39.8 (8.3) 44.5 [29.7–46.2]	0.007	9 (6.9) 9 [1–14.5]	23.2 (3.5) 24 [20.5–25.7]	0.005
<b>Degree of motor impairment</b>									
Hemiparesis ( <i>n</i> = 17)	5.9 (7.3) 21 [14.5–23.5]	19.4 (5) 21 [14.5–23.5]	<0.001	30.2 (16.2) 38 [22.5–41.5]	44.4 (4.8) 46 [44–47.5]	<0.001	9.2 (7.4) 8 [0.5–14]	24.2 (4.6) 26 [21.5–28]	<0.001
Hemiplegia ( <i>n</i> = 11)	2.5 (3.4) 2 [0–3]	14.2 (6.1) 16 [14–19]	0.180	14.5 (14.1) 13 [0–30]	34.9 (12.3) 30 [24–47]	0.109	7.1 (6) 7 [1–13]	21.3 (7.1) 24 [22–25]	0.109

The continuous variables are described by the mean and standard deviation and median and interquartile range. The nonparametric Wilcoxon rank test was used to compare scores at admission and discharge for the Mini Best Test, the Motor Assessment Scale and the Tinetti Test. MCA: middle cerebral artery; ACA: anterior cerebral artery. \* Other areas: We regrouped together anterior cerebral artery, anterior cerebral artery plus middle cerebral artery and thalamus, because there was only one patient in each group.

To study the difference in improvement between groups due to the intervention, we observed that patients younger than 60 years of age improved as well as those 60 years or older when comparing the difference in the Mini Best Test between admission and discharge (for <60 years, the average rank was 17.33 versus 13.73 for ≥60 years; *p* = 0.340). The Motor Assessment Scale score difference upon admission and discharge did not depend on age (for <60 years, the average rank was 13.33 versus 14.82 for ≥60 years; *p* = 0.694). For the Tinetti Test, the two age groups had the same average rank (i.e., 14.5).

Analysing the results by the type of stroke, there were no significant differences in the average ranges for the Mini Best Test, the Motor Assessment Scale and the Tinetti Test, both at admission and discharge, depending on whether the stroke was haemorrhagic or ischaemic. Participants with haemorrhagic strokes had a slightly better but not signifi-

cant average rank between admission and discharge on the Mini Best Test compared to patients with ischaemic stroke (15.45 versus 13.97, respectively;  $p = 0.648$ ). Furthermore, individuals with haemorrhagic stroke had a slightly better but not significant average rank in the Motor Assessment Scale than patients with ischaemic stroke (15.90 versus 13.72, respectively;  $p = 0.501$ ), even though the average rank for the Tinetti Test was slightly lower for people with haemorrhagic stroke than for people with ischaemic stroke (13.30 versus 15.70, respectively;  $p = 0.564$ ).

There were no significant contrasts in the results when comparing the average ranges of the distinct areas in relation to the difference between admission and discharge for the Mini Best Test (average rank: basal ganglia, 16.86; middle cerebral artery, 13.92; vertebrobasilar, 16.06; lacunar, 14.34; other areas, 6.17;  $p = 0.407$ ), the Motor Assessment Scale (average rank: basal ganglia, 15.64; middle cerebral artery, 14.17; vertebrobasilar, 12.13; lacunar, 12.38; other areas, 21.67;  $p = 0.498$ ) and the Tinetti Test (average rank: basal ganglia, 11.43; middle cerebral artery, 14.75; vertebrobasilar, 15.94; lacunar, 18.88; other areas, 11.50;  $p = 0.598$ ).

The analysis did not detect differences among the average ranges of the three tests, either at admission or discharge, depending on whether the stroke had been in the right or left hemisphere (Mini Best Test,  $p = 0.847$ ; Motor Assessment Scale,  $p = 0.943$ ; Tinetti Test,  $p = 0.962$ ).

Patients with hemiparesis significantly improved between admission and discharge on the Motor Assessment Scale compared to patients with hemiplegia (hemiparesis = 18.60 versus hemiplegia = 12.22;  $p = 0.049$ ). No differences were found between patients with hemiparesis and patients with hemiplegia for the Mini Best Test when comparing the difference between admission and discharge. Patients with hemiparesis showed more improvement in the Tinetti Test score than patients with hemiplegia, but the differences were not significant (hemiparesis = 16.06 versus hemiplegia = 11.70;  $p = 0.179$ ).

#### 4. Discussion

All participants significantly improved their balance ability and motor function variables upon comparing scores at discharge and admission. However, intragroup differences are observed on comparing subgroups of patients by lesion site and the degree of motor impairment variables. Age, stroke type and affected hemisphere seemed not to be directly related to the amount of improvement.

Upon comparing admission and discharge, patients with haemorrhagic stroke clearly improved their balance ability more when it was measured with the Mini Best Test, whereas patients with ischaemic stroke had slightly higher balance ability average range scores when it was evaluated using the Tinetti Test. As the differences were not significant, the results are not generalisable. However, the results of the three tests were homogenous between patients with ischaemic and haemorrhagic strokes, coinciding with Salvadori (2020). Despite the poor prognosis of haemorrhagic stroke, patients have the same functional recovery as patients with ischaemic stroke [9].

In the present study, patients with basal ganglia lesions were those that most improved statistically, whereas patients with anterior cerebral artery, lacunar and thalamus lesions did not improve and ended up with lower scores than patients with lesions in other areas. It should be pointed out that the number of subjects affected by these lesion sites was low, which could explain the contradiction with other studies in which it has been observed that RAS was effective in improving motor timing and gait rhythm in people with stroke in the cerebellum, pons and medulla and thalamus [10]. Recent studies using neuroimaging have identified neuroanatomical interconnections during treatment with RAS between cortical and subcortical cerebral areas that are distant from one another such as the cerebellum, basal ganglia, thalamus, supplementary motor area, premotor cortex and auditory cortex [6]. Konoike et al. found significant activations, regardless of the body parts, during rhythm perception and reproduction in the inferior frontal gyrus/premotor cortex, inferior parietal lobe and supplemental motor area. The premotor cortex is involved in controlling rhythmic movement, and the cerebellum is essential



for controlling discrete movements that require explicit timing control but that are not important for continuous movements [24]. Konoike also concluded that it was difficult to identify the role that each brain region plays in rhythm information processing. Studies of focal lesions in the basal ganglia also provide information about the function of this area in controlling rhythmic movements. Kotz et al. (2011) reported the performance in rhythm perception and reproduction in patients with damage to the basal ganglia due to the fact of stroke, confirming that lesions of the basal ganglia affect the ability to perceive and reproduce rhythm. The basal ganglia reportedly functions by detecting a beat or the metric structure of rhythm and controlling its reproduction [25]. External rhythms may facilitate residual activation of the basal ganglia–cortical circuitry. After 5 weeks of music-based intervention with a group of patients with Parkinson’s disease, Buard et al. (2019) detected significant increases in cortical beta-band activity in neuroimaging results and stronger functional connectivity between auditory and motor areas of the brain [26]. Evidence from Parkinson’s disease patients with implanted neurostimulators in the subthalamic nucleus further demonstrate that rhythmic auditory cues modulate the amplitude of beta oscillations of the subthalamic nucleus during motor performance [27].

No differences were observed in the results at discharge between left-side and right-side strokes, but people with right-side stroke improved their motor function more, whereas people with left-side stroke improved their balance ability more. These results are in line with a study by Särkämö et al. (2014), where it was determined that in both left-side and right-side stroke, there is activation of the grey matter and an increase in its volume in the temporal, frontal, motor, limbic and cerebellar areas, especially contralaterally to the lesion but also in the homolateral hemisphere [12]. Giovanelli (2014) studied the auditory–motor synchronisation of the RAS effect on the premotor dorsal cortex using rTMS, observing that there was no modification of the left side in comparison with the right side. This reinforces the idea that the right dorsal premotor cortex plays a fundamental role in rhythmic auditory–motor synchronisation [13]. The results of Laufer et al. (2003), who compared the balance ability of people with right-side and left-side stroke, are also in contrast to our findings [28]. Grau-Sánchez et al. (2013) observed that motor thresholds are increased in the affected hemisphere, suggesting that cortical neurons increase their thresholds for excitation. Changes in the active motor threshold might explain the specific regulation of the excitability at cortical level rather than spinal [29]. Peyre, in 2020, suggested that restoring the propriospinal reflex to a normal value via listening to music might help to recover locomotor automatism and regain the ability to walk more automatically than without music. This is in contrast to Grau-Sánchez et al. (2013), who found that only one music session modulated the spinal activity involved in stabilised walking, but this was not accompanied by changes in the gait parameters [30].

Given that the Motor Assessment Scale evaluates both functionality and mobility, it was to be expected that people with hemiparesis would have a higher score than those that had hemiplegia and could not move at all [21]. Muscular strength is a predictor of rehabilitation and predisposes to better gait and balance results [9,31], as it was the case in our study with the score differences of the Motor Assessment Scale between patients with hemiparesis and patients with hemiplegia. Reflex motor responses belong to the descending or efferent fibres of the ventral cochlear nucleus that bifurcates bilaterally to the sensory motor tract of the reticular spinal pathway of the spinal cord [32]. When using rhythmic auditory stimulation in task-oriented exercises in hemiparetic extremities, the effects on balance of recruitments between the agonist and the antagonist were shown via electromyography in a study by Tian et al. (2020). Hemiplegic patients in this study had more difficulties in moderating co-contraction, and this may explain the differences between these two subgroups [33].

Both age groups (i.e., younger than 60 years and 60 years or older) significantly improved in balance ability and motor function. This coincides with other studies that have found that people over 60 can benefit from a rehabilitation programme using music-based RAS and should not be excluded [4,23,34].

Finally, some studies have found contradictory results when comparing the results for balance ability after an RAS intervention when the evaluation was conducted using the Tinetti Test [5], suggesting that this is probably not the best scale to use [35]. There should probably be a more specific scale to determine the differences in relation to evaluating the effect of rhythmic auditory stimulation on functional variables, such as balance ability or motor function.

#### Limitations

The size of the sample was a limitation of this study; follow-up studies with larger numbers of participants are likely to provide confirmatory results. Another limitation could be the unequal number of sessions, which was determined by the length of hospitalisation of the patient, although an average of 15 sessions was obtained, in line with other studies [36]. Recent studies show that control of the level of difficulty of each session is more effective than the total number of sessions. As the level of difficulty of the required task increased, the degree of cortical recruitment increased proportionally, and the level of cortical motor activity decreased during the session with repeated exposure. This was due to the temporal information that was stimulated, being passed to subcortical locomotor pathways [31,37].

The strengths of the study are that a multimodal musical intervention that included speech (the Ronnie Gardiner Method<sup>®</sup>) was used and, thus, the Broca area was stimulated. The Broca area is connected with the supplementary motor area, which forms part of the auditory pathway involved in sensorimotor integration, thus increasing the effect [37]. Evaluation using the Mini Best Test and the Motor Assessment Scale are also strong points, as these scales are sensitive and have been validated in both acute and subacute phases after stroke [20,21,38].

#### 5. Conclusions

This observational and longitudinal study suggests that the use of music-based rhythmic auditory stimulation may affect balance ability and motor function independent of the type of stroke and the affected hemisphere of the brain lesion. The degree of motor impairment at admission is an important outcome factor. The effects varied depending on the scale or test used for evaluation and on the variables that the tests measured.

**Author Contributions:** Conceptualisation, S.G.-H. and R.S.-S.; Data curation, S.G.-H.; Formal analysis, S.G.-H. and R.S.-S.; Investigation, S.G.-H. and R.S.-S.; Methodology, S.G.-H.; Project administration, S.G.-H.; Resources, G.R.-G., C.B.-N. and R.S.-S.; Software, S.G.-H., C.B.-N. and R.S.-S.; Supervision, S.G.-H. and R.S.-S.; Validation, S.G.-H., G.R.-G., C.B.-N. and R.S.-S.; Visualisation, S.G.-H., G.R.-G., C.B.-N. and R.S.-S.; Writing—original draft, S.G.-H.; Writing—review and editing, S.G.-H., G.R.-G., C.B.-N. and R.S.-S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Bioethics Committee of the Unió Catalana d'Hospitals, and it is registered at [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) (accessed on 21 March 2022) (NCT03974490).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** Gonzalez, Sami (2020), "Rhythmic Auditory Stimulation after stroke", Mendeley Data, V1, doi: 10.17632/dsngw3zsnz.1.

**Acknowledgments:** The authors are grateful to all participants, health professionals and management staff at the Hospital Sociosanitari Mutuam Girona who made the trial possible. The authors would also like to thank the two delivering physiotherapists, Helena Sanchez and Montserrat Villen, and the occupational therapists, Eva Barris and Andrew Hughes, for the English translation of the manuscript.

**Conflicts of Interest:** S.G. is a certified practitioner of the Ronnie Gardiner Method<sup>®</sup>. She was blind to the results of the evaluations of all participants and did not take part in the data analysis.



## References

1. Arienti, C.; Lazzarini, S.G.; Pollock, A.; Negrini, S. Rehabilitation interventions for improving balance following stroke: An overview of systematic reviews. *PLoS ONE* **2019**, *14*, e0219781. [CrossRef]
2. Tyson, S.F.; Hanley, M.; Chillala, J.; Selley, A.; Tallis, R.C. Balance Disability After Stroke. *Phys. Ther.* **2006**, *86*, 30–38. [CrossRef]
3. Tramontano, M.; De Angelis, S.; Mastrogiacomo, S.; Princi, A.A.; Ciancarelli, I.; Frizziero, A.; Morone, G. Music-based techniques and related devices in neurorehabilitation: A scoping review. *Expert Rev. Med. Devices* **2021**, *18*, 733–749. [CrossRef]
4. Braun Janzen, T.; Koshimori, Y.; Richard, N.M.; Thaut, M.H. Rhythm and Music-Based Interventions in Motor Rehabilitation: Current Evidence and Future Perspectives. *Front. Hum. Neurosci.* **2022**, *15*, 1–21. [CrossRef]
5. Magee, W.L.; Clark, I.; Tamplin, J.; Bradt, J. Music interventions for acquired brain injury (Review) summary of findings for the main comparison. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2017**, CD006787. [CrossRef]
6. Schaffert, N.; Janzen, T.B.; Mattes, K.; Thaut, M.H. A review on the relationship between sound and movement in sports and rehabilitation. *Front. Psychol.* **2019**, *10*, 1–20. [CrossRef]
7. Tecchio, F.; Salustri, C.; Thaut, M.H.; Pasqualetti, P.; Rossini, P.M. Conscious and preconscious adaptation to rhythmic auditory stimuli: A magnetoencephalographic study of human brain responses. *Exp. Brain Res.* **2000**, *135*, 222–230. [CrossRef]
8. Chatterjee, D.; Hegde, S.; Thaut, M.H. Neural plasticity: The substratum of music-based interventions in neurorehabilitation. *NeuroRehabilitation* **2021**, *48*, 155–166. [CrossRef]
9. Salvadori, E.; Papi, G.; Insalata, G.; Rinnoci, V.; Donnini, I.; Martini, M.; Poggese, A. Comparison between Ischemic and Hemorrhagic Strokes in Functional Outcome at Discharge from an Intensive Rehabilitation Hospital. *Diagnostics* **2020**, *11*, 38. [CrossRef]
10. Kobinata, N.; Ueno, M.; Imanishi, Y.; Yoshikawa, H. Immediate effects of rhythmic auditory stimulation on gait in stroke patients in relation to the lesion site. *J. Phys. Sci.* **2016**, *28*, 2441–2444. [CrossRef]
11. Thaut, M.H.; Leins, A.K.; Rice, R.R.; Argstatter, H.; Kenyon, G.P.; McIntosh, G.C.; Fetter, M. Rhythmic Auditory Stimulation Improves Gait More Than NDT/Bobath Training in Near-Ambulatory Patients Early Poststroke: A Single-Blind, Randomized Trial. *Neurorehabil. Neural Repair* **2007**, *21*, 455–459. [CrossRef]
12. Särkämö, T.; Ripollés, P.; Vepsäläinen, H.; Autti, T.; Silvennoinen, H.M.; Salli, E.; Rodríguez-Fornells, A. Structural changes induced by daily music listening in the recovering brain after middle cerebral artery stroke: A voxel-based morphometry study. *Front. Hum. Neurosci.* **2014**, *8*, 245. [CrossRef]
13. Giovannelli, F.; Innocenti, I.; Rossi, S.; Borgheresi, A.; Ragazzoni, A.; Zaccara, G.; Cincotta, M. Role of the Dorsal Premotor Cortex in Rhythmic Auditory-Motor Entrainment: A Perturbational Approach by rTMS. *Cereb. Cortex* **2014**, *24*, 1009–1016. [CrossRef]
14. Suh, J.H.; Han, S.J.; Jeon, S.Y.; Kim, H.J.; Lee, J.E.; Yoon, T.S.; Chong, H.J. Effect of rhythmic auditory stimulation on gait and balance in hemiplegic stroke patients. *NeuroRehabilitation* **2014**, *34*, 193–199. [CrossRef]
15. Wang, Y.; Pan, W.-Y.; Li, F.; Ge, J.S.; Zhang, X.; Luo, X.; Wang, Y.L. Effect of Rhythm of Music Therapy on Gait in Patients with Stroke. *J. Stroke Cereb. Dis.* **2021**, *30*, 105544. [CrossRef]
16. Ghai, S.; Ghai, I. Effects of (music-based) rhythmic auditory cueing training on gait and posture post-stroke: A systematic review & dose-response meta-analysis. *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 1–11. [CrossRef]
17. Zhang, Y.; Cai, J.; Zhang, Y.; Ren, T.; Zhao, M.; Zhao, Q. Improvement in Stroke-induced Motor Dysfunction by Music-supported Therapy: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sci. Rep.* **2016**, *6*, 38521. [CrossRef]
18. Van Crielinge, T.; D’Aouit, K.; O’Brien, J.; Coutinho, E. The Influence of Sound-Based Interventions on Motor Behavior After Stroke: A Systematic Review. *Front. Neurol.* **2019**, *10*, 1141. [CrossRef]
19. Gonzalez-Hoelling, S.; Bertran-Noguer, C.; Reig-Garcia, G.; Suñer-Soler, R. Effects of a music-based rhythmic auditory stimulation on gait and balance in subacute stroke. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 2032. [CrossRef]
20. Franchignoni, F.; Horak, F.; Godi, M.; Nardone, A.; Giordano, A. Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: The mini-BESTest. *J. Rehabil. Med.* **2010**, *42*, 323–331. [CrossRef]
21. Scrivener, K.; Schurr, K.; Sherrington, C. Responsiveness of the ten-metre walk test, Step Test and Motor Assessment Scale in inpatient care after stroke. *BMC Neurol.* **2014**, *14*, 1–7. [CrossRef]
22. Canbek, J.; Fulk, G.; Nof, L.; Echemach, J. Test-Retest Reliability and Construct Validity of the Tinetti Performance-Oriented Mobility Assessment in People with Stroke. *J. Neurol. Phys. Ther.* **2013**, *37*, 14–19. [CrossRef]
23. Ghai, S.; Ghai, I.; Effenberg, A.O. Effect of Rhythmic Auditory Cueing on Aging Gait: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Aging Dis.* **2018**, *9*, 901. [CrossRef]
24. Konoike, N.; Nakamura, K. Cerebral Substrates for Controlling Rhythmic Movements. *Brain Sci.* **2020**, *10*, 514. [CrossRef]
25. Kotz, S.A.E.; Schwartz, M. Differential Input of the Supplementary Motor Area to a Dedicated Temporal Processing Network: Functional and Clinical Implications. *Front. Integr. Neurosci.* **2011**, *5*, 86. [CrossRef]
26. Buard, I.; Dewispelaere, W.B.; Thaut, M.; Kluger, B.M. Preliminary Neurophysiological Evidence of Altered Cortical Activity and Connectivity with Neurologic Music Therapy in Parkinson’s Disease. *Front. Neurosci.* **2019**, *13*, 105. [CrossRef]
27. Naro, A.; Pignolo, L.; Sorbera, C.; Latella, D.; Billeri, L.; Manuli, A.; Calabrò, R.S. A Case-Controlled Pilot Study on Rhythmic Auditory Stimulation-Assisted Gait Training and Conventional Physiotherapy in Patients with Parkinson’s Disease Submitted to Deep Brain Stimulation. *Front. Neurol.* **2020**, *11*, 794. [CrossRef]
28. Laufer, Y.; Sivan, D.; Schwarzmann, R.; Sprecher, E. Standing Balance and Functional Recovery of Patients with Right and Left Hemiparesis in the Early Stages of Rehabilitation. *Neurorehabil. Neural Repair* **2003**, *17*, 207–213. [CrossRef]

29. Grau-Sánchez, J.; Amengual, J.L.; Rojo, N.; Veciana de las Heras, M.; Montero, J.; Rubio, F.; Rodríguez-Fornells, A. Plasticity in the sensorimotor cortex induced by Music-supported therapy in stroke patients: A TMS study. *Front. Hum. Neurosci.* **2013**, *7*, 494. [CrossRef]
30. Peyre, I.; Hanna-Boutros, B.; Lackmy-Vallee, A.; Kemlin, C.; Bayen, E.; Pradat-Diehl, P.; Marchand-Pauvert, V. Music Restores Proprioceptive Excitation During Stroke Locomotion. *Front. Syst. Neurosci.* **2020**, *14*, 17. [CrossRef]
31. Flansbjerg, U.B.; Downham, D.; Lexell, J. Knee Muscle Strength, Gait Performance, and Perceived Participation After Stroke. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2006**, *87*, 974–980. [CrossRef]
32. Schaefer, R.S. Auditory rhythmic cueing in movement rehabilitation: Findings and possible mechanisms. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **2014**, *369*, 20130402. [CrossRef] [PubMed]
33. Tian, R.; Zhang, B.; Zhu, Y. Rhythmic Auditory Stimulation as an Adjuvant Therapy Improved Post-stroke Motor Functions of the Upper Extremity: A Randomized Controlled Pilot Study. *Front. Neurosci.* **2020**, *14*, 1–10. [CrossRef] [PubMed]
34. Bagg, S.; Pombo, A.P.; Hopman, W. Effect of Age on Functional Outcomes After Stroke Rehabilitation. *Stroke* **2002**, *33*, 179–185. [CrossRef] [PubMed]
35. Lee, S.; Lee, K.; Song, C. Gait training with bilateral rhythmic auditory stimulation in stroke patients: A randomized controlled trial. *Brain Sci.* **2018**, *8*, 164. [CrossRef] [PubMed]
36. Moundjian, L.; Sarkamo, T.; Leone, C.; Leman, M.; Feys, P. Effectiveness of music-based interventions on motoricity or cognitive functioning in neurological populations: A systematic review. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* **2017**, *53*, 466–482. [CrossRef]
37. Vitorio, R.; Stuart, S.; Gobbi, L.T.B.; Rochester, L.; Alcock, L.; Pantall, A. Reduced Gait Variability and Enhanced Brain Activity in Older Adults With Auditory Cues: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. *Neurorehabil. Neural Repair* **2018**, *32*, 976–987. [CrossRef]
38. Lima, E.; Teixeira-Salmela, L.F.; Magalhães, L.C.; Laurentino, G.E.; Simões, L.C.; Moretti, E.; Lemos, A. Measurement properties of the Brazilian version of the Motor Assessment Scale, based on Rasch analysis. *Disabil. Rehabil.* **2019**, *41*, 1095–1100. [CrossRef]



