



HAL
open science

Faisabilité d'un programme de vibrations tendineuses multi-focales aux membres inférieurs en période précoce post-AVC, étude préliminaire

Thomas Lambert

► **To cite this version:**

Thomas Lambert. Faisabilité d'un programme de vibrations tendineuses multi-focales aux membres inférieurs en période précoce post-AVC, étude préliminaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03240578

HAL Id: dumas-03240578

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03240578>

Submitted on 28 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE D'EXERCICE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire

Thèse en vue du

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

présentée par

Thomas LAMBERT

Né le 02/02/1993 à Fougères

**Faisabilité d'un
programme de
vibrations
tendineuses
multifocales aux
membres inférieurs
en période précoce
post AVC, étude
préliminaire**

**Thèse soutenue à Rennes
le 12 octobre 2020**

devant le jury composé de :

Laure MICHEL

MCU-PH service de Neurologie, CHU Rennes /
rapporteur

Frédéric SCHNELL

MCU-PH service de Médecine du sport, CHU
Rennes / *rapporteur*

Isabelle BONAN

PU-PH service de MPR, CHU Rennes /
examineur

Anne PESKINE

Médecin coordonateur – CRRF Le Normandy
(Granville, 50) / *directeur de thèse*

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

NOM	PRENOM	TITRE	CNU
ANNE-GALIBERT	Marie-Dominique	PU-PH	Biochimie et biologie moléculaire
BARDOU-JACQUET	Edouard	PU-PH	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
BELAUD-ROTUREAU	Marc-Antoine	PU-PH	Histologie ; embryologie et cytogénétique
BELLISSANT	Eric	PU-PH	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
BELOEIL	Hélène	PU-PH	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
BENDAVID	Claude	PU-PH	Biochimie et biologie moléculaire
BENSALAH	Karim	PU-PH	Urologie
BEUCHEE	Alain	PU-PH	Pédiatrie
BONAN	Isabelle	PU-PH	Médecine physique et de réadaptation
BONNET	Fabrice	PU-PH	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
BOUDJEMA	Karim	PU-PH	Chirurgie générale
BOUGET	Jacques	Pr Emérite	Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie
BOUGUEN	Guillaume	PU-PH	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
BRASSIER	Gilles	PU-PH	Neurochirurgie
BRISOT	Pierre	Pr Emérite	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
CARRE	François	PU-PH	Physiologie
CATROS	Véronique	PU-PH	Biologie cellulaire
CATTOIR	Vincent	PU-PH	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
CHALES	Gérard	Pr Emérite	Rhumatologie
CORBINEAU	Hervé	PU-PH	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
CUGGIA	Marc	PU-PH	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
DARNAULT	Pierre	PU-PH	Anatomie
DAUBERT	Jean-Claude	Pr Emérite	Cardiologie
DAVID	Véronique	PU-PH	Biochimie et biologie moléculaire
DAYAN	Jacques	Pr Associé	Pédopsychiatrie ; Addictologie
DE CREVOISIER	Renaud	PU-PH	Cancérologie ; radiothérapie
DECAUX	Olivier	PU-PH	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
DESRUES	Benoît	PU-PH	Pneumologie ; addictologie
DEUGNIER	Yves	Pr Emérite	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
DONAL	Erwan	PU-PH	Cardiologie
DRAPIER	Dominique	PU-PH	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
DUPUY	Alain	PU-PH	Dermato-vénérologie
ECOFFEY	Claude	PU-PH	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
EDAN	Gilles	PU-PH consultant	Neurologie
FERRE	Jean-Christophe	PU-PH	Radiologie et imagerie médicale
FEST	Thierry	PU-PH	Hématologie ; transfusion
FLECHER	Erwan	PU-PH	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
GANDEMER	Virginie	PU-PH	Pédiatrie
GANDON	Yves	PU-PH	Radiologie et imagerie médicale
GANGNEUX	Jean-Pierre	PU-PH	Parasitologie et mycologie
GARIN	Etienne	PU-PH	Biophysique et médecine nucléaire
GAUVRIT	Jean-Yves	PU-PH	Radiologie et imagerie médicale

GODEY	Benoît	PU-PH	Oto-rhino-laryngologie
GUGGENBUHL	Pascal	PU-PH	Rhumatologie
GUILLE	François	PU-PH	Urologie
GUYADER	Dominique	PU-PH	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
HAEGELEN	Claire	PU-PH	Anatomie
HOUOT	Roch	PU-PH	Hématologie ; transfusion
JEGO	Patrick	PU-PH	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
JEGOUX	Franck	PU-PH	Oto-rhino-laryngologie
JOUNEAU	Stéphane	PU-PH	Pneumologie ; addictologie
KAYAL	Samer	PU-PH	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
LAMY DE LA CHAPELLE	Thierry	PU-PH	Hématologie ; transfusion
LAVIOLLE	Bruno	PU-PH	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
LAVOUE	Vincent	PU-PH	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
LE BRETON	Hervé	PU-PH	Cardiologie
LE GUEUT	Mariannick	PU-PH consultant	Médecine légale et droit de la santé
LE TULZO	Yves	PU-PH	Médecine intensive-réanimation
LECLERCQ	Christophe	PU-PH	Cardiologie
LEDERLIN	Mathieu	PU-PH	Radiologie et imagerie médicale
LEGUERRIER	Alain	Pr Emérite	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
LEJEUNE	Florence	PU-PH	Biophysique et médecine nucléaire
LEVEQUE	Jean	PU-PH	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
LIEVRE	Astrid	PU-PH	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
MABO	Philippe	PU-PH	Cardiologie
MAHE	Guillaume	PU-PH	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
MALLEDANT	Yannick	Pr Emérite	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
MENER	Eric	Pr Associé	Médecine générale
MEUNIER	Bernard	PU-PH	Chirurgie digestive
MICHELET	Christian	Pr Emérite	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
MOIRAND	Romain	PU-PH	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
MORANDI	Xavier	PU-PH	Anatomie
MOREL	Vincent	Pr Associé	Médecine palliative
MOSSER	Jean	PU-PH	Biochimie et biologie moléculaire
MOURIAUX	Frédéric	PU-PH	Ophtalmologie
MYHIE	Didier	Pr Associé	Médecine générale
ODENT	Sylvie	PU-PH	Génétique
OGER	Emmanuel	PU-PH	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PARIS	Christophe	PU-PH	Médecine et santé au travail
PERDRIGER	Aleth	PU-PH	Rhumatologie
PLADYS	Patrick	PU-PH	Pédiatrie
RAVEL	Célia	PU-PH	Histologie, embryologie et cytogénétique
REVEST	Matthieu	PU-PH	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
RICHARD DE LATOUR	Bertrand	Pr Associé	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
RIFFAUD	Laurent	PU-PH	Neurochirurgie
RIOUX-LECLERCQ	Nathalie	PU-PH	Anatomie et cytologie pathologiques
ROBERT-GANGNEUX	Florence	PU-PH	Parasitologie et mycologie

ROPARS	Mickaël	PU-PH	Chirurgie orthopédique et traumatologique
SAINT-JAMES	Hervé	PU-PH	Biophysique et médecine nucléaire
SAULEAU	Paul	PU-PH	Physiologie
SEGUIN	Philippe	PU-PH	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
SEMANA	Gilbert	PU-PH	Immunologie
SIPROUDHIS	Laurent	PU-PH	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
SOMME	Dominique	PU-PH	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
SOULAT	Louis	Pr Associé	Médecine d'urgence
SULPICE	Laurent	PU-PH	Chirurgie générale
TADIE	Jean Marc	PU-PH	Médecine intensive-réanimation
TARTE	Karin	PU-PH	Immunologie
TATTEVIN	Pierre	PU-PH	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
TATTEVIN-FABLET	Françoise	Pr Associé	Médecine générale
THIBAULT	Ronan	PU-PH	Nutrition
THIBAULT	Vincent	PU-PH	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
THOMAZEAU	Hervé	PU-PH	Chirurgie orthopédique et traumatologique
TORDJMAN	Sylvie	PU-PH	Pédopsychiatrie ; addictologie
VERHOYE	Jean-Philippe	PU-PH	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
VERIN	Marc	PU-PH	Neurologie
VIEL	Jean-François	PU-PH	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
VIGNEAU	Cécile	PU-PH	Néphrologie
VIOLAS	Philippe	PU-PH	Chirurgie infantile
WATIER	Eric	PU-PH	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
WODEY	Eric	PU-PH	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

NOM	PRENOM	TITRE	CNU
ALLORY	Emmanuel	MC Associé	Médecine générale
AME-THOMAS	Patricia	MCU-PH	Immunologie
AMIOT	Laurence	MCU-PH	Hématologie ; transfusion
ANSELM	Amédéo	MCU-PH	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BEGUE	Jean Marc	MCU-PH	Physiologie
BERTHEUIL	Nicolas	MCU-PH	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
BOUSSEMART	Lise	MCU-PH	Dermato-vénéréologie
BROCHARD	Charlène	MCU-PH	Physiologie
CABILLIC	Florian	MCU-PH	Biologie cellulaire
CAUBET	Alain	MCU-PH	Médecine et santé au travail
CHHOR-QUENIART	Sidonie	MC Associé	Médecine générale
DAMERON	Olivier	MCF	Informatique
DE TAYRAC	Marie	MCU-PH	Biochimie et biologie moléculaire
DEGEILH	Brigitte	MCU-PH	Parasitologie et mycologie
DROITCOURT	Catherine	MCU-PH	Dermato-vénéréologie
DUBOURG	Christèle	MCU-PH	Biochimie et biologie moléculaire
DUGAY	Frédéric	MCU-PH	Histologie, embryologie et cytogénétique
EDELIN	Julien	MCU-PH	Cancérologie ; radiothérapie
FIQUET	Laure	MC Associé	Médecine générale
GARLANTEZEC	Ronan	MCU-PH	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
GOUIN épouse THIBAUT	Isabelle	MCU-PH	Hématologie ; transfusion
GUILLET	Benoit	MCU-PH	Hématologie ; transfusion
JAILLARD	Sylvie	MCU-PH	Histologie, embryologie et cytogénétique
KALADJI	Adrien	MCU-PH	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
KAMMERER-JACQUET	Solène- Florence	MCU-PH	Anatomie et cytologie pathologiques
LAVENU	Audrey	MCF	Sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé
LE GALL	François	MCU-PH	Anatomie et cytologie pathologiques
LE GALL	Vanessa	MC Associé	Médecine générale
LEMAITRE	Florian	MCU-PH	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
MARTINS	Pédro Raphaël	MCU-PH	Cardiologie
MATHIEU-SANQUER	Romain	MCU-PH	Urologie
MENARD	Cédric	MCU-PH	Immunologie
MICHEL	Laure	MCU-PH	Neurologie
MOREAU	Caroline	MCU-PH	Biochimie et biologie moléculaire
MOUSSOUNI	Fouzia	MCF	Informatique
NAUDET	Florian	MCU-PH	Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie
PANGAULT	Céline	MCU-PH	Hématologie ; transfusion
RENAUT	Pierrick	MC Associé	Médecine générale
ROBERT	Gabriel	MCU-PH	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
SCHNELL	Frédéric	MCU-PH	Physiologie
THEAUDIN épouse SALIOU	Marie	MCU-PH	Neurologie

TURLIN	Bruno	MCU-PH	Anatomie et cytologie pathologiques
VERDIER épouse LORNE	Marie- Clémence	MCU-PH	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
ZIELINSKI	Agata	MCF	Philosophie

Remerciements :

Au Professeur Isabelle BONAN :

Pour votre bienveillance et vos bons conseils tout au long de mon internat qui m'ont permis d'avoir eu le parcours idéal. Merci d'avoir accepté de présider ce jury.

Au Docteur Anne PESKINE :

Merci d'avoir accepté de diriger cette thèse. Ta passion pour la discipline et ton expérience sont contagieuses et ont été un moteur certain pour l'aboutissement de ce projet. Très heureux d'avoir pu intégrer cette belle équipe.

Au Docteur Frédéric SCHNELL :

Merci pour la curiosité que vous avez porté à ce sujet. C'est avec une grande motivation que je vais rejoindre votre service prochainement.

Au Docteur Laure MICHEL :

Vous me faites l'honneur de participer à ce jury, merci de l'intérêt que vous portez à mon travail.

À Walter LOISEL et à l'ensemble des rééducateurs du Normandy 2 :

Un grand merci pour l'accueil chaleureux, le temps et l'énergie investis pour mener à bien ce projet.

Aux docteurs Sabine LE DOZE et Morgane LE BERRE :

Merci d'avoir bien voulu participer à cette aventure, et pour le temps que vous y avez consacré.

Au Docteur Mélanie COGNE :

Ton expérience et ta disponibilité m'impressionnent de jour en jour. Un exemple de curiosité et rigueur. Tu es une aide précieuse pour tous les internes.

Merci au Docteur Simon BUTET :

Merci de m'avoir transmis ton intérêt pour ce sujet, tous tes précieux conseils notamment au début de mon internat. C'est avec grand plaisir que je retrouve l'équipe du CHU dès Novembre.

Merci à toutes les équipes qui m'ont accueilli et formé durant mon externat et internat.

Merci à mes parents, mon frère pour votre soutien et vos encouragements.

Merci à tous mes amis, qui m'ont accompagné pendant mes études, merci pour tous ces moments passés et à venir.

Table des matières :

Introduction	9
L'Accident vasculaire cérébral et les troubles de la marche	9
Récupération de la marche en cas d'hémiplégie	11
Les vibrations tendineuses	17
Synthèse / Objectifs	21
Matériels et Méthodes	22
Résultats	28
Discussion générale / Perspectives	36
Conclusion	39
Références bibliographiques	40

Introduction

1. L'Accident Vasculaire Cérébral (AVC) et les troubles de la marche

a) Épidémiologie

Les AVC représentent la troisième cause de décès en France (après les maladies cardiaques et les cancers), la première cause de handicap et la deuxième cause de démence. Ils affectent environ 150 000 patients en France, avec un âge moyen de survenue de 73 ans (1).

Selon la localisation de la lésion, les déficiences neurologiques peuvent être multiples : déficits sensitivo-moteurs, troubles du langage, troubles cognitifs, déficits visuo-spatiaux (2).

Un AVC sus-tentorial est dans la grande majorité des cas responsable d'une hémiparésie et donc d'une perte de la marche à la phase aiguë. Certains AVC, notamment en cas d'atteinte de la fosse postérieure ou de la région pariétale, peuvent être responsables de troubles de l'équilibre sans paralysie. Seront ici abordés les troubles de la marche liés à une hémiparésie.

L'hémiparésie est définie par l'atteinte motrice d'un à trois étages d'un hémicorps (face, membre supérieur, membre inférieur). L'atteinte du membre inférieur est responsable d'un trouble de la marche.

À la phase aiguë après un AVC, environ un patient sur deux ne peut plus marcher, même avec l'aide d'une tierce personne (3). Cela présente un risque à la phase précoce avec une exposition aux complications liées à l'immobilisation, mais également à la phase chronique avec une altération des capacités de déambulation, une dépendance avec un retentissement sur la qualité de vie (4).

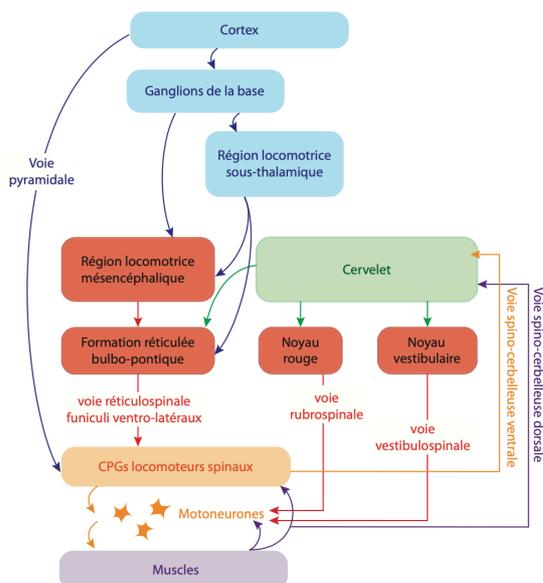


Figure 1 : Contrôle neurologique de la marche, issu de (5)

b) La marche

La marche est une activité motrice rythmique, impliquant des séquences d'activités musculaires des membres et du tronc selon un schéma précis, pour permettre à la fois un déplacement du corps vers l'avant et un maintien de l'équilibre (5). C'est un processus automatisé échappant largement au contrôle conscient ; sur une activité cyclique de fond, viennent se greffer les modulations nécessaires à l'adaptation environnementale, aux caractéristiques et à la volonté de la personne (6). Cette

organisation est bien retrouvée au niveau physiologique avec un caractère très automatique dépendant d'un contrôle sous-cortical : noyaux gris centraux, et régions

locomotrices spécialisées situées au niveau du tronc cérébral et de la moelle spinale (générateur spinal de la marche ou Central Pattern Generator CPG en anglais), modulées par des afférences à la fois corticales et périphériques.

Pour être efficiente, la marche, comme de nombreuses tâches motrices, nécessite le bon fonctionnement de trois systèmes : information (proprioception, visuel, vestibulaire), exécution (SNC, nerfs périphériques, muscles) et coordination (cervelet) (6,7).

L'exécution motrice implique les cortex moteurs primaires, les faisceaux cortico-spinaux et les motoneurones. L'initiation, la programmation et la planification dépendent de circuits corticaux et sous-corticaux organisés en boucles entre les cortex pré-moteur, pariétal, striatum, pallidum et thalamus. L'équilibre et la coordination sont sous le contrôle du cervelet et des noyaux vestibulaires qui sont en étroite relation avec les systèmes sensoriels et moteurs. Le système sensitif permet des adaptations rapides aux contraintes de l'environnement, par le biais d'une boucle réflexe à l'étage spinal ainsi que par un traitement supra-spinal de ces informations. (5,7).

Concernant les effecteurs, les muscles essentiels à la marche sont : le moyen fessier pour stabiliser la hanche (à la phase d'appui principalement), le quadriceps pour l'extension et le verrouillage du genou, les ischio-jambiers pour la flexion de genou, le tibial antérieur pour la dorsiflexion de cheville et enfin le triceps sural et qui permet une propulsion vers l'avant (7).

La marche normale nécessite aussi un prérequis d'amplitudes au niveau des articulations des membres inférieurs : 10° d'extension et 30° de flexion au niveau de la hanche, 0° d'extension et 70° de flexion de genou, 10° de flexion dorsale et 15° de flexion plantaire à la cheville (7).

c) Conséquences de l'hémiplégie sur la marche

Après une lésion cérébrale, plusieurs déficiences peuvent être à l'origine de troubles de la marche. Il va être indispensable de bien comprendre les déficiences individuelles et spécifiques à chaque patient, afin de proposer une rééducation adaptée (8).

L'atteinte du premier motoneurone (cortex moteur ou faisceau cortico-spinal) entraîne plusieurs types de déficience : une faiblesse musculaire, une altération du contrôle moteur sélectif, ainsi qu'un trouble du tonus (hypotonie initiale puis hypertonie spastique). Toutes trois interfèrent largement et directement avec une marche normale (9).

Les troubles liés à l'AVC et associés à l'hémiplégie, vont également interférer avec les capacités de marche. En effet, le système d'équilibre postural peut être altéré de plusieurs façons, par atteinte de l'une des trois entrées sensorielles principales (somato-sensorielle, visuelle et vestibulaire) ou de leur intégration (10). Aussi, les troubles cognitifs (Négligence Spatiale Unilatérale (NSU), déficit attentionnel autre, dysfonction exécutive...) le déconditionnement à l'effort et la fatigabilité induits par l'AVC auront un retentissement sur la marche.

d) Évaluation des capacités posturales, de l'équilibre et la marche

Du fait de son caractère rythmique et régulier, l'évaluation de la marche se fait en décomposant plusieurs phases, constituant le cycle de marche. Un cycle est composé d'une phase d'appui (environ 60% du temps) et d'une phase oscillante (environ 40%) des membres inférieurs droit et gauche, liées par des phases de double appui.

Tout d'abord un examen clinique analytique est indispensable afin de rechercher une déficience : examen neurologique (testing moteur et de la sensibilité, analyse du tonus, examen du champ visuel, de l'équilibre), ostéo-articulaire, cardio-vasculaire.

L'examen de la marche passe par une analyse de paramètres spatiaux ; longueur du pas, élargissement du polygone, amplitudes des articulations de hanche, genou et cheville aux différentes phases du cycle. Puis, pour les paramètres temporels, on étudie la vitesse de marche, le temps de phase d'appui, de phase oscillante et de double appui.

La marche du patient hémiplegique est principalement liée à un défaut de raccourcissement du membre inférieur touché en phase oscillante responsable d'un fauchage et d'une attaque du pas par la pointe du pied, un récurvatum du genou en phase d'appui (lié à un équin de cheville, un déficit proprioceptif ou un déficit du quadriceps). On retrouve alors un allongement de la phase d'appui (double appui et appui monopodal bilatéral), un ralentissement de la phase oscillante par difficultés de triple flexion du côté hémiplegique, une diminution de la longueur du pas (9,11).

Cependant, à la phase aiguë, la marche peut être impossible. Il peut alors être intéressant d'évaluer les capacités posturales du patient, donnant des informations sur les capacités fonctionnelles (autonomie), et avec une corrélation avec les capacités de marche futures ou actuelles (12).

Plusieurs échelles cliniques sont utilisées afin d'évaluer les capacités de marche, d'équilibre, ou encore le risque de chute afin d'évaluer globalement la mobilité du patient. Les plus utilisées sont l'échelle de Berg, la Postural Assessment Scale for Stroke (PASS), le Get up and Go test, le test de marche de 6 minutes, la Functional Ambulation Classification (FAC modifiée).

À la phase chronique, il est possible d'étudier plus précisément la marche des patients par une analyse instrumentale, dans un laboratoire d'analyse du mouvement ou par le biais d'autres techniques moins encombrantes, afin d'avoir des données quantifiées, mais cette partie ne sera pas abordée ici (13).

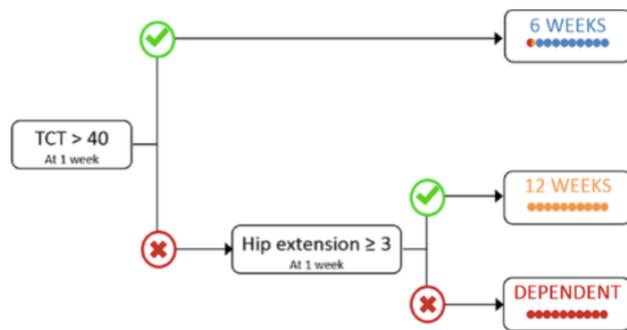
2. Récupération de la marche en cas d'hémiplégie

a) Pronostic de récupération

Environ 80% des patients parviendront à récupérer une marche autonome. Cependant, la plupart ne récupéreront pas une vitesse et une endurance suffisante pour leur permettre de reprendre toutes leurs activités antérieures (11,14). On estime ainsi qu'environ 60% des personnes ayant été victime d'un AVC peuvent marcher dans leur environnement communautaire immédiat, avec ou sans assistance, mais seulement 16 % d'entre eux peuvent réaliser une déambulation communautaire illimitée (8).

Si c'est l'un des principaux objectifs de rééducation, c'est également l'une des fonctions qui revient le plus précocement après un AVC (en comparaison à la fonction du membre supérieur, du langage, des fonctions cognitives...) et se fait généralement dans les 11 mois suivant l'accident (3).

Figure 2 : Algorithme TWIST, issu de (12)



Plusieurs facteurs semblent associés

à une meilleure récupération à 6 mois lorsqu'ils sont présents au cours des deux premières semaines : un âge plus jeune, un trouble moteur et sensitif des membres inférieurs moins important, une absence d'hémianopsie, un bon équilibre en position assise et un bon contrôle du tronc (15).

A la phase aiguë, il est intéressant de pouvoir prédire les capacités ultérieures. La probabilité de marcher indépendamment à 6 mois peut être prédite par les capacités d'équilibre assis et contrôle du membre inférieur dans les deux premières semaines (16). Récemment, a par exemple été décrit l'algorithme TWIST (Time to Walk Independantly after Stroke) qui tente de prédire si, et quand, le patient va pouvoir marcher de façon indépendante ($FAC \geq 4$) selon des critères mesurés à 1 semaine de la lésion (contrôle du tronc au Trunk Control Test TCT et testing MRC du muscle grand fessier) (12).

Par ailleurs, il est intéressant d'estimer les capacités de marche des patients en termes de participation, que l'on peut diviser en trois catégories : la marche d'intérieur, la marche communautaire limitée et la marche communautaire illimitée (initialement décrite selon le nombre de pas/jour par Perry et al (17)). Pour cela, on peut se servir de la distance parcourue au TDM6, ou encore de la vitesse de marche confortable mesurée au T10m (15).

Tableau 1 : Estimation marche (participation), selon Selves

PARTICIPATION (Pas/jour)	Marche d'intérieure (100 – 2499)	Marche communautaire limitée (2500/7499)	Marche communautaire illimitée (> 7500)
Périmètre au TDM6 (en mètres)	<205m	Entre 205 et 288	> 288
Vitesse au T10m (mètres/seconde)	Au moins 0,4 m/s	Entre 0,4 et 0,8 m/s	> 0,8 m/s

Des travaux sont en cours sur l'intérêt de techniques d'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) ou de Stimulation Magnétique Trans-crânienne TMS) dans le pronostic de lésions cérébrales mais celles-ci ne font pas encore partie de la pratique clinique courante et ne seront pas abordées ici.

b) Principes de récupération après un AVC

La récupération fonctionnelle après la survenue d'une lésion cérébrale implique deux phénomènes distincts : la restauration et la compensation. La première désigne la

restitution d'une fonction (par restauration du tissu endommagé ou réorganisation du cortex et voies neurales épargnées) la seconde consiste à exécuter différemment une fonction pour parvenir au même résultat fonctionnel (18,19).

Par exemple lors d'un déficit moteur, la récupération vraie sera induite par le recrutement de régions cérébrales non lésées pour générer la commande des mêmes muscles que ceux utilisés avant survenue de la lésion, alors que la compensation reposera sur l'utilisation d'une alternative pour accomplir le mouvement.

Si la récupération initiale est en partie liée à la résorption de l'œdème, la restitution de la pénombre ischémique (pour les AVC ischémiques), la résorption de l'hématome (pour les AVC hémorragiques), elle est également permise par des mécanismes d'adaptation du cerveau : c'est la plasticité cérébrale (20).

La neuroplasticité désigne une adaptation permanente aux stimulations diverses de l'environnement. Ces dernières correspondent à la fois aux modifications lors du développement cérébral chez l'enfant, lors de l'apprentissage ou en réponse à une lésion. La plasticité post-lésionnelle survient en réponse à la lésion aiguë (et la cascade de processus biochimiques qu'elle entraîne), mais peut aussi être stimulée lors d'activités orientées (21).

Cette récupération fonctionnelle est influencée par plusieurs facteurs : l'âge, l'étendue de la lésion, la localisation (corticale unilatérale focale de meilleur pronostic que sous-corticale, bilatérale et multiples) et l'état du parenchyme sain (22).

c) Les mécanismes de plasticité

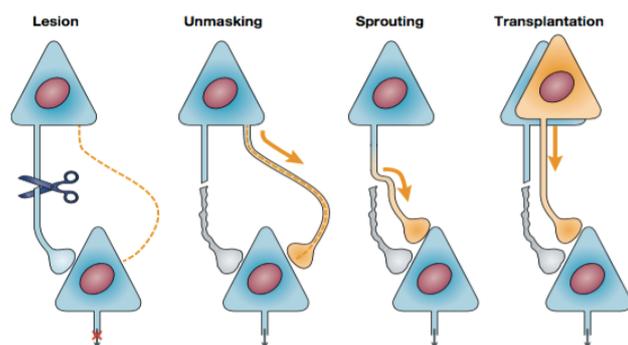
Cellulaires / Synaptique

Une lésion du système nerveux central (SNC) entraîne deux types de dommage : la destruction de cellules neuronales et la désafférentation résultant de l'interruption de l'activité des réseaux neuronaux (diaschisis) (23). Pour rétablir le fonctionnement de ces réseaux et permettre une récupération, il existe plusieurs modes de réparation (figure 2) : le renforcement des connexions synaptiques, le démasquage des voies silencieuses, la germination axonale (sprouting). Pour le moment, la transplantation n'est qu'à l'état de recherche expérimentale (22).

Au niveau synaptique, il existe des modifications à long terme, qui augmentent ou diminuent l'efficacité d'une connexion synaptique en fonction de leur stimulation. Il s'agit des phénomènes de potentialisation à long terme (LTP) et de dépression à long terme (LTD). Ces processus sont à la base des mécanismes d'apprentissage et de la mémoire, mais aussi de réapprentissage après survenue d'une lésion cérébrale (24).

Actuellement, l'effet d'une neurogénèse à partir des cellules souches présentes dans le cerveau semble négligeable en raison d'une

Figure 3 : Différentes formes de plasticité neuronale, issu de (23)



survie très faible survie de celles-ci dans le milieu inflammatoire (22).

On retrouve aussi des phénomènes de différenciation neuronale, et de modification du seuil d'excitabilité de neurones, le tout permettant une réorganisation du cortex cérébral.

1) Réorganisation cérébrale

Ces processus permettent, à la fois de façon spontanée, mais également sous l'effet d'un entraînement, une modification de l'organisation du système cérébral. Ces réarrangements se font localement, dans les régions adjacentes à la zone cérébrale touchée par l'AVC, ainsi que dans tout le réseau neuronal, y compris dans l'hémisphère controlatéral (25).

On différencie les modifications structurelles et fonctionnelles, en fonction des moyens de les étudier (19). En effet, les premières sont mises en évidence par IRM : augmentation de la densité de substance grise (analyse morphométrique quantifiée Voxel Based Morphometry VBM) ou encore augmentation de la taille des faisceaux de substance blanche (par technique de tenseur de diffusion = tractographie). Les modifications fonctionnelles sont mises en évidence par des techniques d'imagerie fonctionnelle (Tomographie par Émission de Positons TEP, IRM fonctionnelle ou encore Stimulation Magnétique Trans-crânienne TMS), elles correspondent à une réorganisation de la cartographie de certaines aires corticales, une réorganisation de réseaux neuronaux associés à une fonction, aux mécanismes d'inhibition intra ou inter-hémisphérique.

Toutes ces modifications sont influencées par la rééducation (26,27). Nous savons désormais que pour tendre vers une meilleure récupération, cela implique un retour à un fonctionnement le plus normal du cerveau (25). Ainsi, à la phase chronique, un bon résultat fonctionnel est lié à une intégrité structurelle (préservée ou réparée), dans le tractus cortico-spinal ipsilatéral, ainsi qu'à un retour à l'équilibre du système d'inhibition transcalleuse, que chaque hémisphère cérébral exerce sur l'autre lors d'un fonctionnement physiologique.

2) Plasticité maladaptative : les conséquences du non usage d'un membre

Si la neuroplasticité permet une adaptation rapide aux modifications et sollicitations de l'environnement, c'est également le cas lorsqu'il n'y a plus de stimulation. Ainsi lors d'une diminution de l'utilisation d'un membre, et à fortiori en cas d'immobilisation, on observe rapidement une diminution significative de l'aire motrice correspondante. Ceci a été bien montré dans cette étude de Liepert retrouvant une diminution proportionnelle à la durée d'immobilisation par plâtre de la cheville (28). On retrouve des résultats similaires après amputation, lésion médullaire ou atteinte nerveuse périphérique (29–31).

Dans le cadre d'une lésion cérébrale centrale, cette altération du cortex sensori-moteur induit par l'immobilisation peut être renforcée par une compensation trop précoce par l'hémicorps sain. En effet, comme évoqué plus haut, le cerveau dépend d'un équilibre permanent entre les deux hémisphères cérébraux, liés à des mécanismes d'activation ou d'inhibition inter-hémisphériques (par l'intermédiaire du corps calleux). Ce concept de « non usage » entretient le déséquilibre de la balance d'inhibition réciproque inter-hémisphérique, aboutissant à une hyperexcitabilité de

l'hémisphère sain et une inhibition de l'hémisphère lésé. Cela aboutit à une limitation de l'apprentissage moteur, une sous-utilisation du membre parétique, et parfois d'une négligence motrice.

La neuroplasticité est donc dépendante de l'utilisation. Ces perturbations du réseau cortical semblent toutefois réversibles et accessibles à un travail de rééducation.

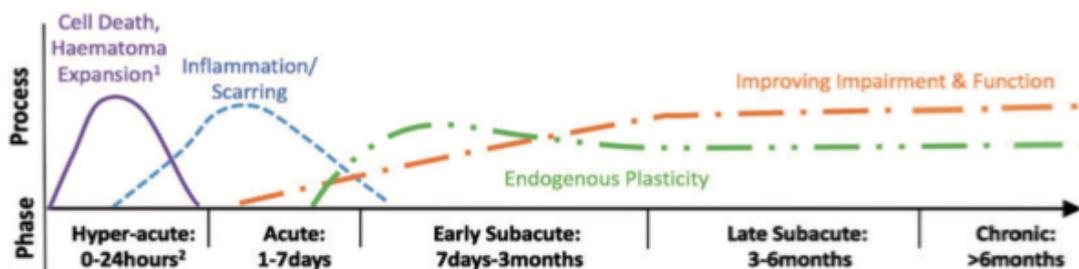
Granert et son équipe ont mesuré la densité de substance grise (en IRM par méthode VBM) chez des patients atteints de dystonie de l'écriture. Le protocole consistait en une période d'immobilisation de 4 semaines puis d'un programme de travail moteur de la main dystonique de 8 semaines. Il a pu montrer une diminution significative de l'aire motrice M1 de la main immobilisée à 4 semaines, puis une augmentation significative de celle-ci après rééducation (32).

La contrainte-induite est une approche de neuro-réadaptation caractérisée par la contrainte du membre supérieur le moins affecté et l'utilisation forcée du bras affecté, décrite la première fois par Taub en 1993 et permettant de lutter contre cette plasticité mal-adaptative. Elle est l'une des techniques ayant le plus montré son efficacité, notamment dans la rééducation du membre supérieur (33).

d) Cinétique de récupération

Plusieurs périodes sont décrites après la survenue d'une lésion vasculaire cérébrale. On estime que l'évolution qui survient dans la première semaine (phases hyper aigüe et aigüe) n'est pas liée à la plasticité cérébrale (34). Celle-ci atteint un pic lors de la phase subaiguë (dans les 3 premiers mois) et diminue pour se stabiliser, lorsque la récupération fonctionnelle atteint un plateau à la phase chronique (entre 6 mois et 1 an selon les patients et les fonctions atteintes) (35).

Figure 4 : Phases de récupération après AVC, issu de (35)



¹ Haemorrhagic stroke specific. ² Treatments extend to 24 hours to accommodate options for anterior and posterior circulation, as well as basilar occlusion.

e) Principes de la rééducation de la marche après AVC

L'objectif de la rééducation est de stimuler, par une sollicitation ou un réentraînement, ces mécanismes pour ouvrir une voie inhibée, reconstruire un circuit interrompu, stabiliser un circuit nouveau, et ainsi tenter de définir un nouvel ensemble neuronal (36).

La découverte de ces concepts neurophysiologiques est finalement assez récente et a permis d'importants progrès dans les techniques proposées ces dernières décennies (2).

Selon les recommandations de la HAS, la rééducation post-AVC doit être précoce, intensive et multimodale ((37). Si elle doit être précoce, elle n'est pas forcément active et intensive dès les premiers jours, en fonction de l'état clinique du patient elle peut consister dans un premier temps à prévenir la survenue de complications (respiratoire, thrombo-embolique, cutanée), éviter l'enraidissement et stimuler l'éveil de la motricité par des mobilisations passives (16,38). En effet, débiter trop intensivement de façon trop précoce pourrait entraîner des complications et ne pas entraîner de bénéfique sur la récupération (39).

On distingue classiquement plusieurs phases de rééducation : hyper-aiguë les 24 premières heures, précoce jusqu'à 3 mois, tardive entre trois et 6 mois et enfin une phase chronique après 6 mois.

Figure 4 : Phases de rééducation post AVC, issu de (16)



Les techniques de rééducation sont classiquement divisées en deux groupes, selon le fait qu'elles empruntent les voies ascendantes ou descendantes du système nerveux central (40).

Les approches traditionnelles de réadaptation (techniques sensori-motrices dérivées de Bobath) peuvent être qualifiées d'approches ascendantes (dites "bottom-up"), car elles agissent sur le niveau physique distal (bas) visant à influencer le SNC (haut) en essayant de stimuler les mécanismes de plasticité neuronale. Malgré la description de plusieurs thérapies physiques, et l'existence de plusieurs hypothèses, les mécanismes physiologiques de ces méthodes ne sont pas encore tout à fait expliqués. Plus récemment, des méthodes de stimulations électriques fonctionnelles ou encore l'utilisation d'outils d'assistance robotisée ont montré un intérêt grandissant dans la rééducation précoce de la marche.

Les approches descendantes (dites "top-down"), de description plus récente, consistent en une action volontaire dirigée vers le bas. Elles sont principalement représentées par l'imagerie mentale, la stimulation magnétique trans-crânienne, la rééducation médiée par des Interfaces Cerveau-Machine (ICM) (40). Si elles ont été décrites plus récemment, cette voie a cependant depuis longtemps été empruntée lors de la rééducation classique, puisque le fait de se concentrer sur la tâche motrice à exécuter stimule la voie cortico-spinale.

f) Recommandations pour la rééducation de la marche

Plus spécifiquement dans la rééducation de la marche, une revue récente de la littérature a permis de préciser les techniques qui semblent le plus efficaces, en fonction de la période (15). Les principaux objectifs sont, pour les patients marchants, l'augmentation de la vitesse et du périmètre de marche, et pour les patients ne marchant pas, l'acquisition d'une marche d'intérieur, des transferts, la diminution du risque de chute. Les recommandations suivantes sont issues de la HAS (Haute Autorité de Santé, 2012), de la Royal Dutch Society for Physical Therapy (KNFG, 2014) et de la American Heart Association (AHA, 2017). Ainsi les techniques ayant montré leur efficacité à la phase précoce sont :

- Dans les 48 premières heures : mobilisations passives au lit du malade deux à trois fois par jour sans dépasser trois heures. La mise en position assise, debout, et la marche ne sont à débiter qu'à 48 à 72 heures. A noter cette étude récente de Yelnik et al (2017), qui étudie l'effet d'une rééducation active très précoce et ne montre pas d'effet bénéfique voire expose à un risque (38).
- Lors de la phase subaiguë, les principales techniques qui ont montré un intérêt sont la marche sur tapis avec ou sans allègement du poids du corps (d'autant plus efficace si FAC \geq 3), la rééducation assistée par robotique, la Circuit Class Therapy (CCT), la réalité virtuelle (Virtual Reality). Par ailleurs, il est réalisé un exercice fonctionnel de la marche, d'équilibre, un renforcement musculaire, un travail aérobie (reconditionnement à l'effort), une rééducation des fonctions somato-sensorielles (sensibilité épicritique et proprioceptive).

La plupart de ces techniques efficaces nécessitent donc un minimum de motricité et d'équilibre afin d'être utilisées. La difficulté est désormais de trouver des techniques efficaces lorsque le déficit est très important, lors de la phase de stimulation de l'éveil moteur chez les patients atteints de troubles moteurs graves (41).

L'imagerie motrice (IM) est une pratique mentale selon laquelle les actes moteurs sont imaginés sans aucun mouvement du corps. Les composantes essentielles de l'IM comprennent l'imagerie visuelle et l'imagerie kinesthésique. En 2017, une méta-analyse concluait de cette technique qu'elle « influence positivement les capacités de marche, l'équilibre et la fonction motrice des membres inférieurs » (42). Une étude en IRM fonctionnelle semble montrer qu'après un programme d'imagerie mentale, il existe des modifications dans la cartographie du cortex moteur et pré-moteur de la main parétique, associée à une récupération fonctionnelle (ARAT) (43).

3. Les vibrations tendineuses

Une vibration est un mouvement d'oscillation mécanique autour d'une position d'équilibre stable (ou d'une trajectoire moyenne). Elle est donc définie par une fréquence et une amplitude. Les vibrations appliquées sur les tendons qui les lient aux os, créent des micro-étirements sur les muscles (44). Naito et son équipe ont montré, dès 1999 que les différents effets recherchés des vibrations étaient obtenus pour de faibles amplitudes (0,3mm) et pour des fréquences autour de 70 à 80 Hz (45).

Bien que depuis longtemps utilisés en médecine, les effets des vibrations sont mieux compris depuis l'avènement des différentes techniques de neurophysiologie. Ne sont abordées ici que les vibrations type focales, et non celles du corps entier.

a) Quelques rappels de physiologie :

La proprioception, au sens "perception de soi", est un sens qui intègre les informations provenant des muscles, tendons, ligaments, articulations par l'intermédiaire de mécanorécepteurs. Ceux situés dans les muscles sont les fuseaux neuromusculaires, ceux situés dans les tendons sont les organes tendineux de Golgi. Les fuseaux neuromusculaires sont les principaux récepteurs de la proprioception, ils sont à l'origine des fibres nerveuses Ia (qui renseignent sur la longueur et l'étirement du muscle) et II (renseignant uniquement sur la longueur du muscle). Un premier relai médullaire est à l'origine d'un premier niveau d'intégration,

avec des projections sur le motoneurone gamma (et donc un effet sur le réflexe myotatique). L'information est par la suite véhiculée par les voies somesthésiques jusqu'au cortex somesthésique primaire par les voies conscientes (voies lemniscale et néo-spino-thalamique).

D'importantes interactions existent entre les cortex somato-sensoriel primaire (aire 1, 2 et 3 de Brodmann) et le cortex moteur primaire (aire 4 de Brodmann). Si celles-ci ont d'abord pu être mises en évidence sur des études animales (46), elles ont pu également être retrouvées chez l'homme par des techniques d'imagerie fonctionnelles. Ainsi une immobilisation aura pour conséquence une altération du cortex moteur primaire, et d'autre part une stimulation sensitive pure aura un effet de remodelage sur celui-ci (32).

Ces connexions entre les cortex sensitif et moteur ont donc une pertinence fonctionnelle, avec des afférences somato-sensorielles capables d'induire une activité au niveau des circuits moteurs corticaux, et donc favoriser la plasticité cérébrale.

b) Effets physiologiques

1) Effets sensitifs

La vibration tendineuse d'un muscle au repos, notamment à faible amplitude, est un moyen fort de stimulation du système proprioceptif, notamment par le biais des fibres Ia (47,48).

En effet, les fuseaux neuromusculaires sont sensibles à l'étirement, ainsi, lors d'un mouvement, c'est l'allongement des fibres antagonistes qui est responsable de l'émission de signaux proprioceptifs. Ces signaux sont extrêmement précis, comme en témoignent des études en micro-neurographie captant les informations issues des fibres Ia (49).

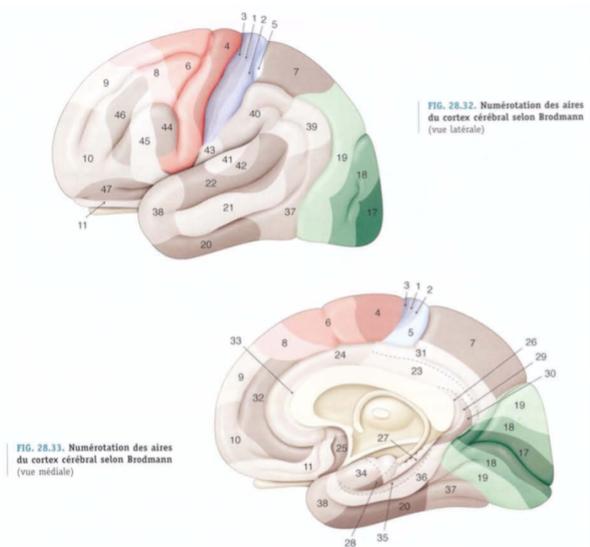
Si les autres mécano-récepteurs (cutanées, tendineux) sont également activés par la vibration, ils répondent de façon moins forte et n'entraînent pas de signal parcourant les fibres sensitives.

2) Effets perceptifs

Lors d'une stimulation vibratoire, le sujet perçoit une illusion de mouvement qui est secondaire à une activation des cortex moteur et sensitif (45).

La sensation de mouvement illusoire prend donc la direction de celle qui correspondrait à un allongement du muscle vibré. La sensation de mouvement est

Figure 5 : Aires de Brodmann, issu de Neuro-anatomie - Kamina



lente (quelques degrés à quelques dizaines de degrés par seconde) et sa vitesse stable si la fréquence est constante (50).

Lorsque le patient est bien détendu et qu'il ferme les yeux, cela constitue un leurre neurosensoriel quasi parfait, allant d'illusions de mouvements simples (flexion/extension d'une articulation) jusqu'à des mouvements plus complexes. Ainsi, en se basant sur les données en micro-neurographie, il a été possible de reproduire des sensations illusoirement extrêmement précises. L'écriture de lettres, de mots courts ou de traçage de chiffres, sont reproduites en calquant les variations de fréquence de chaque vibreur sur celles préalablement enregistrées au niveau des fibres issues de chaque muscle sollicité au cours d'un mouvement réel (49).

3) Effets moteurs

On distingue deux réponses motrices involontaires, selon l'état du patient. Ainsi une activation réflexe tonique (Tonic Vibration Reflex TVR) du muscle vibré correspond à une activation du réflexe spinal myotatique, avec contraction réflexe du muscle vibré. Ce dernier a lieu lorsque le sujet exerce un contrôle visuel sur le segment de membre vibré, lorsqu'il n'est pas détendu, ou encore lors d'hypertonie pathologique (50).

Par ailleurs, lorsque la vibration du tendon provoque une illusion sensorielle, elle s'accompagne d'une réponse vibratoire antagoniste (RVA) qui se traduit par une contraction du muscle antagoniste. Elle semble être la conséquence d'une transformation d'un signal passant par le cortex cérébral qui met en cohérence le mouvement ressenti et l'activation musculaire qui en assurerait l'exécution (50,51). Cette dernière demande au sujet d'être relaxé, les yeux fermés, afin de permettre au mieux l'illusion de mouvement.

4) Effets au niveau cortical

A l'instar de ce qui se passe lors d'une action motrice volontaire ou d'imagerie mentale, il a été mis en évidence, à l'aide des examens d'imagerie fonctionnelle, que le réseau cortical activé lors d'une vibration (lorsqu'elle entraîne une illusion de mouvement et une RVA) était identique. Ainsi lors d'une vibration du poignet droit, il y a activation de 4 régions corticales que sont les cortex pré-moteur et moteur, l'aire motrice supplémentaire, les aires cingulaires antérieures (52). Lorsqu'elle n'est pas accompagnée d'illusion de mouvement, seule les régions sensorielles du cortex sont activées.

c) Applications en clinique

D'un point de vue clinique, on retrouve déjà dans la littérature un nombre de plus en plus important d'études montrant l'intérêt des vibrations tendineuses répétées.

Il a été montré à l'aide de l'IRM fonctionnelle, chez le sujet sain, que le fait de soumettre des vibrations au niveau des mains et doigts permettait de prévenir une altération du réseau sensorimoteur secondaire à une immobilisation plâtrée prolongée (53).

Au niveau des membres inférieurs, les vibrations tendineuses réalisées sur les muscles fibulaires et tibial antérieur semblent permettre une amélioration des

paramètres de marche (périmètre de marche, cinématique et EMG) à la phase chronique d'un AVC compliqué d'un pied en équin (54)

Plus récemment, il a également été évoqué l'intérêt à la phase aiguë (à moins de 72 heures de l'AVC), de vibrations musculaires ciblées, pendant 3 jours, sur la récupération motrice à 4 jours, avec un effet positif sur l'index de motricité et l'échelle de Fugl-Meyer (55)

d) Le Vibramoov

À partir d'un schéma simple (sur un tendon), a ensuite été développé des schémas plus complexes avec plusieurs vibrateurs placés sur un ensemble de muscles et activés par des séquences de vibrations inspirées par les enregistrements des mouvements naturels (56).

Le VIBRAMOOV® est un dispositif médical, développé par l'entreprise Technoconcept®, permettant de réaliser des séquences de vibrations focales sur plusieurs sites, aux membres inférieurs ou supérieurs. La mise en place d'électrodes sur les muscles des membres inférieurs permet de réaliser une illusion de divers mouvements (marche, course, flexion des genoux, montée d'escaliers...).

Le patient peut être allongé, assis ou en position debout, avec un fauteuil verticalisant selon ses capacités fonctionnelles. En ce qui concerne les membres inférieurs, l'installation est facilitée par des sangles comprenant deux vibrateurs pour chaque couple agoniste/antagoniste (quadriceps/ischio-jambiers, triceps sural/tibial antérieur) et d'une ceinture pour les vibrateurs des muscles moyen fessier et ilio-psyas).



4. Synthèse / Objectifs

La rééducation des troubles de la marche liés à une hémiplégie vasculaire, notamment lorsque l'atteinte est complète et l'équilibre très perturbé est compliquée. La sollicitation bottom-up des fibres sensibles mimant un mouvement de marche est pertinente, dans la stimulation de la plasticité cérébrale, afin de favoriser la récupération motrice et limiter les complications liées à l'immobilisation. Le Vibramoov permet réaliser une stimulation proprioceptive sur un patient allongé ce qui le rend accessible à une population très déficiente. L'objectif est de montrer que l'utilisation du Vibramoov permet une récupération plus rapide de la marche dans une population de patients ayant subi un AVC.

Nous souhaitons donc évaluer la faisabilité d'un programme de vibrations tendineuses focales multisites aux membres inférieurs pendant 4 semaines sur la mobilité à la phase précoce post-AVC, avec une étude préliminaire monocentrique, prospective, en réalisant une analyse de la pratique courante réalisée au CRRF Le Normandy à Granville (50, Manche).

Matériel et Méthodes

L'étude a été menée dans le service de rééducation neurologique du CRRF Le Normandy à Granville (50). Elle est monocentrique et prospective. Il s'agit d'un protocole non interventionnel, basé sur l'analyse de la pratique courante et donc d'une étude hors loi Jardé.

Une déclaration d'engagement de respect de la loi de la CNIL MR-004 a été réalisée par le Docteur Anne PESKINE, chef de service du CRRF Le Normandy.

Le comité d'éthique du CHU de Rennes a étudié le projet et a autorisé sa réalisation en date du 10 février 2020.

Chaque patient a reçu une information éclairée quant à l'exploitation de ses données anonymisées dans le cadre de cette étude, et n'a pas exprimé son opposition. Son accord, ou son opposition le cas échéant, sera noté dans son dossier médical.

Le responsable du projet est le CRRF Le Normandy de Granville. Le Docteur Anne Peskine en est la responsable de traitement.

1. Population

Les patients ont été inclus après admission en SSR affections neurologiques du CRRF Le Normandy en phase post-aiguë d'un AVC (à moins de 3 mois de la lésion initiale). La période d'inclusion de ces patients a été comprise entre novembre 2019 et mai 2020.

Critères d'inclusion :

- Patients de plus de 18 ans
- Premier épisode d'AVC (ischémique ou hémorragique), sus-tentorial, datant de moins de 3 mois avec concordance clinique et radiologique (IRM ou TDM).

Critères d'exclusion :

- Troubles cognitifs empêchant la bonne compréhension des consignes de rééducation
- Femme enceinte ou allaitante
- Patient sous mesure de protection juridique effective (sauvegarde de justice, curatelle, tutelle)
- Contre-indication médicale à réaliser un test de marche de 6 minutes (par exemple : insuffisance cardiaque décompensée)
- Lésion cérébrale bilatérale (si cliniquement significative)
- Pathologie neurologique ou rhumatologique autre que l'AVC altérant grandement la capacité de marche

2. Objectif de l'étude

Il s'agit d'une étude préliminaire de faisabilité afin d'entreprendre ultérieurement un essai contrôlé afin de tester l'efficacité de l'utilisation du Vibramoov. L'objectif sera de savoir si cet outil permet une récupération plus rapide de la marche.

3. Procédure / déroulement de l'étude

Schéma

Chaque patient a bénéficié d'une batterie de test à son inclusion, à 4 semaines correspondant à la fin du protocole de vibrations (S4) puis à 2 mois de son inclusion (S8).

Les évaluations ont toutes été réalisées par le même examinateur (Mr Walter LOISEL, kinésithérapeute), et systématiquement en début de journée, avant les séances de rééducation.

La rééducation du patient n'a pas été modifiée du fait de sa participation ou non à cette étude, elle comprenait dans tous les cas une heure de kinésithérapie quotidienne basée sur des techniques physiques actuelles dérivées de Bobath, une verticalisation précoce, l'utilisation de l'exosquelette de membres inférieurs électromécanisé type LOKOMAT®. Dans ce centre, le patient bénéficie également en pratique courante de séances quotidiennes de VIBRAMOOV®, 5 jours sur 7, du lundi au vendredi inclus, pendant 4 semaines. Ces dernières se déroulent de la façon suivante : le patient est allongé, les jambes suspendues par le système de sangles, ou assis au fauteuil verticalisateur, avec 6 électrodes par membre inférieur (localisées au niveau des muscles suivants : moyen fessier, grand fessier, quadriceps, ischio-jambiers, triceps sural, tibial antérieur), puis la séance dure environ 30 minutes, yeux fermés, pendant que les différents programmes du VIBRAMOOV® induisent des illusions de mouvement (marche, escaliers, squat...), le patient doit alors se concentrer sur ces mouvements.

Seront notifiés les différents événements intercurrents pouvant entraver la rééducation et la survenue d'éventuels effets indésirables des vibrations.

Données recueillies

Les données recueillies chez chaque patient à son inclusion, sont la date de l'AVC et la date d'entrée en rééducation, le délai entre l'AVC et l'entrée en rééducation, l'âge (année), le genre (masculin/féminin), le type (ischémique/hémorragique) et le côté de l'AVC (droit/gauche), la sévérité clinique (score NIHSS à l'entrée en rééducation), le traitement à la phase aiguë (thrombolyse, thrombectomie).

Les critères cliniques recueillies à l'inclusion sont l'index de motricité de Demeurisse réalisé sur le membre inférieur (coté de 0 à 1), évaluation spasticité sur échelle d'Ashworth modifiée (cotée de 0 à 4, avec une recherche ciblée sur le triceps sural, les ischio-jambiers, le quadriceps et les adducteurs), présence de troubles sensitifs épicrotique (0, 1 ou 2) / proprioceptif (arthrokinésie au goniomètre, diapason (score 0 à 2 d'anesthésie complète à normale) / trouble visuo-spatial (oui/non) / négligence spatiale (Mini Ben : barrage droite, test des cloches, figures enchevêtrées, coté oui si 2 tests sur 3 positif, non si ≤ 1 test sur 3)

Il est également noté si le patient présente par ailleurs une spasticité significative motivant ou non la réalisation de toxine botulique, ou la réalisation de séances de Vibramoov en mode anti-spastique, considéré alors comme du soin courant.

Échelles d'évaluation

- PASS (Postural Assessment Scale for Stroke Patient) : critère de jugement principal, cette échelle évalue l'équilibre dans les positions couchée, assise et debout. Conçue spécifiquement pour les patients ayant subi un AVC, elle est appropriée pour tous les patients, quelle que soit leur performance posturale (57). Elle possède une bonne sensibilité au changement à un stade précoce de récupération, et une bonne corrélation avec les capacités fonctionnelles de marche (57). Cotée de 0 à 36, le score le plus haut reflétant un équilibre normal. Notons que dans la cotation, « aide importante » correspondra à un accompagnement par une aide physique et que « aide légère » correspondra à une guidance verbale.
- Test de marche de 6 minutes : il s'agit d'un test d'endurance, non spécifique à l'AVC, qui permet d'évaluer les capacités fonctionnelles du patient. Il s'agit de parcourir la plus grande distance possible sur une durée de 6 minutes (58). S'exprime en distance (mètres).
- FAC : test de marche fonctionnel qui évalue la capacité de déplacement, validé dans l'hémiplégie post-AVC aux phases aiguës, subaiguës et chroniques (60). Échelle cotée de 0 à 8, 0 reflétant l'incapacité de marche (ou aide de plus d'une personne), et 8 une marche autonome sans aides techniques et notamment sans difficultés pour les escaliers.
- TUG : c'est un outil de dépistage initialement utilisé pour tester les capacités de mobilité des patients âgés (60-90 ans). Le TUG peut également être utilisé avec les personnes ayant subi un AVC (61). Nous utiliserons le temps en secondes comme unité afin de faciliter la cotation. Un score de moins de 13,5 secondes représente un faible risque de chute avec une vitesse de marche satisfaisante et une bonne mobilité fonctionnelle. Un score supérieur à 13,5 secondes représente un haut risque de chute, avec une faible vitesse de marche et mobilité fonctionnelle.
- Test des 10 mètres lancés : il permet une évaluation indirecte du niveau de dépendance du patient dans ses activités de vie quotidienne. L'unité de mesure est la vitesse en mètres par seconde. Une valeur inférieure à 0,5m/s représente une déambulation intérieure, une valeur comprise entre 0,5 et 0,93m/s représente une limitation pour la marche habituelle et une valeur supérieure à 0,93 m/s représente une marche non limitée (62). A noter que le chronomètre est déclenché après quelques pas déjà effectués, sans que le patient ne sache quand il démarre.
- Posturométrie statique : mesure de déplacement du centre des pressions et la surface de la courbe correspondant à la surface de l'ellipse incluant 85 à 95 % des points. Mesure objective quantifiée des capacités d'équilibre bipodal.
- Katz : il s'agit d'une échelle de mesure des activités de la vie quotidienne (63). Score compris de 0 à 12, 12 signant une dépendance complète. Un score > 6 signe une dépendance.

Critères de jugement

Le critère de jugement principal était l'évolution du score au PASS à 4 semaines.

Les critères de jugement secondaires seront l'évolution sur les autres critères de jugement, ainsi que le recueil des effets indésirables liés à l'utilisation du Vibramoov.

4. Analyse statistique

Pour la description des données, les résultats qualitatifs sont exprimés en effectifs (%).

Il s'agira ensuite de comparer les différents sous-groupes, afin d'évaluer s'il existe des différences d'évolution en fonction de leurs caractéristiques initiales, afin de prévenir un biais lors de l'étude contrôlée.

Pour cela, nous utiliserons le test paramétrique de Student ou le test non paramétrique de Mann-Whitney ou Wilcoxon pour les variables quantitatives et le test de Chi2 ou le test exact de Fisher pour les variables qualitatives.

Les analyses statistiques seront réalisées en utilisant le logiciel BiostaTGV®.

La situation sanitaire du printemps 2020 et notamment la fermeture du plateau technique de rééducation du 17 mars 2020 au 29 mai 2020 ne nous a pas permis d'appliquer le protocole à un nombre suffisant de patients. Nous ne pourrions donc pas interpréter de résultats dans cette thèse du fait d'un nombre insuffisant de patients inclus ne permettant pas la réalisation des analyses statistiques analytiques.

Nous proposons donc une étude supplémentaire concernant la perception de ce nouvel outil par les rééducateurs.

Un questionnaire a été réalisé en ligne, à destination des rééducateurs qui utilisent le Vibramoov®, afin d'évaluer la facilité d'utilisation du dispositif et l'efficacité perçue (en fonction des capacités fonctionnelles de chaque patient).

1. Population

Chaque rééducateur du CRRF de Granville qui s'est déjà servi du dispositif Vibramoov a reçu par voie électronique un questionnaire à remplir.

2. Objectif de l'étude

L'objectif est d'évaluer la facilité d'utilisation du Vibramoov ainsi que l'efficacité perçue, et ce en fonction des capacités fonctionnelles des patients.

3. Déroulement de l'étude

Schéma

Un questionnaire a été créé en ligne sur « Dragnsurvey.com », dont le lien a été sur les boîtes de messagerie électronique des rééducateurs du centre. Ceux qui ont déjà utilisé le dispositif y ont répondu. La durée de passation était d'environ 10 à 15 minutes.

Questionnaire

Celui-ci comprenait au total 16 questions. Il s'agissait d'abord de préciser sa profession (kinésithérapeute, ergothérapeute, psychomotricien(ne), autre) puis consistait en une cotation de 0 à 7 selon une échelle de Likert sur des questions variées :

- Quelle est votre expérience avec la machine ?
- Comment évalueriez-vous le temps d'installation sur la machine ?
- Comment évalueriez-vous la facilité d'utilisation chez les personnes très dépendantes ?
- Le temps d'installation est-il un frein à l'utilisation du dispositif chez ces patients très dépendants ?
- Comment évalueriez-vous le temps d'apprentissage pour maîtriser l'utilisation du Vibramoov ?
- Comment qualifieriez-vous l'utilisation courante du Vibramoov une fois l'apprentissage effectué ?
- Avez-vous l'impression que les patients apprécient les séances avec le Vibramoov ?
- Selon vous, quelle a été l'utilité de l'utilisation du dispositif sur les capacités fonctionnelles des patients qui ont bénéficié du Vibramoov ?
- Selon vous, quelle a été l'utilité de l'utilisation du dispositif sur leur implication dans leur rééducation ?
- Selon vous, quelle a été l'utilité de l'utilisation du dispositif sur l'adaptation du thérapeute aux difficultés du patient ?
- Selon vous, quelle a été l'utilité de l'utilisation du dispositif sur la variation des exercices proposés ?
- Pour quel type de patient, du moins au plus dépendant pensez-vous que le Vibramoov est le plus bénéfique ?

La question 3 consistait en une évaluation globale de l'outil, de 0 à 10.

La dernière question était une case libre pour d'éventuelles remarques supplémentaires.

4. Analyse statistique :

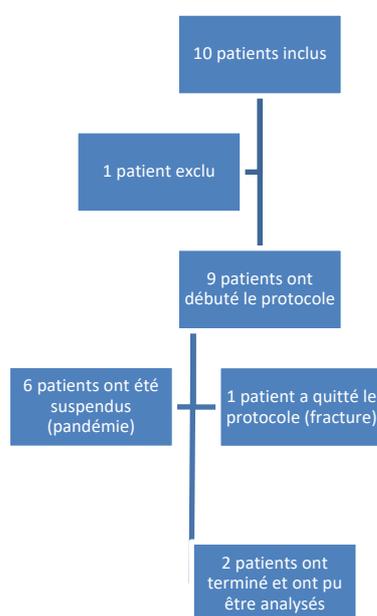
Les résultats sont donnés sous forme de moyenne (écart-type).

Résultats

1^{ère} étude :

Les inclusions ont débuté début novembre 2019, 10 patients ont pu être inclus avant l'annonce du confinement mais seulement 2 patients ont pu terminer le protocole de 4 semaines : 1 patient exclu du fait d'une lésion sous-tentorielle, 1 patiente a présenté une fracture humérale et a dû interrompre sa rééducation, et chez les 6 autres patients, le protocole a dû être interrompu du fait de l'arrêt de l'utilisation des dispositifs de rééducation pendant la période de confinement.

Diagramme de Flux :



Concernant la population initiale, la moyenne d'âge est de 80 ans, avec 5 hommes et 5 femmes inclus. Huit d'entre eux ont subi des accidents ischémiques contre 2 hémorragiques, 6 localisés du côté hémisphérique droit et 4 à gauche. Le NIHSS moyen était de 9,6 (écart-type (ET)= 4,3), aucun n'a bénéficié d'un traitement thrombolytique ou par thrombectomie à la phase aiguë.

Tableau 1 : Description de la population incluse

Âge (moyenne (et))	79,9 (9,3)	Troubles sensitifs	
Sexe	Homme	5 (50%)	Épicritique 3 (30%)
	Femme	5 (50%)	Profond 4 (40%)
			Négligence spatiale unilatérale 2 (20%)
Taille (cm)	163,8 (7,2)	Délai entre AVC et entrée en rééducation (jours)	17,2 (4,2)
Poids (kg)	75,8 (8,4)	Traitement initial	
Type	Ischémique	8 (80%)	Thrombolyse 0
	Hémorragique	2 (20%)	Thrombectomie 0
			Aucun 10 (100%)
Côté	Droit	6 (60%)	
	Gauche	4 (40%)	
NIHSS (moyenne (ET))	9,6 (4,3)		

NIHSS : National Institutes of Health Stroke Scale

Concernant l'évolution des deux patients :

- On retrouve chez le patient 1 des caractéristiques initiales avec un pronostic plus favorable : âge plus jeune (72 ans), score NIHSS initial plus faible à 5, absence de troubles proprioceptifs, et délai d'entrée en rééducation à 13 jours. Celui-ci avait déjà initialement de bonnes capacités posturales (PASS 31 à S0) et a montré une bonne évolution de ses capacités de marche (score FAC 6 à 8, vitesse de 0,45 à 1,63 m/s, périmètre de 218 à 546m au 6 minutes entre S0 et S8), et de sa motricité au niveau du membre inférieur (Index de Demeurisse de 0,48 à 0,76 entre S0 et S4).
- Le patient 2 présentait des caractéristiques initiales plus défavorables : âge plus élevé à 80 ans, un score NIHSS plus élevé à 14, présence de troubles proprioceptifs, et un délai d'entrée en rééducation plus long à 21 jours. Les autres caractéristiques étaient identiques puisque tous deux avaient présenté un AVC ischémique de l'hémisphère gauche, et ne présentaient pas de trouble du champ visuel. Ses capacités d'équilibre étaient initialement bien inférieures avec un score de PASS à 11. L'évolution entre S0 et S8 voit le score passer de 11 à 17, sans évolution de la motricité (Index de Demeurisse stable à 0,43), le tout ne permettant pas de développer des capacités de marche (Score FAC de 0 à 1 entre S0 et S8), les tests fonctionnels de marche n'ont donc pas pu être réalisés.

Tableau 2 : Évolution des variables chez les deux patients ayant terminé le protocole

	PATIENT 1			PATIENT 2		
CARACTERISTIQUES INITIALES						
Âge	72 ans			80 ans		
Sexe	Homme			Femme		
Hémisphère atteint	Gauche			Gauche		
Type	Ischémique			Ischémique		
NIHSS initial	5			14		
Délai AVC-entrée rééducation	13 jours			21 jours		
Troubles proprioceptifs	Non			Oui		
Présence d'une NSU	Non			Non		
EVOLUTION						
	S0	S4	S8	S0	S4	S8
Index Demeurisse	0,48	0,76	0,76	0,43	0,43	0,43
PASS	31	33	33	11	13	17
TUG (s)	15,31	9	8,06	Imp.	Imp.	Imp.
Posturométrie (mm2)	482	282	281	Imp.	Imp.	Imp.
TDM6 (mètres)	218	462	546	Imp.	Imp.	Imp.
T10M (m/s)	0,45	1,05	1,63	Imp.	Imp.	Imp.
FAC	6	6	8	0	0	1
Katz	15	15	13	19	19	19

2^{ème} étude

Question 1 :

Quelle est votre profession ?

Le panel des rééducateurs ayant répondu au questionnaire en ligne comprenait 5 kinésithérapeutes et 2 psychomotricien(nes).

Question 2 :

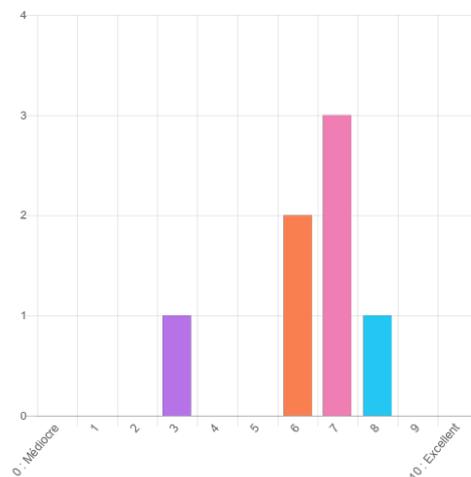
Quelle est votre expérience avec la machine ?

Parmi les participants, 3 utilisaient le dispositif quotidiennement, 3 l'utilisaient de façon hebdomadaire et le dernier moins fréquemment c'est-à-dire environ une fois tous les 6 mois.

Question 3 :

Si vous deviez évaluer globalement cet outil, quelle note lui donneriez-vous ?

Quand nous leur avons demandé d'évaluer de façon globale le Vibramoov comme outil de rééducation de 0 à 10, on obtient une moyenne de 6,3.



Question 4 :

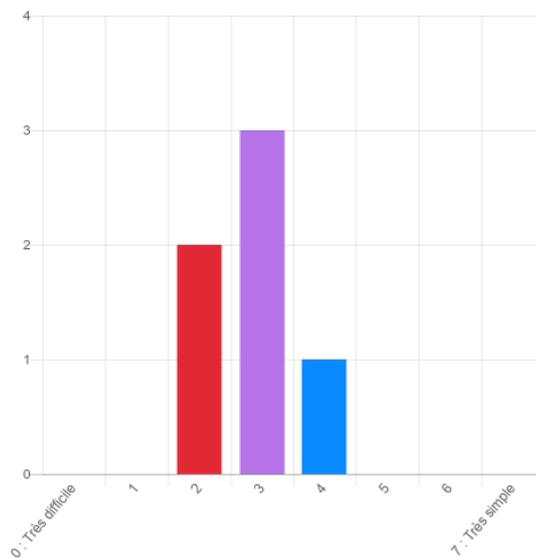
Comment évalueriez-vous le temps d'installation sur la machine ?

Le temps d'installation sur la machine est perçu comme long ; 83% des répondants ont mis un score de 3/7, et 17% un score de 0/7 (très long). La moyenne est donc à 2,5.

Question 5 :

Comment évalueriez-vous la facilité d'utilisation chez les personnes très dépendantes ?

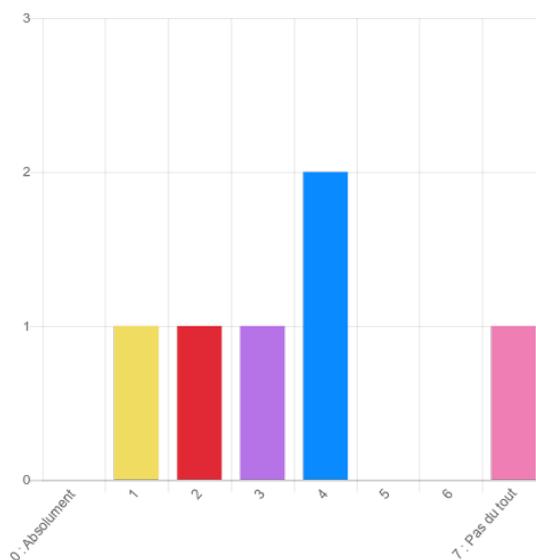
La facilité d'utilisation chez les personnes dépendantes est perçue comme plutôt difficile par les rééducateurs ; 3 d'entre eux évaluent le score à 3 sur 7 entre très difficile et très facile, 2 d'entre eux à 2 et 1 à 4. Score moyen 2,8/7.



Question 6 :

Le temps d'installation est-il un frein à l'utilisation du dispositif chez ces patients dépendants ?

Le temps d'installation chez les personnes dépendantes est pour certains un frein à l'utilisation du dispositif : un vote pour les réponses 1, 2 et 3. Toutefois 2 personnes ont mis un score de 4, et une personne un score à 7. Le score moyen est de 3,5.



Question 7 :

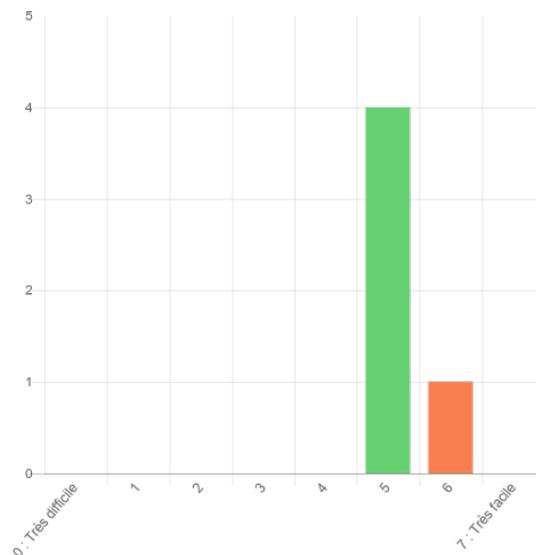
Comment évalueriez-vous le temps d'apprentissage pour maîtriser l'utilisation du Vibramoov ?

Cette fois les réponses sont plus homogènes et tout le monde s'accorde à dire que la maîtrise de l'outil est rapide : 4 réponses sur le 5 et une réponse sur le 7, pour une moyenne de 5,4.

Question 8 :

Comment qualifieriez-vous l'utilisation courante du Vibramoov une fois l'apprentissage effectué ?

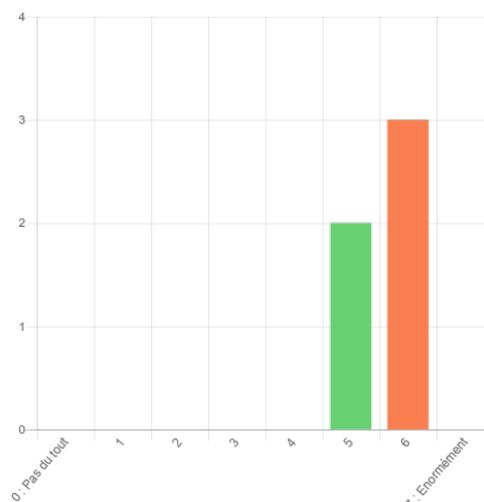
Encore une fois les réponses sont plutôt homogènes sur cette question : les rééducateurs s'accordent à dire que l'utilisation courante de la machine est facile.



Question 9 :

Avez-vous l'impression que les patients apprécient les séances avec le Vibramoov ?

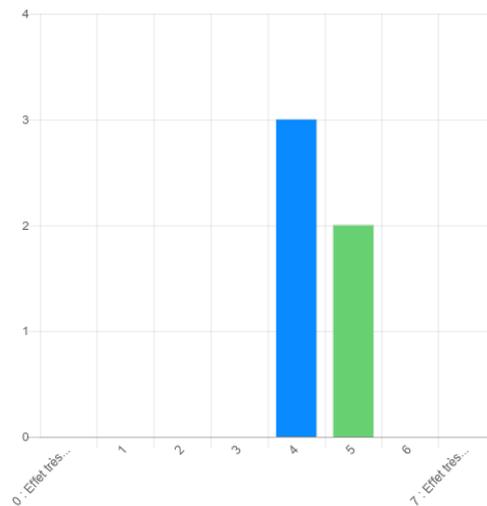
Selon les rééducateurs, les patients semblent apprécier les séances de rééducation avec le Vibramoov ; 2 ont mis un score de 5 et 3 un score de 6, pour une moyenne à 5,6/7.



Question 10 :

Selon vous, quelle a été l'utilité de l'utilisation du dispositif sur les capacités fonctionnelles des patients qui ont bénéficié du Vibramoov ?

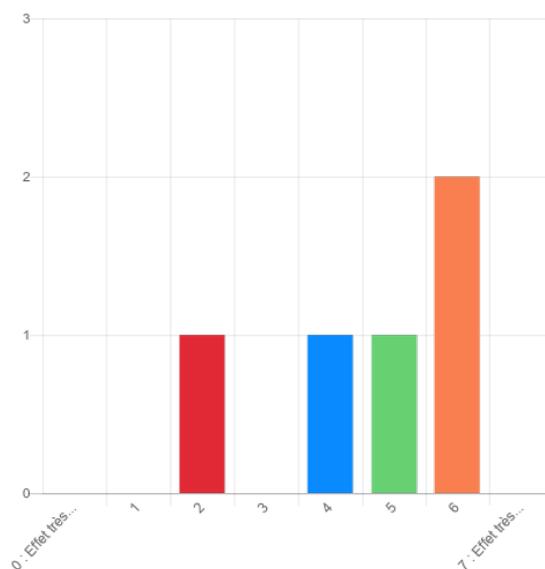
Selon les rééducateurs, l'effet de l'utilisation du dispositif sur les capacités fonctionnelles des patients est perçu comme positif avec un score moyen de 4,4/7.



Question 11 :

Selon vous, quelle a été l'utilité de l'utilisation du dispositif sur leur implication dans leur rééducation ?

On retrouve des réponses plus éparpillées, avec un score moyen de 4,6.



Question 12 :

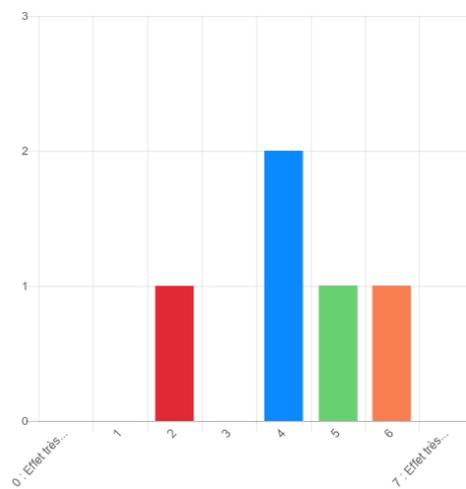
Selon vous, quelle a été l'utilité de l'utilisation du dispositif sur l'adaptation du thérapeute aux difficultés du patient ?

On obtient un score de 4 avec un résultat homogène de la part de l'ensemble des rééducateurs.

Question 13 :

Selon vous, quelle a été l'utilité de l'utilisation du dispositif sur la variation des exercices proposés ?

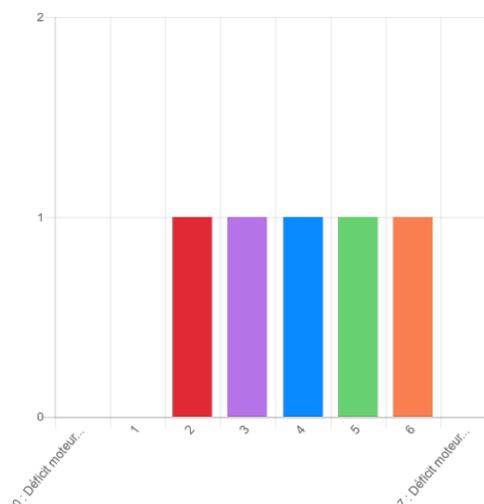
On retrouve un score de 4,2/7 pour l'utilité dans la variation des exercices.



Question 14 :

Pour quel type de patient, du moins au plus dépendant, pensez-vous que le Vibramoov est le plus bénéfique ?

Réponses éparées avec tendance à un décalage vers les patients les plus lourd. La moyenne est donc à 4/7.



Discussion générale / Perspectives

Concernant la première étude :

L'originalité de cette étude est le fait qu'elle est basée sur l'utilisation des vibrations à la phase précoce de la rééducation motrice post-AVC. De nombreuses études sur l'étude de la physiopathologie sont encourageantes, mais rares sont les études cliniques pour le moment, ce qui ne permet pas de conclure sur l'intérêt en pratique. Une étude en cours, toutefois, s'intéresse à l'effet sur la prévention de l'altération de la commande neurologique et la prévention de la maladie musculaire après AVC (64).

Malheureusement ce projet a été marqué par la nécessité d'interrompre les séances de VIBRAMOOV sur l'ensemble du centre en raison de la pandémie, à partir de l'annonce du confinement (17 mars 2020). Ceci a été responsable d'un manque de puissance majeur de notre étude.

L'objectif initial reste d'étudier la faisabilité d'un tel protocole, et de servir d'étude préliminaire en vue d'une étude contrôlée afin de réellement étudier l'efficacité des vibrations dans la rééducation de la marche à la phase précoce de l'AVC.

Nous avons pu ainsi tout de même en tirer quelques conclusions.

Tout d'abord concernant le nombre de sujets potentiels ; si cette première partie a été mise en difficulté par la crise sanitaire, nous avons pu tester notre protocole afin d'envisager la seconde étude contrôlée. Le nombre de sujets arrivés au Normandy 2 avec les critères d'inclusion décrits sur la période novembre à mai était de 18 patients. Ainsi pour la deuxième phase, dont les inclusions débuteront dès Septembre 2020, nous pouvons projeter environ 20 patients qui pourront bénéficier de cette rééducation au Normandy 2, ainsi qu'environ autant de patients inclus au Normandy 1, qui pourront servir de groupe contrôle.

La plupart des études qui évaluent l'efficacité d'un traitement rééducatif, qui plus est à la phase précoce post-AVC sont confrontés à des difficultés méthodologiques. Cela implique notamment un choix rigoureux des critères de jugement et notamment du critère de jugement principal. De multiples échelles d'évaluation renseignent sur les aptitudes locomotrices et posturales des patients. Les résultats chez nos deux patients sont intéressants : d'une part, l'un a très bien évolué, avec des capacités de marche qui se sont rapidement améliorés. Il est beaucoup plus intéressant de s'intéresser aux paramètres de marche, car son score de PASS a très peu évolué du fait d'un effet plafond. D'autre part, la patiente qui évolue très peu sur le plan fonctionnel, et n'a pas de capacités de marche, voit tout de même son score de PASS évoluer à S4 et S8, du fait d'une bonne sensibilité au changement. Lorsque l'on regarde notre population initiale, on se rend compte que la plupart des patients ont une atteinte sévère, et sont assez âgés il sera alors impossible de leur faire passer les tests de marche.

Concernant le critère de jugement principal, il nous semble donc adapté d'utiliser la PASS. Aussi, l'AQM, qui est à l'heure actuelle la mesure la plus précise et pertinente des paramètres de marche ne nous paraît pas adaptée à ce stade, car trop peu de patients auront récupéré des capacités de marche suffisantes.

Nous n'avons notifié aucun évènement indésirable lié à l'utilisation des vibrations. Nous aimerions toutefois, pour la prochaine étape, réaliser un questionnaire ciblé pour les patients des effets positifs et négatifs qu'il ressent pendant ou après les séances, afin de mieux appréhender la tolérance.

En ce qui concerne le questionnaire :

Du fait du manque de données à analyser dans cette étude préliminaire, il nous a semblé intéressant de recueillir l'expérience des rééducateurs qui utilisent régulièrement le dispositif.

Il ressort de ce questionnaire que les rééducateurs l'utilisent très régulièrement (quotidiennement) et donc investissent cet outil. Tous sont d'accord sur la facilité d'utilisation de la machine (au quotidien et dans l'apprentissage). Il en ressort également la longueur d'installation, notamment chez les personnes dépendantes, malgré les différents moyens mis en place pour la faciliter (sangles pour les vibreurs, différents moyens de positionnement). Cela peut constituer un frein à son utilisation. Par ailleurs, ce sont des séances que les patients semblent apprécier, avec une efficacité perçue par les rééducateurs sur les capacités fonctionnelles des patients. Comme souvent avec l'utilisation de technologies innovantes, cela semble avoir un impact sur leur motivation et implication dans la rééducation. Pour les thérapeutes, l'outil permet une adaptation aux difficultés du patient, que l'on peut proposer même pour des déficits lourds. Ils semblent satisfaits de pouvoir proposer de nouveaux exercices, dans une rééducation que l'on souhaite multimodale.

Notre pensée initiale était que le bénéfice majeur que le dispositif pouvait apporter serait pour les patients les plus dépendants, lorsque la récupération motrice était limitée, comme imagerie mentale dans le membre supérieur (65), chez qui les techniques habituellement efficaces ne pouvaient pas être utilisées. Les rééducateurs, s'ils ont plutôt penché vers un déficit plus lourd ne semblent pas penser que cela profite plus aux plus dépendants : peut-être aussi parce que leur récupération est moindre la plupart du temps.

Perspectives du projet :

Nous avons écrit le protocole et sommes en train de reprendre les inclusions. Nous espérons avoir des données exploitables sur le plan statistique d'ici quelques mois.

L'illusion de mouvement ressentie semble déterminante dans l'activation corticale des régions motrices. Il nous semblerait intéressant, dans le groupe vibrations, d'y ajouter un questionnaire afin de recueillir sur le questionnaire l'illusion de mouvement ressentie lors des séances. Nous pourrions ainsi nous rendre compte si la présence d'une illusion de mouvement améliore l'efficacité, et ainsi définir plus précisément une population chez qui les vibrations seraient d'autant plus pertinentes.

De façon plus générale, il reste toujours difficile de conclure à l'efficacité d'une thérapeutique à cette période précoce du fait de multiples facteurs. Tout d'abord l'évolution naturelle importante dans ces premiers mois, rappelons que jusqu'à très récemment l'intérêt de la rééducation dans la récupération à la phase précoce était remis en cause. Aussi, nous sommes souvent face à une variabilité très importante entre les patients (localisation, sévérité, délai, âge, nécessitant un appariement sur

de nombreux facteurs). Les effectifs sont, de fait, limités, ce qui diminue la puissance des études.

Comme pour la plupart des études menées dans le domaine de la rééducation, il est indispensable de multiplier ce type d'étude, afin de pouvoir apporter des réponses. Il s'agit d'harmoniser les pratiques afin d'avoir des protocoles comparables : durée du traitement, nombre de séances, délai de prise en charge etc... C'est pourquoi nous avons voulu réaliser une analyse de pratique courante, avec un protocole faisable dans de nombreux centres.

Conclusion

En conclusion, l'utilisation du Vibramoov® à la phase précoce dans la rééducation de la marche semble faisable et sans effets indésirables notés pour le moment. C'est une technique qui semble prometteuse dans un environnement où peu de techniques sont proposées aux patients sévères à la phase très précoce. En effet, elle semble pertinente d'un point de vue physiopathologique, et avec des effets secondaires très limités. Reste toutefois à montrer son efficacité sur le plan clinique, en multipliant les études de bonne qualité, qui seront toutefois confrontées aux difficultés habituelles d'évaluation d'une thérapeutique à la phase précoce d'un AVC.

En pratique courante, le Vibramoov est un outil bien investi par les rééducateurs qui offre la possibilité de varier les exercices proposés aux patients, notamment ceux qui sont très déficitaires.

La deuxième phase de ce projet consistera en l'étude de l'efficacité contre un groupe contrôle, dont les inclusions se dérouleraient dans l'idéal de Septembre 2020 à Aout 2021. Nous aimerions donc y ajouter un questionnaire patient pour évaluer la tolérance et recueillir le degré d'illusion de mouvement ressenti. Par ailleurs nous ne modifierons pas les différents critères de jugement recueillis qui semblent adaptés.

Références bibliographiques

1. Lemesle-Martin M, Benatru I, Rouaud O, Contegal F, Maugras C, Fromont A, et al. Épidémiologie des accidents vasculaires cérébraux : son impact dans la pratique médicale. EMC - Neurologie. janv 2006;3(1):1-16.
2. Yelnik A-P, Bonan I-V, Simon O, Gellez-Leman M-C. Rééducation après accident vasculaire cérébral. EMC - Neurologie. janv 2008;5(3):1-15.
3. Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS. Recovery of walking function in stroke patients: The copenhagen stroke study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. janv 1995;76(1):27-32.
4. Park J, Kim T-H. The effects of balance and gait function on quality of life of stroke patients. NRE. 20 févr 2019;44(1):37-41.
5. Beliez L. Mécanismes spinaux et supraspinaux impliqués dans le couplage entre les réseaux locomoteurs et posturaux. :234.
6. Gilles. Collège des enseignants de Neurologie.
7. Collège. Collège des Enseignants de MPR, édition 5.
8. Eng JJ, Tang P-F. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: a synthesis of the evidence. Expert Review of Neurotherapeutics. oct 2007;7(10):1417-36.
9. Balaban B, Tok F. Gait Disturbances in Patients With Stroke. PM&R. juill 2014;6(7):635-42.
10. Barros de Oliveira C, Torres de Medeiros ÍR, Frota NAF, Greters ME, Conforto AB. Balance control in hemiparetic stroke patients: Main tools for evaluation. JRRD. 2008;45(8):1215.
11. Olney SJ, Richards C. Hemiparetic gait following stroke. Part I: Characteristics. Gait & Posture. avr 1996;4(2):136-48.
12. Smith M-C, Barber PA, Stinear CM. The TWIST Algorithm Predicts Time to Walking Independently After Stroke. Neurorehabil Neural Repair. oct 2017;31(10-11):955-64.
13. Barrois R, Vidal P-P, Ricard D. Nouvelles techniques de quantification de la marche applicables en pratique clinique. Pratique Neurologique - FMC. déc 2015;6(4):282-92.
14. Schaechter JD. Motor rehabilitation and brain plasticity after hemiparetic stroke. Progress in Neurobiology. mai 2004;73(1):61-72.
15. 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 [Internet]. 12 mars 2020 [cité 7 avr 2020]; Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/s13760-020-01320-7>
16. KNFG. KNFG Guidelines - Strokes - 2014.
17. Perry J, Garrett M, Gronley JK, Mulroy SJ. Classification of Walking Handicap in the

Stroke Population. *Stroke*. juin 1995;26(6):982-9.

18. Berlucchi G. Brain plasticity and cognitive neurorehabilitation. *Neuropsychological Rehabilitation*. oct 2011;21(5):560-78.

19. Rode G. Rode et al - Plasticité cérébrale après AVC.

20. Chen R, Cohen LG, Hallett M. Nervous system reorganization following injury. *Neuroscience*. juin 2002;111(4):761-73.

21. Elbert T, Pantev C, Wienbruch C, Rockstroh B, Taub E. Increased Cortical Representation of the Fingers of the Left Hand in String Players. *Science*. 13 oct 1995;270(5234):305-7.

22. Deroide N, Nih LR, Tran Dinh RY, Lévy B, Kubis N. Plasticité cérébrale : de la théorie à la pratique dans le traitement de l'accident vasculaire cérébral. *La Revue de Médecine Interne*. juill 2010;31(7):486-92.

23. Taub E, Uswatte G, Elbert T. New treatments in neurorehabilitation founded on basic research. *Nat Rev Neurosci*. mars 2002;3(3):228-36.

24. Bliss TVP, Cooke SF. Long-term potentiation and long-term depression: a clinical perspective. *Clinics*. 2011;66:3-17.

25. Hara Y. Brain Plasticity and Rehabilitation in Stroke Patients. *J Nippon Med Sch*. 2015;82(1):4-13.

26. Schlaug G, Marchina S, Norton A. Evidence for Plasticity in White-Matter Tracts of Patients with Chronic Broca's Aphasia Undergoing Intense Intonation-based Speech Therapy. *Annals of the New York Academy of Sciences*. juill 2009;1169(1):385-94.

27. Liepert J, Bauder H, Miltner WHR, Taub E, Weiller C. Treatment-Induced Cortical Reorganization After Stroke in Humans. *Stroke*. juin 2000;31(6):1210-6.

28. Liepert J, Tegenthoff M, Malin J-P. Changes of cortical motor area size during immobilization. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Electromyography and Motor Control*. déc 1995;97(6):382-6.

29. Topka H, Cohen LG, Cole RA, Hallett M. Reorganization of corticospinal pathways following spinal cord injury. *Neurology*. 1 août 1991;41(8):1276-1276.

30. Rossini PM, Rossi S, Tecchio F, Pascualetti P, Finazzi-Agrò A, Sabato A. Focal brain stimulation in healthy humans: motor maps changes following partial hand sensory deprivation. *Neuroscience Letters*. août 1996;214(2-3):191-5.

31. Giraux P, Sirigu A, Schneider F, Dubernard J-M. Cortical reorganization in motor cortex after graft of both hands. *Nat Neurosci*. juill 2001;4(7):691-2.

32. Granert O, Peller M, Gaser C, Groppa S, Hallett M, Knutzen A, et al. Manual activity shapes structure and function in contralateral human motor hand area. *NeuroImage*. janv 2011;54(1):32-41.

33. Liu X-H, Bi H-Y, Cao J, Ren S, Yue S-W. Early constraint-induced movement therapy affects behavior and neuronal plasticity in ischemia-injured rat brains. *Neural Regen Res*. 2019;14(5):775.

34. Yelnik AP. PHYSICAL AND REHABILITATION MEDICINE - Stroke.
35. Bernhardt J, Hayward KS, Kwakkel G, Ward NS, Wolf SL, Borschmann K, et al. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: The Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable taskforce. *International Journal of Stroke*. juill 2017;12(5):444-50.
36. Jeannerod, Hecaen. Adaptation et restauration des fonctions nerveuses.
37. HAS. Rééducation post-AVC recommandations 2012.
38. Yelnik AP, Quintaine V, Andriantsifanetra C, Wannepain M, Reiner P, Marnef H, et al. AMOBES (Active Mobility Very Early After Stroke): A Randomized Controlled Trial. *Stroke*. févr 2017;48(2):400-5.
39. Yelnik AP, Quintaine V, Andriantsifanetra C, Wannepain M, Reiner P, Marnef H, et al. AMOBES (Active Mobility Very Early After Stroke): A Randomized Controlled Trial. *Stroke*. févr 2017;48(2):400-5.
40. Belda-Lois J-M, Mena-del Horno S, Bermejo-Bosch I, Moreno JC, Pons JL, Farina D, et al. Rehabilitation of gait after stroke: a review towards a top-down approach. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2011;8(1):66.
41. Kraus D, Naros G, Bauer R, Leão MT, Ziemann U, Gharabaghi A. Brain-robot interface driven plasticity: Distributed modulation of corticospinal excitability. *NeuroImage*. janv 2016;125:522-32.
42. Li R-Q, Li Z-M, Tan J-Y, Chen G-L, Lin W-Y. Effects of motor imagery on walking function and balance in patients after stroke: A quantitative synthesis of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. août 2017;28:75-84.
43. Page SJ, Szaflarski JP, Eliassen JC, Pan H, Cramer SC. Cortical Plasticity Following Motor Skill Learning During Mental Practice in Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. mai 2009;23(4):382-8.
44. Roll JP, Vedel JP, Ribot E. Alteration of proprioceptive messages induced by tendon vibration in man: a microneurographic study. *Exp Brain Res [Internet]*. juin 1989 [cité 26 oct 2019];76(1). Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/BF00253639>
45. Naito E, Ehrsson HH, Geyer S, Zilles K, Roland PE. Illusory Arm Movements Activate Cortical Motor Areas: A Positron Emission Tomography Study. *J Neurosci*. 15 juill 1999;19(14):6134-44.
46. Nudo RJ, Plautz EJ, Frost SB. Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle Nerve*. août 2001;24(8):1000-19.
47. Brown MC, Engberg I, Matthews PBC. The relative sensitivity to vibration of muscle receptors of the cat. *The Journal of Physiology*. 1 oct 1967;192(3):773-800.
48. Albert F, Bergenheim M, Ribot-Ciscar E, Roll J-P. The Ia afferent feedback of a given movement evokes the illusion of the same movement when returned to the subject via muscle tendon vibration. *Exp Brain Res*. juin 2006;172(2):163-74.
49. Roll J-P. 1.1. Physiologie de la kinesthèse. La proprioception musculaire : sixième

sens, ou sens premier ? *Intellectica Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*. 2003;36(1):49-66.

50. Roll J-P. Rééducation Proprioceptive. :6.

51. Calvin-Figuière S, Romaguère P, Gilhodes J-C, Roll J-P. Antagonist motor responses correlate with kinesthetic illusions induced by tendon vibration. :9.

52. Romaguère P, Anton J-L, Roth M, Casini L, Roll J-P. Motor and parietal cortical areas both underlie kinaesthesia. *Cognitive Brain Research*. mars 2003;16(1):74-82.

53. Roll R, Kavounoudias A, Albert F, Legré R, Gay A, Fabre B, et al. Illusory movements prevent cortical disruption caused by immobilization. *NeuroImage*. août 2012;62(1):510-9.

54. Paoloni M, Mangone M, Scettri P, Procaccianti R, Cometa A, Santilli V. Segmental Muscle Vibration Improves Walking in Chronic Stroke Patients With Foot Drop: A Randomized Controlled Trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. mars 2010;24(3):254-62.

55. Toscano M, Celletti C, Viganò A, Altarocca A, Giuliani G, Jannini TB, et al. Short-Term Effects of Focal Muscle Vibration on Motor Recovery After Acute Stroke: A Pilot Randomized Sham-Controlled Study. *Frontiers in Neurology* [Internet]. 19 févr 2019 [cité 19 mai 2019];10. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2019.00115/full>

56. Kemlin C, Duclos C. Des mouvements complexes induits grâce à un patron de vibrations chez des sujets hémiparétiques : l'exemple de la marche sur place. :1.

57. Benaim C, Pérennou DA, Villy J, Rousseaux M, Pelissier JY. Validation of a Standardized Assessment of Postural Control in Stroke Patients: The Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS). *Stroke*. sept 1999;30(9):1862-8.

58. Mao H-F, Hsueh I-P, Tang P-F, Sheu C-F, Hsieh C-L. Analysis and Comparison of the Psychometric Properties of Three Balance Measures for Stroke Patients. *Stroke*. avr 2002;33(4):1022-7.

59. Harada ND, Chiu V, Stewart AL. Mobility-related function in older adults: Assessment with a 6-minute walk test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. juill 1999;80(7):837-41.

60. Mehrholz J, Wagner K, Rutte K, Meißner D, Pohl M. Predictive Validity and Responsiveness of the Functional Ambulation Category in Hemiparetic Patients After Stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. oct 2007;88(10):1314-9.

61. Podsiadlo D, Richardson S. The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. févr 1991;39(2):142-8.

62. Rossier P, Wade DT. Validity and Reliability Comparison of 4 Mobility Measures in Patients Presenting With Neurologic Impairment. 2001;82:5.

63. Katz S, Downs TD, Cash HR, Grotz RC. Progress in Development of the Index of ADL. *The Gerontologist*. 1 mars 1970;10(1 Part 1):20-30.

64. Pradines, Maud. Effets des vibrations focales sur la prévention de la maladie musculaire et l'altération de la commande neurologique après l'AVC.
65. Daviet J-C, Dudognon P-J, Salle J-Y, Munoz M, Lissandre J-P, Rebeyrotte I, et al. Rééducation des accidentés vasculaires cérébraux. Bilan et prise en charge. EMC - Kinésithérapie - Médecine physique - Réadaptation. janv 2006;1(1):1-24.

Glossaire

AHA/ASA : American Heart Association / American Stroke Association
AVC : Accident vasculaire cérébral
FA : Fibrillation auriculaire
FAC : Fonctionnal Amubulation Categories
HAS : Haute autorité de Santé
HTA : Hypertension artérielle
IM : Imagerie motrice / Imagerie Mentale
IRM : Imagerie par Résonance Magnétique
KNGF : Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie
LTD : Dépression à long terme (Long Term Depression)
LTP : Potentialisation à long terme (Long Term Potentialisation)
NIHSS : National Institutes of Health Stroke Scale
PASS : Postural Assesment Scale for Stroke patients
PEM : Potentiels Evoqués Moteurs
RAT : Robotic Assisted Therapy
RVA : Réponse Vibratoire Antagoniste
SNC : Système nerveux central
TCT : Trunk Control Test
TDM6 : Test de marche des 6 minutes
TMR : Thérapie Mélodique et Rythmée (MIT pour Melodic Intention Therapy)
TUG : Time Up and Go test
TVR : Tonic Vibration Reflex
TWIST : Time to Walk Independantly after Stroke
T10M : Test des 10 mètres de marche
VBM : Voxel Based Morphometry

LAMBERT, Thomas - Faisabilité d'un programme de vibrations tendineuses multifocales aux membres inférieurs en période précoce post AVC ; étude préliminaire

45 feuilles, 30 cm.- Thèse : Médecine ; Rennes 1; 2020 ; N° .

Résumé français

Des travaux récents ont montré l'intérêt des vibrations tendineuses focales sur la récupération motrice après un accident vasculaire cérébral. Ces dernières semblent également prévenir l'altération corticale après l'immobilisation. Le Vibramoov® est un dispositif récent qui peut produire de fortes illusions de marche. Son utilisation à un stade précoce chez les patients victimes d'un accident vasculaire cérébral qui ne marchent pas semble prometteuse. L'objectif de notre étude pilote était d'évaluer la faisabilité et de décrire le résultat fonctionnel des personnes victimes d'un accident vasculaire cérébral dont la prise en charge de la réadaptation incluait le Vibramoov®.

Rubrique de classement : RÉÉDUCATION

Mots-clés : Vibrations, AVC,
Hémiplégie, Plasticité
cérébraleMots-clés anglais MeSH :
Stroke, neuronal plasticity,
Hemiplegia

Président : Pr BONAN Isabelle

Assesseurs : Dr Anne PESKINE

Dr Laure Michel

JURY :

Dr Frédéric SCHNELL