



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation  
Département Masso-Kinésithérapie

**Mémoire N° 1691**

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie  
Présenté pour l'obtention du  
**Diplôme d'Etat en Masso-Kinésithérapie**

par

**CANDOGAN Cigdem**

**Efficacité de l'entraînement à la marche assistée par robot sur l'équilibre et  
la marche après un accident vasculaire cérébral : une revue systématique  
de littérature**

**Effectiveness of robot-assisted gait training on balance and gait after stroke: A  
systematic review of literature**

Directeur de mémoire  
**NICOLO Pierre**

**2021  
Session 1**

Membres du jury

**NICOLO Pierre**

**LINDBERG Pavel**

**ADAMIAK Sandrine**



PRÉFET DE LA RÉGION AUVERGNE-RHONE-ALPES

## CHARTRE ANTI-PLAGIAT DE LA DRDJSCS AUVERGNE-RHONE-ALPES

La Direction Régionale et Départementale de la Jeunesse, des Sports et de la Cohésion Sociale délivre sous l'autorité du préfet de région les diplômes paramédicaux et du travail social. C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue, que les directives suivantes sont formulées. Elles concernent l'ensemble des candidats devant fournir un travail écrit dans le cadre de l'obtention d'un diplôme d'État, qu'il s'agisse de formation initiale ou de parcours VAE. La présente charte définit les règles à respecter par tout candidat, dans l'ensemble des écrits servant de support aux épreuves de certification du diplôme préparé (mémoire, travail de fin d'études, livret2).

Il est rappelé que « le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou des idées originales d'un auteur, sans lui en reconnaître la paternité, par des guillemets appropriés et par une indication bibliographique convenable »<sup>1</sup>.

**La contrefaçon** (le plagiat est, en droit, une contrefaçon) **est un délit** au sens des articles L. 335-2 et L. 335-3 du code de la propriété intellectuelle.

### Article 1 :

Le candidat au diplôme s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

### Article 2 :

Le plagiaire s'expose à des procédures disciplinaires. De plus, en application du Code de l'éducation<sup>2</sup> et du Code de la propriété intellectuelle<sup>3</sup>, il s'expose également à des poursuites et peines pénales.

### Article 3 :

Tout candidat s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, cette charte dûment signée qui vaut engagement :

*Je soussigné(e) CANDOGAN Cigdem*

*atteste avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat élaborée par la DRDJSCS Auvergne-Rhone-Alpes et de m'y être conformé(e)*

*Je certifie avoir rédigé personnellement le contenu du livret/mémoire fourni en vue de l'obtention du diplôme suivant :*

*Fait à LYON, Le 02/05/2021*

*Signature*

**Zér**

<sup>1</sup> Site Université de Nantes : <http://www.univ-nantes.fr/statuts-et-chartes-usagers/dossier-plagiat-784821.kjsp>

<sup>2</sup> Article L331-3 : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics »

<sup>3</sup> Article L122-4 du Code de la propriété intellectuelle



Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation  
Département Masso-Kinésithérapie

**Mémoire N° 1691**

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie  
Présenté pour l'obtention du  
**Diplôme d'Etat en Masso-Kinésithérapie**

par

**CANDOGAN Cigdem**

**Efficacité de l'entraînement à la marche assistée par robot sur l'équilibre et la marche après un accident vasculaire cérébral : une revue systématique de littérature**

**Effectiveness of robot-assisted gait training on balance and gait after stroke: A systematic review of literature**

Directeur de mémoire  
**NICOLO Pierre**

**2020-2021**  
**Session 1**

Membres du jury

**NICOLO Pierre**

**LINDBERG Pavel**

**ADAMIAK Sandrine**



Université Claude Bernard  Lyon 1

Président  
**Frédéric FLEURY**

Vice-président CA  
**REVEL Didier**

## **Secteur Santé**

U.F.R. de Médecine Lyon Est  
Directeur  
**RODE Gilles**

U.F.R de Médecine Lyon-Sud Charles  
Mérieux  
Directrice  
**BURILLON Carole**

Département de Formation et Centre de  
Recherche en Biologie Humaine  
Directeur  
**SCHOTT Anne-Marie**

Comité de Coordination des  
Etudes Médicales (CCEM)  
**COCHAT Pierre**

U.F.R d'Odontologie  
Directeur  
**BOURGEOIS Denis**

Institut des Sciences Pharmaceutiques et  
Biologiques  
Directrice  
**VINCIGUERRA Christine**

Institut des Sciences et Techniques de  
Réadaptation  
Directeur  
**Xavier PERROT**



# Institut Sciences et Techniques de Réadaptation Département MASSO-KINESITHERAPIE

Directeur ISTR  
**Xavier PERROT**

Equipe de direction du département de masso-kinésithérapie :

Directeur de la formation  
**Franck GREGOIRE**

Responsables des travaux de recherche  
**Samir BOUDRAHEM**

Référents d'années  
**Ulises TOCINO-RUIZ**  
**Ilona BESANCON**  
**Dominique DALLEVET**  
**Samir BOUDRAHEM**

Référent stages cycle 1  
**Annie KERN-PAQUIER**

Référent stages cycle 2  
**Geneviève SANSONI-SIMONET**

Secrétariat de direction et de scolarité  
**Audrey MOIRON**

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de mémoire Pierre Nicolo pour la qualité de son encadrement exceptionnel, sa patience, sa rigueur et sa grande disponibilité tout au long de la rédaction de ce mémoire. Sa bienveillance et son implication m'ont particulièrement encouragé et donné envie d'aller plus loin dans mes réflexions.

Je remercie également les membres du jury, Pierre Nicolo, Pavel Lindberg et Sandrine Adamiak, pour avoir pris le temps de lire et d'évaluer mon travail.

Merci à Samir Boudrahem pour son aide et son écoute active, ainsi qu'à tous les cadres et professeurs de l'IFMK de Lyon et de Turquie pour leur encadrement de qualité.

Je remercie également tous mes tuteurs de stage qui m'ont encadré et qui m'ont permis de faire évoluer ma pratique et mes réflexions professionnelles.

Un immense merci à mes amis pour leur soutien et leur encouragement tout au long de mes études. Leur présence a rendu ses années de formation exceptionnelles. Merci particulièrement à Gizem, Amandine, Margaux, Clémence et Caroline d'avoir rendu ce travail meilleur par leurs conseils et leurs suggestions qu'ils ont su m'apporter.

Pour finir, la plus grande des reconnaissances s'adresse à ma famille. Leur soutien indéfectible et leur réconfort au quotidien m'ont permis d'en arriver là. Merci d'être toujours là et de croire en moi quoi qu'il arrive.

## **GLOSSAIRE / LISTE DES ACRONYMES**

<b>AIT</b>	: Accident Ischémique Transitoire
<b>ATIF</b>	: Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation
<b>ATS</b>	: American Thoracic Society
<b>AVC</b>	: Accident Vasculaire Cérébral
<b>BBS</b>	: Berg Balance Scale
<b>CDGT</b>	: Cable-Driven Gait Training
<b>CLT</b>	: Conventional Locomotor Training
<b>CPT</b>	: Conventional Physical Training
<b>ECR</b>	: Essai Clinique Randomisé
<b>GC</b>	: Groupe Contrôle
<b>GE</b>	: Groupe Expérimental
<b>HAS</b>	: Haute Autorité de Santé
<b>IB</b>	: Indice de Barthel
<b>Inserm</b>	: Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale
<b>NR</b>	: Non Répertorié
<b>OMS</b>	: Organisation Mondiale de la Santé
<b>PRISMA</b>	: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
<b>RAGT</b>	: Robot-Assisted Gait Training
<b>TGT</b>	: Treadmill Gait Training
<b>V.A.</b>	: Valeur absolue
<b>WLT</b>	: Walkbot Locomotor Training
<b>6min</b>	: 6 minutes
<b>10m</b>	: 10 mètres

# TABLE DES MATIERES

<b>I. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Cadre Théorique .....</b>	<b>2</b>
1) Accident Vasculaire Cérébral .....	2
1.1) Définition de l'AVC .....	2
1.2) Types d'AVC .....	2
1.3) Phases de l'AVC.....	3
1.4) Symptômes de l'AVC .....	5
2) Marche .....	6
2.1) Cycle de marche normal .....	6
2.2) Marche post-AVC .....	8
2.3) Test de 10 mètres.....	11
2.4) Test de 6 minutes.....	11
3) Equilibre .....	12
3.1) Equilibre post-AVC .....	12
3.2) « Timed Up and Go ».....	13
3.3) « Berg Balance Scale » .....	13
4) Dispositif de robot à la marche.....	14
4.1) Exosquelette sur tapis roulant .....	14
4.2) Avantages et limites du RAGT .....	16
5) Problématique.....	17
<b>III. Méthode.....</b>	<b>19</b>
1) Critères d'éligibilité des articles .....	19
1.1) Critères d'inclusion .....	19
1.2) Critères d'exclusion.....	21
2) Stratégie de recherche bibliographique sur les bases de données.....	22
3) Selection des études.....	24
4) Evaluation de la qualité méthodologique des études .....	24
5) Extraction des données.....	25
<b>IV. Résultats .....</b>	<b>26</b>
1) Résultats de recherche d'articles.....	26
2) Descriptions des études .....	28

2.1) Généralités .....	28
2.2) Caractéristiques de la population.....	29
2.3) Caractéristiques du protocole de rééducation .....	32
2.4) Critères de jugements des études .....	35
2.5) Effet de l'intervention sur la marche .....	35
2.6) Effet de l'intervention sur l'équilibre .....	39
2.7) Evaluations des risques de biais.....	42
<b>V. Discussion .....</b>	<b>43</b>
1) Résumé des résultats et interprétation .....	44
1.1) Effet du RAGT sur la marche .....	44
1.2) Effet du RAGT sur l'équilibre .....	48
1.3) Effet du RAGT et type d'exercices du groupe contrôle .....	50
2) Implications cliniques des résultats .....	50
3) Implications scientifiques des résultats.....	51
4) Qualité méthodologique des études.....	52
5) Limite de la revue .....	54
<b>VI. Conclusion .....</b>	<b>55</b>
<b>Bibliographie .....</b>	
<b>Annexes .....</b>	

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Répartitions des différents types d'AVC (Inserm, s.d.).....	3
Figure 2 : Evolution de l'indépendance fonctionnelle mesuré par l'Indice de Barthel (IB) en fonction du temps chez des patients AVC de différents niveaux de gravité (Barack et Duncan, 2006) .....	4
Figure 3 : Les principales phases du cycle de marche (adaptée de Sheffler et Chae (2015)) .....	7
Figure 4 : Robot de marche sur tapis roulant (Médimex).....	15
Figure 5 : Exosquelette portatif (Médimex) .....	15
Figure 6 : Lokomat® (adaptée de Hocoma).....	16
Figure 7 : Diagramme de flux .....	28
Figure 8 : Vitesse (Intervalle de changement) .....	38
Figure 9 : Vitesse (Suivi) .....	38
Figure 10 : Distance (Intervalle de changement) .....	38
Figure 11 : Distance (Suivi) .....	38
Figure 12 : Berg Balance Scale (Intervalle de changement).....	41
Figure 13 : Berg Balance Scale (Suivi) .....	41
Figure 14 : Timed Up and Go (Intervalle de changement) .....	41
Figure 15 : Timed Up and Go (Suivi).....	41
Figure 16 : Score PEDro selon les études .....	42
Figure 17 : Critères PEDro validés par les études.....	43

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Paramètres spatio-temporels des patients post-AVC.....	8
Tableau II : Paramètres cinématiques des patients post-AVC en phase d'appui .....	9
Tableau III : Paramètres cinématiques des patients post-AVC en phase d'oscillation .....	10
Tableau IV : Combinaison des termes en anglais.....	22
Tableau V : Caractéristiques démographiques et cliniques des participants dans les études incluses .....	30
Tableau VI : Résumé des abandons dans les études incluses .....	31
Tableau VII : Caractéristiques des interventions expérimentales et contrôle dans les études incluses .....	34

## RESUME

**Introduction :** Les difficultés à la marche et les troubles de l'équilibre sont des problèmes majeurs chez les personnes atteintes d'AVC. Le réentraînement à la marche robotisée pourrait améliorer les capacités de marche et d'équilibre auprès de cette population. Cependant, les effets d'un tel réentraînement à court et long-terme n'ont pas été complètement élucidés à ce jour.

**Objectif :** Comparer l'efficacité du réentraînement à la marche assistée par robot au réentraînement conventionnel dans la rééducation de la marche et de l'équilibre chez les patients présentant un AVC.

**Méthode :** Les recherches ont été effectuées de mai à septembre 2020 sur les trois bases de données Pubmed, PEDro et Cochrane Library. Nous avons inclus des études randomisées contrôlées investiguant les effets du RAGT sur les fonctions locomotrices et de l'équilibre statique et dynamique chez les patients post-AVC. La sélection d'article, l'extraction des données a été réalisée par une personne et l'évaluation de la qualité méthodologique des études a été évalué à partir de l'échelle de PEDro.

**Résultats :** Huit essais contrôlés randomisés comprenant 271 patients ont été inclus dans notre revue systématique. Les études individuelles rapportent des bénéfices probables du RAGT sur la vitesse de marche comparativement au groupe contrôle. Ces effets positifs ne sont pas clairement retrouvés pour la capacité d'endurance à la marche. Les effets du RAGT sur l'équilibre sont possibles, mais sa supériorité par rapport au groupe témoin n'a pas été établie. Nos résultats ne soutiennent pas des effets du RAGT à distance de l'intervention.

**Conclusion :** Le robot de marche est une option thérapeutique intéressante et les résultats préliminaires sont encourageants. Une sélection des patients adéquates permettrait possiblement un maintien des effets à long-terme. Les effets de ce type de thérapie sur les activités de la vie quotidienne et la qualité de vie méritent d'être investigués dans le futur.

**Mots-clés :** accident vasculaire cérébral, équilibre, marche, rééducation robotisée

## ABSTRACT

**Introduction:** Motor and balance impairment are major problems in stroke population. Robot-assisted gait training could improve walking and balance skills in this population. However, the short and long-term effects remain an open question.

**Objective:** To compare the effectiveness of robot-assisted walking retraining with conventional retraining in gait and balance rehabilitation in patients with stroke.

**Method:** Searches were carried out from May to September 2020 on the three Pubmed, PEDro and Cochrane Library databases. We included randomized controlled studies investigating the effects of RAGT on locomotor function and balance in post-stroke patients. The selection and extraction of data were performed by a single person. The methodological quality of the studies was assessed using the PEDro scale.

**Results:** Eight randomized controlled trials with 271 patients were included in our systematic review. Individual studies suggested potential benefits of RAGT on walking speed compared to the control group. These positive effects are not clearly found for walking endurance capacity. The effects of RAGT on balance are possible, but its superiority compared with the control group has not been established. Our results did not hold the effect of RAGT at follow up.

**Conclusion:** The walking robot is an interesting therapeutic option and the preliminary results are encouraging. An appropriate selection of patients can potentially maintain long-term effects. Future research should investigate the effects of RAGT on activities of daily living and quality of life.

**Keywords :** stroke, balance, gait, robot-assisted gait training

## I. Introduction

La marche est une fonction primordiale dans notre vie quotidienne. Elle est également une activité fortement altérée après un Accident Vasculaire Cérébrale (AVC). Au cours de l'un de mes stages réalisés dans le domaine de la neurologie, beaucoup de patients après un AVC étaient hospitalisés. Nous avons toujours appris en cours que la période de phase sous-aigue (0 à 6 mois) était la plus importante pour une récupération maximale des fonctions perdues. De ce fait, la rééducation de l'AVC devait commencer le plus tôt possible pour pouvoir optimiser cette récupération et espérer regagner un maximum de fonctionnalités.

Durant mon stage, j'ai constaté que la plupart des patients AVC avait perdu soit totalement la fonction de la marche, soit avaient des troubles importants, ce qui les empêchaient de marcher de manière analogue à ce qu'ils faisaient avant l'AVC. Des troubles d'équilibre étaient également associés. Par ailleurs, j'ai constaté que les masseurs kinésithérapeutes de cet établissement étaient parfois restreints dans le choix des techniques proposées face à ces déficits importants. Une des complications était le fait que ces patients avaient de multiples déficits dont la perte de fonctions motrices, ce qui les rendaient très dépendants. Ils n'avaient plus la capacité de se tenir debout seul et de se déplacer. Certains d'entre eux manquaient également de confiance par rapport aux masseurs kinésithérapeutes et à eux même. C'est pourquoi, les thérapies de marche étaient parfois difficiles à mettre en œuvres.

Après cette observation clinique, j'ai fait des recherches dans la littérature, sur les différentes techniques potentielles de rééducation post AVC pouvant être proposée. J'ai découvert une technique assez récente qui consiste en une thérapie assistée par robot et qui permet aux patients de travailler la marche dans un contexte sécuritaire. C'est ainsi que j'ai voulu faire un état des lieux afin d'évaluer son efficacité.

## II. Cadre Théorique

### 1) Accident Vasculaire Cérébral

#### 1.1) Définition de l'AVC

D'après la définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), un accident vasculaire cérébral (AVC) résulte « de l'interruption de la circulation sanguine dans le cerveau, en général quand un vaisseau sanguin éclate ou est bloqué par un caillot. L'apport en oxygène et en nutriments est stoppé, ce qui endommage les tissus cérébraux (OMS, s. d.). » Il est défini également comme « le développement rapide de signes cliniques localisés ou globaux de dysfonction cérébrale avec des symptômes durant plus de 24 heures, pouvant conduire à la mort, sans autre cause apparente qu'une origine vasculaire (Inserm, s. d.) ».

Il faut bien distinguer l'AVC de l'Accident Ischémique Transitoire (AIT) défini comme « la perte d'une fonction cérébrale ou oculaire durant moins de 24 heures supposée due à une embolie ou à une thrombose vasculaire ». La récupération totale se fait en moins de quelques heures (Baene, s. d.). La régression des signes cliniques de l'AIT n'élimine pas le risque de faire un AVC particulièrement important dans les heures et les jours qui suivent (risque de 5% dans les 48 heures et d'environ 10% à un mois) (Inserm, s. d.).

#### 1.2) Types d'AVC

Il existe deux grands types d'AVC. Les infarctus cérébraux sont les plus fréquents et représentent environ 80% des AVC (Figure 1). La cause la plus connue est l'occlusion d'une artère cérébrale par un caillot sanguin appelé thrombus. On parle également de thrombose ou d'embolie cérébrale mais aussi d'AVC ischémique. Plusieurs causes sont responsables de cette occlusion dont les principaux sont une arythmie cardiaque (25%), une rupture d'une plaque d'athérome (25%), une maladie des petites artères cérébrales (25%), mais aussi d'autres causes telles que la dissection des artères carotidiennes et vertébrales.

Hormis des causes d'occlusion, il peut également y avoir une origine veineuse qui donne une thrombose veineuse cérébrale mais qui est beaucoup plus rare (Inserm, s. d.). On parle d'AVC constitué car la récupération se fait de façon plus ou moins complète sur plusieurs semaines. Les séquelles peuvent être plus ou moins importantes et définitives. Pour ce qui est de l'AIT, son étiologie est essentiellement occlusive dû généralement à un thrombus (Société de Chirurgie Vasculaire et Endovasculaire de Langue Française, s. d.).

Le deuxième type d'AVC est les hémorragies cérébrales et méningées. Elles représentent environ 15% et 5% des AVC. Elles sont la cause d'une rupture d'une artère cérébrale au niveau du cortex ou des méninges qui l'entourent. Pour les méninges, la cause principale est la rupture d'anévrisme (dilatation limitée de la paroi d'une artère), tandis que les hémorragies intracérébrales peuvent être secondaires à un traumatisme, à une malformation vasculaire ou une tumeur, ou apparaître de façon spontanée (Inserm, s. d.).

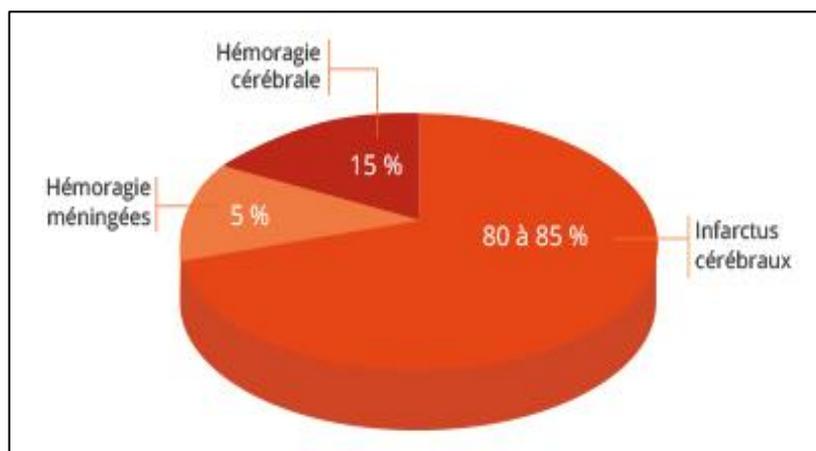


Figure 1 : Répartitions des différents types d'AVC (Inserm, s.d.)

### 1.3) Phases de l'AVC

La Haute Autorité de Santé (HAS) a défini trois phases après un AVC qui se suivent : la phase aiguë (avant le 14ème jour post-AVC), la phase subaiguë (entre le 14ème jour et le 6ème mois) et la phase chronique (après 6 mois post-AVC) (HAS, 2012b).

La connaissance des degrés de récupération des déficiences neurologiques et des capacités fonctionnelles après un AVC sont essentiels pour la planification du traitement et le pronostic (Patel et al., 2000). Il a été démontré que la récupération après un AVC ne se faisait pas de façon linéaire. La part de la récupération fonctionnelle, notamment sur le plan moteur est observée principalement durant les 3 premiers mois (Barack et Duncan, 2006) puis est plus tenue jusqu'à 6 mois (Mayo et al., 1999). Au-delà de ce délai, la récupération des déficiences est toujours possible mais est généralement limitée (Kwakkel et al., 2004).

Barak et Duncan (2006) ont publié un article où ils ont présenté sous forme de graphique l'évolution de l'indépendance fonctionnelle mesurée par l'Indice de Barthel (IB) en fonction du temps chez des patients AVC de différents niveaux de gravité. Il a été adapté à partir de données non publiées de « Kansas City Stroke Study (1995 à 1999) » (Figure 2).

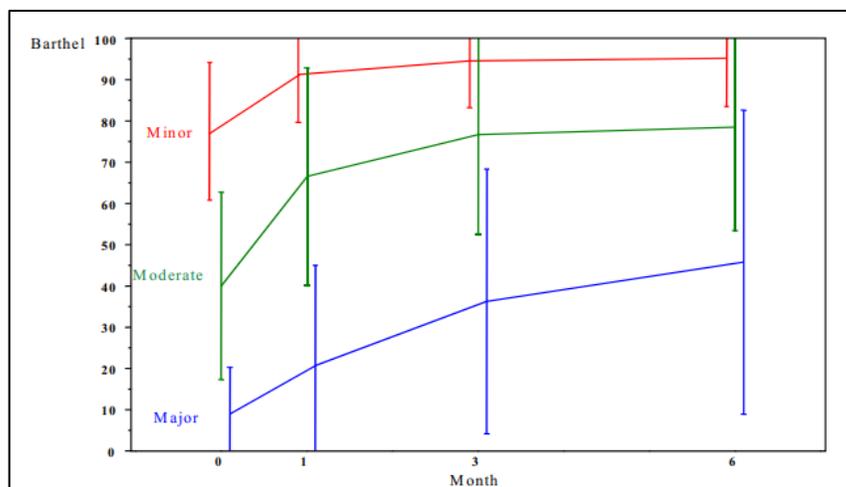


Figure 2 : Evolution de l'indépendance fonctionnelle mesurée par l'Indice de Barthel (IB) en fonction du temps chez des patients AVC de différents niveaux de gravité (Barack et Duncan, 2006)

L'IB est une échelle d'évaluation de l'autonomie fonctionnelle qui mesure la capacité de base du sujet à effectuer les activités de la vie quotidienne. C'est un score qui est compris entre 0 et 100. Plus le score est haut, meilleur est le degré d'indépendance fonctionnelle (Partenariat Canadien pour le rétablissement de l'AVC, s. d.). Sur le graphique de Barak et Duncan, le score de Barthel montre une augmentation importante les 3 premiers mois et se poursuivant plus lentement jusqu'à 6 mois, quel que soit le niveau de gravité de

l'AVC. En revanche, l'évolution est beaucoup plus limitée en phase chronique qui correspond à une période supérieure à 6 mois après un AVC (Figure 2).

#### 1.4) Symptômes de l'AVC

Compte tenu de l'urgence médicale que constitue un AVC, il est important d'en connaître les symptômes. Ceux-ci sont différents et varient selon la région du cerveau touchée et la gravité de l'atteinte. Le plus courant est la faiblesse subite ou la perte de la sensibilité de la face ou d'un membre, la plupart du temps d'un seul côté du corps. Cette paralysie est appelée hémiplégie quand elle concerne la moitié du corps (OMS, s. d.).

D'autres symptômes peuvent être présents, notamment : la confusion mentale ; la difficulté à parler, soit en raison d'une difficulté à articuler (dysarthrie) et/ou à trouver ses mots, soit en raison de l'utilisation de mots inintelligibles et/ou des troubles de la compréhension (aphasie) ; la baisse ou perte de la vision unilatérale (cécité unilatérale) ou de la moitié du champ visuel pour chaque œil (hémianopsie) ou une vue double (diplopie) ; des céphalées sévères inhabituelles ; l'évanouissement ou l'inconscience pouvant aller jusqu'au coma ; la difficulté à marcher ; la perte de l'équilibre et de la coordination des membres (Inserm, s. d.; OMS, s. d.).

Comme évoqué précédemment, les troubles sensitivo-motrices sont les conséquences les plus courantes de l'AVC à prendre en charge dans la rééducation de cette pathologie. En effet, ces troubles se traduisent par des déficits importants, tels qu'un trouble de la fonction de la marche survenant chez la plupart des survivants AVC (Li et al., 2019), mais aussi une perte d'équilibre. De plus, 43 à 70% des patients AVC chutes au cours de la première année (Weerdesteyn et al., 2008) et la plupart de ces chutes surviennent en raison d'une perte d'équilibre lors de la marche (Hyndman et al., 2002). Lorsque la fonction de la marche est altérée, cela conduit à une importante incapacité fonctionnelle. De plus, le trouble de marche est le handicap le plus courant qui oriente les patients hospitalisés vers une rééducation (Dobkin, 2005) et leur objectif principal est l'amélioration de la marche (Jørgensen et al., 1995).

## 2) Marche

Chez l'homme, la locomotion bipède est une tâche motrice où le système de contrôle postural doit supporter le poids du corps, fournir une stabilité antéro-postérieure, latérale et maintenir une progression vers l'avant. Un contrôle de l'équilibre permet également d'éviter les chutes (Beyaert et al., 2015).

Selon Olney et Richards (1996), la capacité de déambulation est généralement associée à la réalisation de quatre tâches connexes : le maintien de l'équilibre du tronc, des bras et de la tête sur les deux axes des membres inférieurs ; le maintien de l'équilibre et de la stabilité pendant la phase d'appui du cycle de la marche ; le dégagement du pied oscillant pendant la phase d'oscillation du cycle de la marche ; l'apport d'énergie suffisante au corps pour assurer une progression vers l'avant, de préférence en utilisant des mesures de conservation d'énergie (Olney & Richards, 1996). C'est une tâche souvent acquise pour les individus en bonne santé mais peut présenter des perturbations pour un système de mouvement altéré par une maladie, une blessure ou des processus pathologiques (Woolley, 2001).

### 2.1) Cycle de marche normal

Le cycle de marche normal est défini comme la séquence temporelle des événements qui commence par le contact initial du talon au sol d'un des deux membres inférieurs et se terminant à nouveau par le contact du talon au sol du même membre. Il est divisé en deux phases principales qui se suivent : la phase d'appui et la phase d'oscillation (Sheffler & Chae, 2015).

La figure 3 illustre les principales phases du cycle de marche, 0% correspondant à la pose du talon au sol et 100% correspondant à la pose suivante du même talon. La phase d'appui est définie comme la période pendant laquelle le membre inférieur ipsilatéral est en contact direct avec le sol et représente environ 60% du cycle de marche. Elle est divisée en plusieurs périodes : (1) l'attaque du talon (contact initial), (2) le déplacement du poids du talon vers l'avant sur un pied plat (milieu d'appui), (3) le déplacement du poids du pied plat à l'avant pied (fin d'appui), (4) le décollement du talon (pré-oscillation). Quant

à la phase d'oscillation, elle est définie comme la période pendant laquelle le membre inférieur ipsilatéral est en l'air, c'est-à-dire qu'il ne supporte pas de poids et représente environ 40% du cycle de marche. Elle est divisée en trois périodes qui se suivent : (1) le début d'oscillation (immédiatement après le décollement des orteils), (2) le milieu d'oscillation, (3) la fin d'oscillation (se termine avec le contact du pied au sol par le talon). La durée de chaque phase du cycle de marche a une relation inverse avec la vitesse de marche. Lorsque la vitesse de marche augmente, les durées des phases d'appui et d'oscillation diminuent (Olivier, 2008; Sheffler & Chae, 2015) .

Le cycle de marche est également caractérisé par une alternance de phase de simple appui et de phase de double appui. Lors de la phase de simple appui, un seul membre inférieur est en contact avec le sol, tandis que les deux membres inférieurs sont simultanément en contact avec le sol lors de la phase de double appui. Pendant la marche normale, chaque membre inférieur passe environ 80% du cycle de marche en simple appui et 20% du cycle de marche en double appui. Le premier double appui se produit lorsque le talon du membre ipsilatéral est au sol en même temps que les orteils du membre controlatéral (début du cycle de marche ipsilatéral). Le second double appui se produit lorsque les orteils du membre ipsilatéral sont au sol en même temps que le talon du membre controlatéral (milieu du cycle de marche) (Olivier, 2008; Sheffler & Chae, 2015).

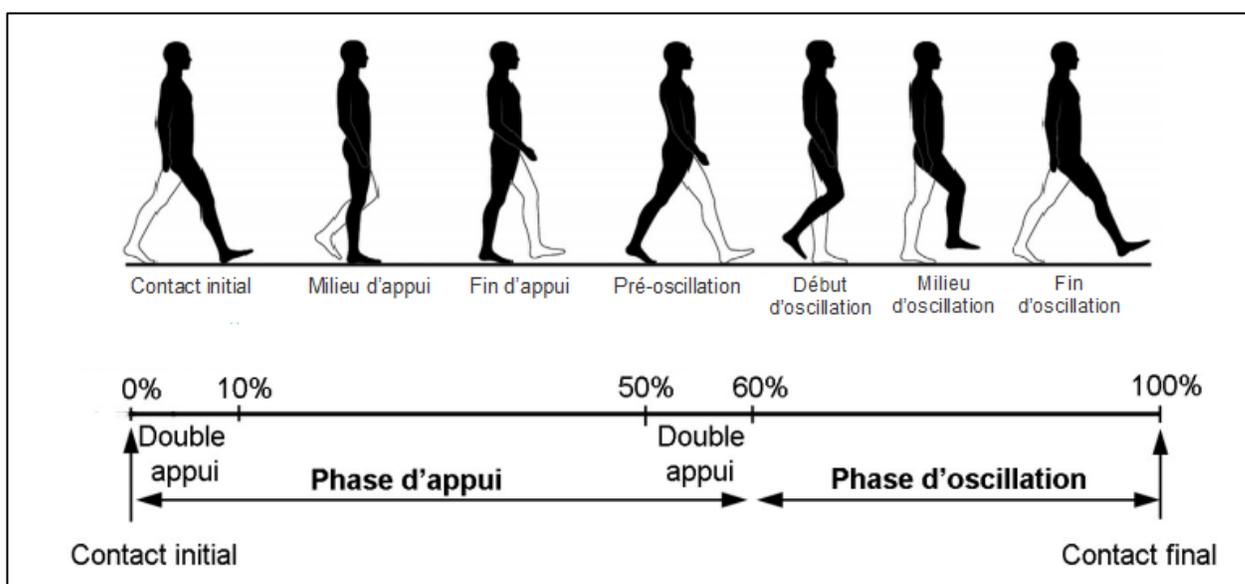


Figure 3 : Les principales phases du cycle de marche (adaptée de Sheffler et Chae (2015))

## 2.2) Marche post-AVC

Les patients post-AVC qui sont capable de marcher, présentent des modèles de marche souvent différents de ceux observés chez les personnes en bonne santé. On remarque également la présence d'un risque important de chute (Balaban & Tok, 2014). Pour caractériser la nature et le degré de ses dysfonctionnements, nous allons décrire les paramètres spatio-temporels, la cinématique et la cinétique de la démarche post-AVC par rapport à ceux des personnes en bonne santé.

### ❖ Paramètres spatio-temporels

Après un AVC, différents paramètres spatio-temporels de la marche sont modifiés. La vitesse de marche réduite est le signe caractéristique de la démarche post-AVC. La longueur de foulée correspond à la distance pour effectuer un cycle de marche. La longueur du pas correspond à la distance entre le contact du talon ipsilatéral et le contact du talon controlatéral. La cadence correspond au nombre de pas par unité de temps (minute) (Sheffler & Chae, 2015). On retrouve une diminution de la longueur de la foulée, une diminution de la longueur du pas du membre parétique mais aussi une diminution de la cadence de marche (Allet et al., 2009; Beyaert et al., 2015). Le temps d'appui du côté non atteint est plus long que le temps d'appui du côté hémiplegique qui s'est réduit. A contrario, le temps du double appui ainsi que la durée d'oscillation du membre parétique sont eux augmentés (Allet et al., 2009; Pélissier et al., 1997; Sheffler & Chae, 2015) Le résumé de ces paramètres se trouve dans le tableau ci-dessous (Tableau I).

Tableau I : Paramètres spatio-temporels des patients post-AVC

Vitesse de marche	Diminué
Longueur de la foulée	Diminué
Longueur du pas du membre parétique	Diminué
Cadence	Diminué
Temps d'appui côté non atteint	Augmenté
Temps d'appui côté parétique	Diminué
Temps de double appui	Augmenté
Durée d'oscillation du membre parétique	Augmenté

## ❖ Paramètres cinématiques

La cinématique articulaire fait référence aux variables qui décrivent le mouvement spatial entre les différents segments du corps, comme l'angulation articulaire mesurée en degrés (Balaban & Tok, 2014). Elle présente des différences chez les patients post-AVC à la fois durant la phase d'appui et durant la phase d'oscillation de la marche par rapport à la personne en bonne santé. De plus, une grande variabilité interindividuelle est également retrouvée chez ses patients (Woolley, 2001) .

Pendant la phase d'appui, la diminution de l'extension de hanche du côté parétique est une perturbation cinématique fréquemment rapportée. On peut également retrouver une diminution de la flexion de hanche. Pour l'articulation du genou, trois types de schémas ont été rapportés : une augmentation de la flexion du genou, une réduction de la flexion du genou suivi d'une hyperextension, ou une extension excessive du genou. D'autres perturbations courantes comme une diminution de la flexion plantaire de la cheville sont également présentes (Balaban & Tok, 2014). Le résumé de ces paramètres se trouve dans le tableau ci-dessous (Tableau II).

Tableau II : Paramètres cinématiques des patients post-AVC en phase d'appui

<b>Hanche</b>	
Extension	Diminué
Flexion	Diminué
<b>Genou</b>	
Flexion	Augmenté ou Diminué
Extension	Augmenté
<b>Cheville</b>	
Flexion plantaire	Diminué

Pendant la phase d'oscillation, la flexion de hanche est nécessaire pour faire avancer le membre oscillant sur une longueur de pas correct. Or, elle est souvent diminuée chez les patients post-AVC. Deux types de schémas de l'articulation du genou sont retrouvés. Une diminution de la flexion du genou pendant la phase d'oscillation est parmi les troubles les plus couramment rencontrés. Le deuxième schéma possible est une diminution de

l'extension du genou avant l'attaque du talon au sol. Une autre perturbation cinématique de cette phase est la diminution de la flexion dorsale de la cheville (Balaban & Tok, 2014). Le résumé de ces paramètres se trouve dans le tableau ci-dessous (Tableau III).

Tableau III : Paramètres cinématiques des patients post-AVC en phase d'oscillation

<b>Hanche</b>	
Flexion	Diminué
<b>Genou</b>	
Flexion	Diminué
Extension	Diminué
<b>Cheville</b>	
Flexion dorsale	Diminué

#### ❖ Paramètres cinétiques

Les paramètres spatio-temporels et la cinématique de la marche sont les conséquences directes des variables de la cinétique et des moments de forces générés au niveau des articulations. Elle comprend trois variables : les forces de réactions au sol, les moments et les puissances conjointes (Balaban & Tok, 2014; Woolley, 2001). La composante verticale de la force de réaction au sol est diminuée. On retrouve également une asymétrie de puissance mécanique. Le membre non parétique produit une puissance nettement plus élevée par rapport au membre parétique, et cela quel que soit la phase de la marche (Beyaert et al., 2015; Woolley, 2001).

La marche chez les personnes en bonne santé a tendance à être symétrique à la fois spatialement et temporellement (Patterson et al., 2008). De tels changements dans tous ses paramètres donnent un schéma de marche asymétrique typique chez le patient post-AVC (Allet et al., 2009; Li et al., 2019; Mayer, 2002). La combinaison de ces facteurs, associée à la peur de tomber et au manque de confiance, a des répercussions sur le déplacement de ces patients dans la communauté, mais aussi sur la participation aux activités sociales (Allet et al., 2009). De plus, ces asymétries peuvent être responsable

de douleurs, de lésions articulaires, mais aussi d'une augmentation des dépenses énergétique. Ainsi, il est important en rééducation post-AVC de retrouver un schéma de marche le plus symétrique possible afin de redonner une mobilité indépendante aux patients (Beauchamp et al., 2009).

### 2.3) Test de 10 mètres

Le 10 mètres (10m) est un outil clinique fiable un des plus utilisés pour mesurer la vitesse de marche d'un individu. Il a été recommandé comme mesure des résultats de réadaptations après un AVC. Le test consiste à mesurer le temps nécessaire pour parcourir 10 mètres à vitesse confortable. Le parcours débute à 0 mètre et se termine à 10 mètres. Deux mètres supplémentaires sont rajoutés au début et à la fin du parcours pour permettre l'accélération et la décélération. L'évaluateur marche à côté du patient et débute le chronomètre lorsque celui-ci a franchi la ligne de départ et arrête le test lorsque qu'il a franchi la ligne d'arrivée. Les deux premiers et les deux derniers mètres ne sont pas comptabilisés dans le score. Le patient a la possibilité d'utiliser une aide à la marche lors du test (Collen et al., 1990; Salbach et al., 2001). La fiabilité inter-juges et intra-juges du 10 mètres test est excellente et possède une fiabilité test-retest élevée (Collen et al., 1990).

### 2.4) Test de 6 minutes

Le 6 minutes (6min) est un test de marche fonctionnel qui permet d'évaluer la distance de marche parcouru par un individu en six minutes. Ce test est largement utilisé chez les personnes présentant un AVC. Le parcours de marche se fait sur une ligne droite d'une longueur de 30 mètres délimitée par deux cônes. Le patient est invité à marcher six minutes en faisant des allers retours entre les cônes. (Eng et al., 2004; Hamidzadeh et Zeltzer, s. d.; Kubo et al., 2020).

L'American Thoracic Society (ATS) a mis en place des lignes directrices concernant le test de marche de 6 min. L'objectif de ce test est de marcher le plus loin possible durant six minutes. L'individu doit faire des allés et retours dans le couloir durant 6 minutes et a

le droit de ralentir et de se reposer, si cela est nécessaire. Le test continue et l'individu doit recommencer à marcher dès qu'il en est capable. (American Thoracic Society, 2002) ». Ce test possède une excellente fiabilité inter-juges et intra-juges (Kosak et Smith, 2005).

### 3) Equilibre

#### 3.1) Equilibre post-AVC

Outre les troubles de la marche, la perte de l'équilibre lors de la marche est un phénomène courant après un AVC. Près de 70% des patients vivant à domicile déclarent être tombés dans l'année suivant leur AVC (Beyaert et al., 2015) et la plupart des chutes sont dues à des pertes d'équilibres lors de la marche. De plus, la chute est l'une des complications la plus fréquente qu'on retrouve chez les patients victimes d'un AVC (Nyberg et Gustafson, 1995).

L'équilibre peut être décrit en trois aspects ; l'équilibre statique, la symétrie et l'équilibre dynamique. L'équilibre statique représente la capacité de maintenir une posture donnée avec un minimum de balancement. Le terme symétrie est utilisé pour décrire la répartition égale de poids entre les membres. Tandis que la stabilité dynamique représente la capacité de bouger dans une posture donnée sans perte d'équilibre. Toutes ses composantes se sont avérées être perturbées après un AVC. Les tests d'équilibres effectués chez ces patients ont révélés un plus grand balancement postural en position statique, une asymétrie de la répartition de poids avec un poids plus important sur le membre non parétique et une diminution de la capacité à bouger lors d'une mise en charge sans perte d'équilibre (Nichols, 1997).

Les causes de troubles d'équilibre chez le patient AVC peuvent être multiples. La limitation du mouvement des articulations, la faiblesse musculaire, l'altération du tonus musculaire, les déficits sensoriels, les réactions posturales anormales et les problèmes cognitifs sont quelques exemples (Smania et al., 2008). Ces déficiences sont similaires aux déficiences causant des troubles de marche. Lewek et al. (2014) ont démontré qu'il y avait une relation significative entre l'asymétrie des paramètres spatio-temporelles de la marche et l'équilibre lors des tâches dynamiques. En effet, le contrôle d'équilibre altéré chez les patients présentant un AVC est un facteur contributif à l'asymétrie de la marche.

Le membre parétique contribue moins au contrôle de l'équilibre debout que le membre non parétique. L'une des nombreuses stratégies potentielles pour compenser le contrôle limité de l'équilibre pendant la marche est de réduire le temps passé en appui unipodal sur le membre parétique, ce qui mène à une asymétrie temporelle de la démarche entre les membres. (Hendrickson et al., 2014). Tous ces facteurs peuvent être responsable de pertes d'équilibres chez les patients post-AVC et peut ainsi entraîner des difficultés lors de l'exécution des activités de la vie quotidienne en particulier lors de la marche.

### 3.2) « Timed Up and Go »

Le « Timed Up and Go » (TUG) est une mesure simple, rapide, et largement utilisée, basée sur les performances cliniques des membres inférieurs, de la mobilité et du risque de chute. Les sujets sont invités à se lever d'une position assise, de marcher sur une distance de 3 mètres et de revenir à la position de départ. Des aides à la marche sont autorisées pendant le test cependant les bras ne doivent pas être utilisés pour se lever. Le temps nécessaire pour réaliser le test est chronométré. Le test débute au signal de départ et se termine quand le sujet est complètement assis sur la chaise (Herman et al., 2011; Podsiadlo et Richardson, 1991) (Illustration du TUG en Annexe I). Les scores sont divisés en trois catégories : <10 secondes représente une indépendance complète, 10 à 20 secondes représente une indépendance pour les principaux transferts et >30 secondes représente une dépendance dans la plupart des activités (Zeltzer et Zaino, 2008). De plus, un score TUG supérieur à 14 secondes présentent un risque élevé de chutes (Shumway-Cook et al., 2000). Nous retrouvons une excellente fiabilité intra-juges ainsi qu'inter-juges pour le TUG. Il possède également une fiabilité test-retest élevée (Podsiadlo & Richardson, 1991).

### 3.3) « Berg Balance Scale »

La « Berg Balance Scale » (BBS) est une échelle d'évaluation de l'équilibre quantitative des personnes âgées et des patients présentant un AVC. Elle permet d'évaluer à la fois l'équilibre statique et l'équilibre dynamique mais aussi le risque de chute. Les sujets sont amenés à maintenir des positions de difficultés variables et à effectuer des tâches

spécifiques telles que se lever d'une chaise. Elle comprend au total 14 épreuves différentes qui sont notées de 0 (représentant une incapacité à terminer la tâche) à 4 (représentant l'achèvement indépendant des items) points, 56 étant le score maximum pouvant être obtenu (Echelle de Berg en Annexe II). L'évaluateur doit disposer d'une chaise, d'un chronomètre, d'un tabouret et d'une règle. Son application dure environ 10 à 15 minutes. Les scores sont divisés en trois catégories : 41 à 56 points représente un bon équilibre (risque faible de chute), 21 à 40 points représente un équilibre acceptable (risque modéré de chutes) et 0 à 20 points représente un trouble de l'équilibre (risque élevé de chutes). Plus le score est faible et plus le risque de chute augmente (Berg et al., 1995; Sahin et al., 2019; Zeltzer & McDermott, 2010). De plus, la BBS possède une fiabilité inter-juges et intra-juges excellente (Berg et al., 1995).

#### 4) Dispositif de robot à la marche

L'AVC est une pathologie pouvant entraîner des déficits importants chez les patients et nécessite donc d'être prise en charge précocement de manière continue et intensive. Par conséquent l'application de technique de rééducation intensives et efficace est un besoin urgent après l'AVC (Cho et al., 2018). La rééducation à la marche après un AVC nécessite ce type d'entraînement. L'entraînement à la marche assistée par robot (RAGT) permet de fournir une thérapie intensive axée sur des tâches répétées (Mehrholz et al., 2017). On distingue deux grands types de robots : les dispositifs électromécanique type effecteurs terminaux et l'orthèse d'exosquelette entraînée par un robot (Hesse et al., 2010).

##### 4.1) Exosquelette sur tapis roulant

Aujourd'hui, différents équipements de rééducation robotisée peuvent être utilisés pour les personnes ayant subi un AVC, en vue d'accompagner leurs parcours rééducatifs. Globalement, nous pouvons distinguer deux grands types de robot avec orthèse d'exosquelette : le robot de marche comprenant une assistance robotisée sur tapis roulant (Figure 4) et le robot de marche type exosquelette portatif (Figure 5).



Figure 4 : Robot de marche sur tapis roulant (Médimex)



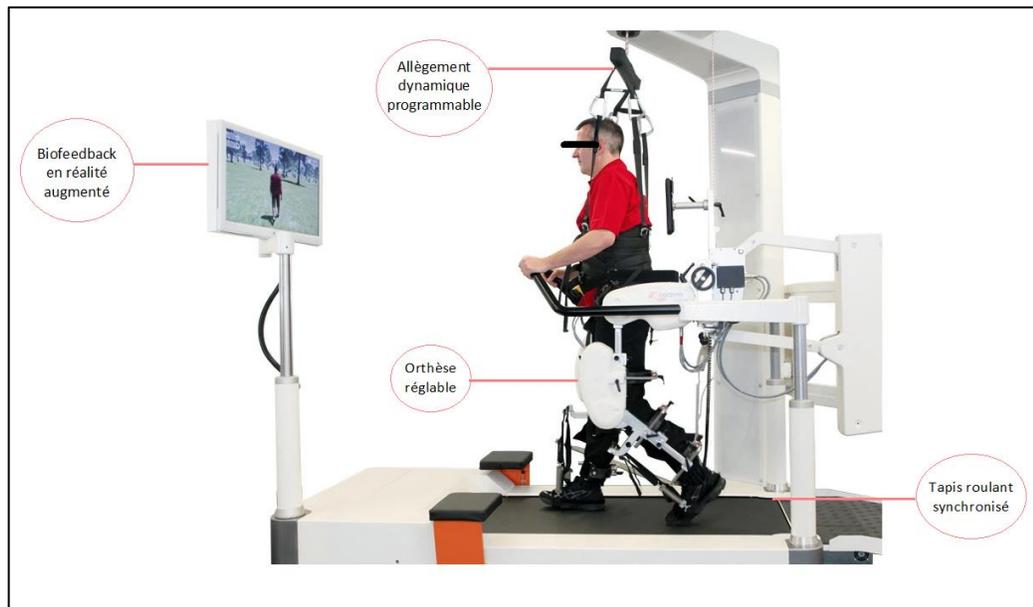
Figure 5 : Exosquelette portatif (Médimex)

Le but est d'offrir une assistance adaptée aux capacités du patients afin d'améliorer la marche (Médimex, s. d.-b). C'est une thérapie récente qui peut être programmé de manière individualisée. Il permet la réalisation de mouvements passifs ou volontaires des membres parétiques soit en assistant le mouvement, soit en produisant une résistance. Toutefois, il ne remplace pas la marche volontaire (Fasoli et al., 2011; Théapiemiroir.com, 2016).

Le Lokomat® (Figure 6) est une assistance de membres inférieurs électro-mécanisé qui dispose des capacités les plus avancées en matière de thérapie locomotrice robotisée. Il est équipé d'une orthèse de marche sur tapis roulant et possède un feedback stimulant pour le patient. Il dispose de plusieurs caractéristiques ; premièrement, les jambes du patients vont être guidées par le dispositif robotique selon un schéma de marche préprogrammé qui déplacent les genoux et les hanches pendant la phase d'oscillations sur un tapis de marche (Hesse et al., 2010) ; deuxièmement, il va permettre d'alterner les phases de charge et de décharge au cours des cycles de marche physiologique tout en activant les processus de plasticité (Médimex, s. d.-a).

Il est également possible de combiner un entraînement par assistance robotisée avec un dispositif de support de poids. Ce dispositif permet un entraînement de la marche en décharge pour les patients présentant des troubles de la démarche. Le patient est

positionné en suspension partielle ou totale pour lui permettre d'effectuer des gestes dirigés sans la contrainte de la pesanteur. Les niveaux de décharge et la vitesse de marche sur tapis roulant peuvent être réglés en fonction du délai post-AVC mais aussi des capacités fonctionnelles de déambulation de la personne (Théapiemiroir.com, 2016).



#### 4.2) Avantages et limites du RAGT

Plusieurs avantages ont été notés à l'utilisation de ces dispositifs robotiques chez les patients. D'une part, ils permettent de réaliser une rééducation intensive, répétée et axée sur des tâches pour les personnes souffrant de troubles moteurs légers à sévères après une lésion neurologique (Fasoli et al., 2011; Théapiemiroir.com, 2016). Ils offrent également une assistance ou une résistance contrôlable avec précision pendant les mouvements. Les mesures de la performance du patient sont quantifiable d'une séance à l'autre (Belda-Lois et al., 2011; Hidler et al., 2005). De plus, grâce au feedback visuel qu'ils produisent, nous retrouvons une augmentation de la motivation du patient lors des séances (Belda-Lois et al., 2011).

Tedla et al. (2019) notent également plusieurs avantages possibles à son utilisation : les patients peuvent effectuer plus de pas lors de la marche ; la démarche symétrique est

facilitée ; la symétrie de la longueur du pas du membre parétique est meilleure. De plus, le RAGT offre la possibilité de s'entraîner à des vitesses plus rapides ainsi qu'à des durées d'entraînement plus élevées par rapport à la rééducation conventionnelle, ce qui peut particulièrement améliorer les fonctions cardiovasculaires. Ils rapportent également que le RAGT réduit potentiellement les complications de l'immobilisation. De plus, il induit une cinématique articulaire optimale pendant la marche. Toutes ces améliorations sont possibles grâce aux ajustements du poids corporel, du contrôle de la vitesse de marche et des forces de guidage appliquées au côté parétique (Tedla et al., 2019).

Cependant, certains auteurs rapportent également des inconvénients à l'utilisation du RAGT. Il est possible que ces dispositifs de robot produisent des problèmes cutanés dus aux forces excessives appliquées au niveau des attaches des sangles aux membres inférieurs. L'intensité et la durée accrue de son utilisation peut également être responsable de fatigue chez le patient (Kelley et al., 2013). De plus, il a été rapporté que le RAGT produit des restrictions au niveau du bassin dans le plan sagittal ce qui induit potentiellement des limitations de mouvement au niveau du bassin qui peuvent être responsable de l'absence d'amélioration (Hidler et al., 2009).

## 5) Problématique

L'AVC est une priorité de santé publique. En France, 140 000 nouveaux cas sont dénombrés chaque année, soit un toutes les quatre minutes. Ils représentent la première cause de handicap physique acquis de l'adulte, la deuxième cause de démence (après la maladie d'Alzheimer) et la deuxième cause de mortalité (Inserm, s. d.). On sait également que 500 000 Français vivent avec des séquelles d'un AVC (Fondation pour la Recherche Médicale, s. d.). Ces victimes conservent dans 40% des cas des séquelles de gravité diverses et dans 25% des séquelles lourdes après un an (HAS, 2019). L'Agence Technique de l'Information sur l'hospitalisation (ATIF) a rapporté qu'environ 121 000 patients ont été hospitalisés pour prise en charge d'un AVC en 2018 (ATIH, 2019). L'âge moyen de survenue d'un AVC est de 74 ans. Mais on sait également que 25% des patients ont moins de 65 ans et 10% moins de 45 ans. C'est donc une pathologie qui peut survenir à tout âge (Inserm, s. d.). Tous ces chiffres nous montrent bien que l'AVC est

une priorité sanitaire car d'une part elle touche un grand nombre de personnes de tout âge et d'autre part beaucoup d'entre eux gardent des séquelles plus ou moins grave.

Sur le plan clinique, 75% des personnes présente un déficit de la commande motrice entraînant une hémiplégie ou une hémiparésie du membre inférieur (France AVC, s. d.) et provoquant potentiellement des troubles majeurs de la fonction de l'équilibre et de la marche. En effet, ces troubles sont associés à une diminution de la mobilité fonctionnelle des patients et impactent grandement les activités de la vie quotidienne. Par conséquent, la récupération de la fonction de marche et de l'équilibre sont des objectifs importants de la rééducation en kinésithérapie.

Les interventions visant à améliorer la fonction de la marche et de l'équilibre nécessitent un entraînement précoce à des tâches répétitives de haute intensité. La rééducation à la marche assistée par robot est capable de fournir ce type de thérapie. Des études précédentes ont démontré que l'utilisation du RAGT peut améliorer la mobilité fonctionnelle des membres inférieurs, la réalisation de certains transferts et corriger des patterns de marche pathologique. Toutefois, d'autres études ne rapportent pas des effets supérieurs à une prise en charge standard notamment concernant la récupération de la marche. D'autres travaux rapportent également même que l'utilisation du RAGT appliqué seul au stade précoce de la maladie serait moins efficace sur la vitesse de marche que la prise en charge usuel en kinésithérapie. Enfin, une méta-analyse de 2014 rapporte que bien que le RAGT puisse avoir un effet sur l'équilibre, sa supériorité reste à démontrer (Swinnen et al., 2014). A l'heure actuelle, l'intérêt de l'utilisation du RAGT sur l'équilibre et la marche reste donc à déterminer. De plus, les effets à distance de la thérapie RAGT n'ont jamais été évalué. Or, la persistance des effets cliniques du RAGT à long-terme est un enjeu crucial pour justifier son implémentation. Les éléments cliniques important tel que le délai post-AVC ou le déficit initial de la motricité du membre inférieur peuvent également avoir une influence sur la récupération des fonctions de la marche et de l'équilibre avec ce type de thérapie.

C'est pourquoi, ma revue a pour but de synthétiser les études récentes et de déterminer si le RAGT en combinaison ou non avec une kinésithérapie standard est plus efficace sur la récupération à la marche et l'équilibre chez les patients post-AVC.

Ma question de recherche sera donc la suivante : "Quelle est l'efficacité de l'entraînement à la marche assistée par robot sur l'équilibre et la marche post accident vasculaire cérébral comparativement à une prise en charge conventionnelle ?".

### **III. Méthode**

Cette étude est une revue systématique de la littérature. Elle a été inspirée des directives de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009).

#### 1) Critères d'éligibilité des articles

##### 1.1) Critères d'inclusion

#### **- Type d'étude**

- I. Nous avons inclus uniquement les essais contrôlés randomisés (ECR)

#### **- Population**

- I. AVC ischémique ou hémorragique.
- II. Patient post-AVC en phase aigüe, subaigüe ou chronique.
- III. Patient de 18 ans et plus.
- IV. Patients atteints d'un déficit moteur du membre inférieur survenant à la suite d'un AVC (atteinte légère, modérée ou sévère).

## **- Intervention**

- I. Nous avons inclus les interventions avec un réentraînement à la marche assistée par robot sur tapis roulant, avec ou sans support du poids corporel (RAGT). L'intervention peut être réalisée seule ou combinée à une thérapie conventionnelle. Le RAGT est défini comme une rééducation où les membres inférieurs du patient sont guidés par un dispositif robotique selon un schéma de marche préprogrammé sur un tapis roulant. En plus de ces fonctions, certains RAGT possèdent un feedback stimulant pour le patient. Nous avons décidé, pour notre revue, que la réalité virtuelle est un feedback stimulant et que la combinaison avec le RAGT peut accroître son efficacité. Nous avons exclu tout autres types d'interventions combinées au RAGT comme le RAGT couplé à la stimulation transcrânienne ou encore à un traitement d'injection de toxine botulique. Le réentraînement à la marche assistée par robot de technologie « Effecteur terminal » et les exosquelettes portatifs sont également exclus.

## **- Comparaison**

- I. Le groupe contrôle reçoit une thérapie de réadaptation conventionnelle. Les exercices de kinésithérapie classique, les exercices de préparation à la marche au sol ou sur tapis roulant sont considérés comme des traitements conventionnels dû à leurs utilisations très courantes par les cliniciens en rééducation neurologique, notamment chez les patients post-AVC.

## **- Critères de jugements**

Chaque patient a été soumis à une batterie d'évaluations comprenant le critère de jugement principal et le critère de jugement secondaire.

- I. Le critère de jugement principal comprend les capacités à la marche mesurée soit par le test de 10 mètres, soit par le test de 6 minutes. Le 10m mesure la vitesse de marche et est exprimé soit en seconde (sec.) soit en mètre par seconde (m/s). Le

6min mesure la distance de marche parcouru et l'endurance et est exprimé en mètre. Un score élevé du 10m (m/s) et du 6min et un score bas du 10m (sec.) correspond à une meilleure capacité à la marche.

- II. Le critère de jugement secondaire est l'équilibre mesuré soit par l'échelle de Berg soit par le Timed up and go. Le BBS mesure l'équilibre statique et dynamique et est exprimé en valeur absolue (V.A.). Le TUG mesure l'équilibre dynamique et est exprimé soit en seconde (sec.) soit en mètre par secondes (m/s). Un score élevé de BBS et de TUG (m/s) et un score bas du TUG (sec.) correspond à un meilleur équilibre.
- III. Nous avons inclus les articles qui étudient soit la marche, soit l'équilibre, soit les deux en même temps.
- IV. Nous avons fait figurer les mesures pré-test, post-test, les intervalles de changements mais aussi les suivis. Lorsque plusieurs suivis ont été réalisés, uniquement le dernier a été reporté.

## 1.2) Critères d'exclusion

- Essais non contrôlé et non randomisé. Nous avons exclu les études observationnelles, les séries de cas, les études croisées et les revues systématiques.
- Patients ne présentant pas la pathologie d'AVC.
- Etudes ne portant pas sur des humains.
- Patients présentant d'autres pathologies associées que l'accident vasculaire cérébral. Nous avons exclu également les patients post-AVC qui présentent des symptômes cérébelleux avec une marche ataxique.
- Etudes ne concernant pas la marche ou l'équilibre ou les deux (critères de jugement autres que ceux présentés pour cette étude).
- Etudes comparant différents types de robots ou un même robot avec des paramètres différents ou des patients à des stades de la maladie différente.
- Etudes sur d'autres interventions combinées à la rééducation robotisée sur tapis roulant, à l'exception des soins habituels pour la récupération et l'amélioration de la capacité de marche après un accident vasculaire cérébral.

- Etudes incluant d’autres types de robots que les robots sur tapis roulant (exosquelette avec rééducation au sol par exemple ou type effecteur terminal) ou études ne portant pas sur les robots de marche.
- Articles non rédigés en langue anglaise ou française.
- Etudes pour lesquelles le texte intégral n’est pas disponible.
- Projets de recherche d’essais cliniques (non publiés à ce jours).

## 2) Stratégie de recherche bibliographique sur les bases de données

Une recherche électronique a été effectuée du 15 mai 2020 au 23 septembre 2020 sur les moteurs de recherche suivants : Pubmed, Cochrane Library et PEDro. Nous avons pris les articles sans limitation dans le temps. Les mots clés utilisés sont les suivants : « *accident vasculaire cérébral, robot, marche, équilibre* ». En anglais : « *stroke, robot-assisted gait training, gait, balance* ».

Nous avons ensuite déterminé pour chaque mot clés une combinaison de termes représenté dans le tableau ci-dessous (Tableau IV).

Tableau IV : Combinaison des termes en anglais

<b>Stroke</b>	<i>cerebrovascular accident, CVA, cerebral infarct, cerebral hemorrhage, hemiplegia, hemiparesis</i>
<b>Robot-assisted gait training</b>	<i>Lokomat®, RAGT, robotic rehabilitation, exoskeleton, robot</i>
<b>Gait</b>	<i>walking, walk, ambulation</i>
<b>Balance</b>	<i>equilibrium</i>

## - Pubmed :

Pour la base de données Pubmed, une recherche avancée a été réalisée. Nous avons tout d'abord combiné les synonymes de mots clés avec l'opérateur booléen « OR » et ainsi obtenu les équations suivantes :

- **Equation 1** : ((((((stroke) OR (cerebrovascular accident)) OR (CVA)) OR (cerebral infarct)) OR (cerebral hemorrhage)) OR (hemiplegia)) OR (hemiparesis). Total: 435 604 articles.
- **Equation 2** : (((gait) OR (walking)) OR (walk)) OR (ambulation). Total: 174 456 articles.
- **Equation 3** : (balance) OR (equilibrium). Total: 485 128 articles.
- **Equation 4** : (((((robot-assisted gait training) OR (lokomat)) OR (RAGT)) OR (robotic rehabilitation)) OR (exoskeleton)) OR (robot). Total: 60 485 articles.

Puis nous avons associés les quatre équations avec l'opérateur booléen "AND" pour obtenir l'algorithme de recherche suivante : (((((((((stroke) OR (cerebrovascular accident)) OR (CVA)) OR (cerebral infarct)) OR (cerebral hemorrhage)) OR (hemiplegia)) OR (hemiparesis)) AND (((gait) OR (walking)) OR (walk)) OR (ambulation))) AND ((balance) OR (equilibrium))) AND (((((robot assisted gait training) OR (lokomat)) OR (RAGT)) OR (robotic rehabilitation)) OR (exoskeleton)) OR (robot)). Un total de 159 articles a été obtenu.

## - PEDro :

Pour la base de données PEDro, une recherche simple a été réalisée. Nous avons utilisé la troncature « \* » pour le mot « robot » et ainsi obtenu l'équation de recherche suivante : *stroke gait balance robot\**. Un total de 28 articles a été obtenu.

## - Cochrane Library :

Pour la base de données Cochrane Library, une recherche avancée a été réalisée. Nous avons utilisé les mêmes équations de recherche que dans la base de données Pubmed tout en les associant aux opérateurs booléens AND et OR. Un total de 124 articles a été obtenu. Le détail des équations de recherche figure dans le tableau de l'annexe III.

### 3) Selection des études

A la suite des recherches effectuées, nous avons obtenu un nombre total d'articles que nous avons sélectionnés pour les intégrer à notre revue de littérature. Nous avons procédé étape par étape à la sélection d'articles en s'appuyant sur les lignes directrices de PRISMA. En premier, les doublons ont été éliminés. Puis dans un deuxième temps, une lecture des titres et des résumés d'article a permis d'exclure un certain nombre d'articles. Pour cela on s'est appuyé sur les critères d'exclusion : si l'article contient des critères d'exclusion on l'exclut, sinon on l'inclut. Nous avons fini par la lecture de l'intégralité des articles inclus dans l'étape précédente et avons procédé à la même analyse : si l'article contient des critères d'exclusion on l'exclut, sinon on l'inclut. Ce qui a conduit à une sélection finale des articles dans la revue de littérature.

### 4) Evaluation de la qualité méthodologique des études

L'échelle de PEDro (version française), propres aux essais cliniques randomisés, a été utilisée pour évaluer la qualité de nos études. Elle est composée de 11 critères. Les critères 2 à 9 évaluent la validité interne des études. Les critères 10 et 11 évaluent si les données statistiques sont rapportées de façon complète. Un critère supplémentaire qui est le premier élément de cette échelle est lié à la validité externe et s'ajoute à celle-ci pour prendre en compte toute la liste Delphi (HAS, 2012a; Le partenariat PEDro, s. d.).

Pour chaque critère, nous avons répondu par « oui » ou « non », « oui » correspondant à 1 point et « non » à 0 point. En fonction du nombre de « oui » obtenu, un score total compris entre 0 et 10 a été attribué pour chaque étude incluse. Le critère 1, qui concerne la validité externe, n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro (Annexe IV). Selon

le système de notation PEDro, la qualité des ECR a été jugée excellente (9 à 10 points), bonne (6 à 8 points), moyenne (4 à 5 points) ou mauvaise (<4 points).

A travers cette échelle, nous avons évalué la validité interne grâce aux biais de sélection (3 critères), de détection (3 critères) et d'attrition (2 critères), et la quantité d'informations statistiques suffisantes pour l'interprétation des résultats (2 critères).

#### 5) Extraction des données

Une fois que la sélection a été réalisé à partir de nos critères d'inclusions et d'exclusions, nous avons analysé les études incluses. L'extraction de données a été faite de façon identique pour chacun des articles retenus. Nous avons extrait, de façon détaillée, les caractéristiques de la population, les caractéristiques du protocole de rééducation et les effets de l'intervention sur les critères de jugements que nous avons rapportés sous forme de tableau.

Concernant les données de la population, les éléments que nous avons extraits sont d'une part les caractéristiques démographiques, telles que l'âge et le genre des participants. Puis nous avons répertorié les éléments cliniques tels que le type de l'AVC, le délai post-AVC, le côté parétique et la capacité à la marche initiale. Les tailles d'échantillon des études ont également été reportées.

Nous avons ensuite extrait les caractéristiques du protocole. La rééducation par robot de marche est une technique très hétérogène sur le plan clinique. Elle se différencie selon le type de robot utilisé mais aussi des paramètres et modalités d'applications. C'est pourquoi nous avons extraits les données concernant ces différents éléments tels que le type de robots utilisés, le type d'interventions réalisées ainsi que le nombre, la fréquence et la durée des sessions.

Pour finir, nous avons répertorié les données concernant les effets de l'intervention sur nos critères de jugements via les échelles décrites précédemment. Les résultats de la fonction de la marche ont été mesuré par le test de 10 mètres et le test de 6 minutes. Pour l'équilibre, l'échelle de Berg et le Timed up and go ont été utilisé. Pour ces deux critères de jugements, les résultats ont été répertoriés séparément. Nous avons fait

apparaître les mesures pré-test, post-test, mais aussi les intervalles de changement. Lorsque les intervalles de changement ( $\Delta$ ) n'ont pas été rapportés par les auteurs, nous les avons calculés en appliquant une soustraction de la valeur pré-test à la valeur post-test ( $\Delta = \text{post} - \text{pré}$ ). Pour le 6min, le BBS, le 10m exprimés en mètre par seconde et le TUG exprimé en seconde les valeurs positives à l'intervalle de changement correspondent à une amélioration clinique. En revanche, des valeurs négatives signifient une péjoration clinique. Pour le 10m et le TUG exprimés en seconde, la signification clinique est inversée.

Nous avons également rapporté les mesures de suivis. Afin d'obtenir les valeurs absolues au suivi, lorsqu'elles n'étaient pas disponibles, nous les avons calculés à partir de l'intervalle de changement ( $\Delta(\text{suivi})$ ) entre le suivi et la valeur en pré-test avec la formule suivante : ( $\text{Suivi} = \Delta(\text{suivi}) + \text{pré-test}$ ).

Le fait que ces échelles soient quantitatives nous a permis de rapporter les valeurs par leurs moyennes et leurs écarts types ou par leurs médianes et leurs interquartiles. Sur le plan statistique, nous avons fait apparaître les différences intergroupes en rapportant la valeur de P pour le post-test, l'intervalle de changement et/ou le suivi, mais aussi la taille de l'effet (effect size). Quand celle-ci n'a pas été donné, le d de Cohen a été calculé pour rapporter la taille de l'effet selon la formule mathématique suivante :

$$\text{Cohen's } d = M_1 - M_2 / \text{SD}_{\text{pooled}}$$
$$\text{où } \text{SD}_{\text{pooled}} = \sqrt{[(s_1^2 + s_2^2) / 2]}$$

- $M_1$  et  $M_2$  représentent la valeur moyenne des groupes 1 et 2
- $\text{SD}_{\text{pooled}}$  est un estimateur de l'écart-type mis en commun des deux groupes

#### **IV. Résultats**

##### 1) Résultats de recherche d'articles

Au total, 311 articles ont été sélectionnés sur la base des critères d'inclusions. Après élimination des doublons, ce nombre s'est réduit à 225. Une première sélection sur la base du titre et du résumé nous a permis d'exclure 195 articles et a réduit notre liste à 30.

Après lecture de l'intégralité du texte, 22 autres articles ont été exclus ce qui nous a amené à 8 articles à inclure dans notre revue systématique. Nous avons représenté le diagramme de flux en figure 7. Les articles inclus dans notre revue systématique sont représentés ci-dessous :

- Effects of innovative hip-knee-ankle interlimb coordinated robot training on ambulation, cardiopulmonary function, depression, and fall confidence in acute hemiplegia (Park et al., 2020)
- The effects of robotic and conventional gait training in addition to neurodevelopmental treatment on balance, mobility, and health-related quality of life in patients with stroke (Kayabinar et al., 2019)
- The effectiveness of a novel cable-driven gait trainer (Robowalk) combined with conventional physiotherapy compared to conventional physiotherapy alone following stroke: a randomised controlled trial (Stolz et al., 2019)
- The effects of robot-assisted gait training using virtual reality and auditory stimulation on balance and gait abilities in persons with stroke (Park et Chung, 2018)
- Effects of robot-assisted gait training on spatiotemporal gait parameters and balance in patients with chronic stroke: A randomized controlled pilot trial (Bang et Shin, 2016)
- Effects of innovative WALKBOT robotic-assisted locomotor training on balance and gait recovery in hemiparetic stroke: A prospective, randomized, experimenter blinded case control study with a four-week follow-up (Kim et al., 2015)
- Lokomat: A therapeutic chance for patients with chronic hemiplegia (Ucar et al., 2014)
- Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke (Hidler et al., 2009)

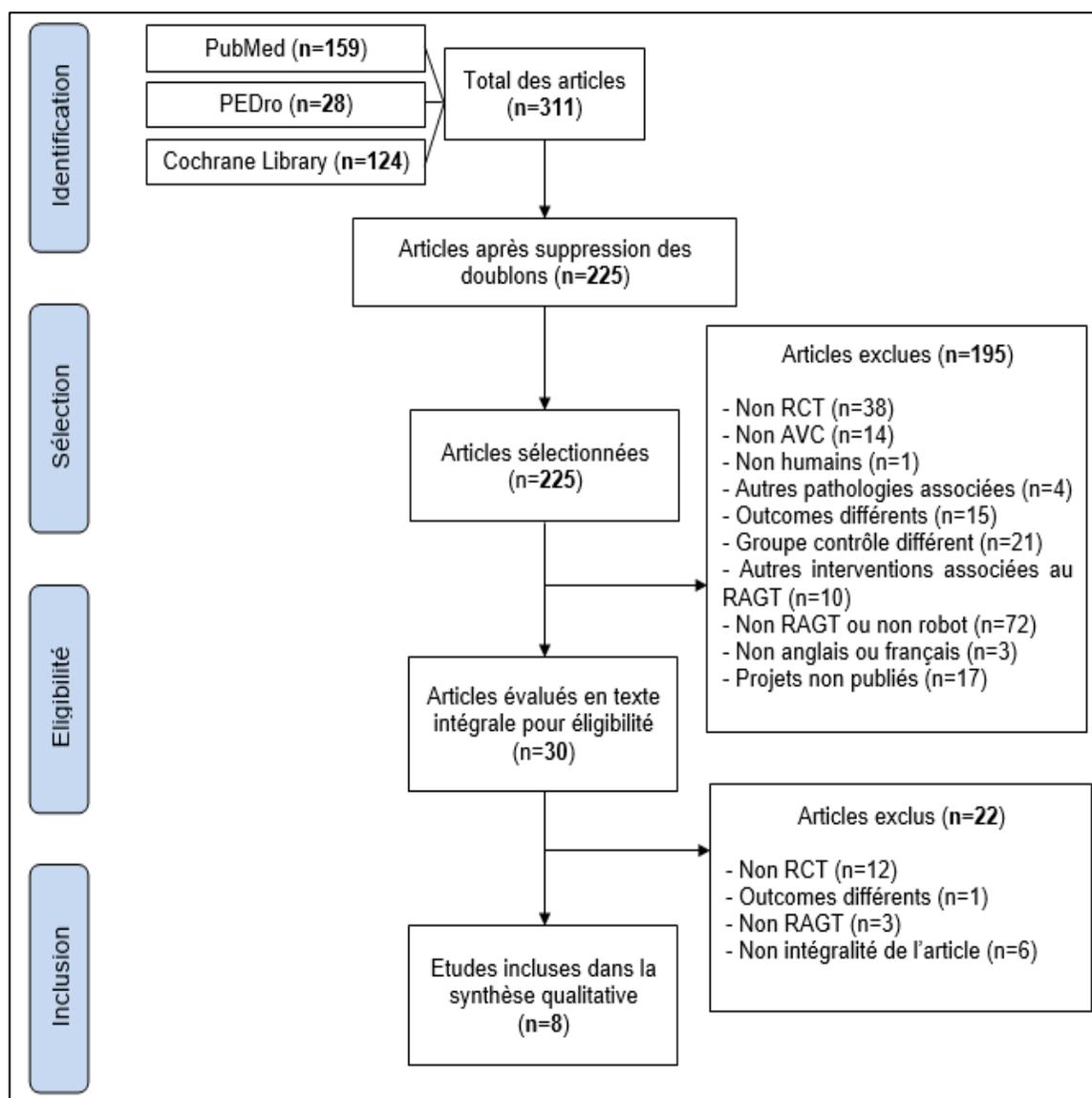


Figure 7 : Diagramme de flux

## 2) Descriptions des études

### 2.1) Généralités

Les études incluses dans notre revue systématique sont au nombre de huit. Concernant les dates de publication, ce sont des études relativement récentes avec des publications allant de 2009 à 2020 et avec une médiane de publication datant de 2017.

## 2.2) Caractéristiques de la population

Les populations de nos études incluses dans notre revue systématique regroupent au total 271 participants. 137 (51%) d'entre eux reçoivent la rééducation robotisée et les 134 (49%) autres sont inclus dans le groupe contrôle. La moyenne d'âge est d'environ 60 ans avec un minimum de 50 ans pour l'étude de Kim et al. (2015) et un maximum de 76 ans pour l'étude de Park et al. (2020). Sur les 271 participants, 178 (65%) sont des hommes et 94 (35%) sont des femmes. On note que pour l'étude de Park et al. (2020) un nombre surnuméraire dans le tableau des caractéristiques de l'échantillon est rapporté par rapport au nombre total de participants pour le genre et le type d'AVC (non inclut dans nos calculs) dans le texte. Concernant le type d'AVC, nous retrouvons 152 (73%) patients avec un AVC d'origine ischémique contre 56 (27%) patients avec un AVC d'origine hémorragique. A noter, dans l'étude de Kayabinar et al. (2019) le type d'AVC n'est pas rapporté. Concernant la latéralisation du déficit moteur, une atteinte du côté droit pour 121 (48,6%) patients et une atteinte du côté gauche pour 128 (51,4%) patients sont retrouvées. L'étude de Ucar et al. (2014) ne rapporte pas le côté parétique de ses participants.

Le délai post-AVC varie considérablement entre les études. En moyenne, elle s'étend de 0,5 mois pour l'étude de Stolz et al. (2019) à 35 mois pour l'étude de Kayabinar et al. (2019). L'étude de Ucar et al. (2014) précise uniquement que les participants sont à 12 mois ou plus de leur AVC et l'étude de Park et al. (2020) ne rapporte pas ces données. Pour les six études restantes, on retrouve une moyenne de délai de 10 mois post-AVC. D'après la classification de la Haute Autorité de Santé (HAS) concernant le délai post-AVC, une étude inclut des patients au stade aigu de la maladie, trois études incluent ceux au stade sous-aigu et quatre études incluent des participants au stade chronique. Le détail des données pour chaque étude est rapporté dans le tableau V.

Tableau V : Caractéristiques démographiques et cliniques des participants dans les études incluses

	GE / GC	Taille de l'échantillon	Moyenne d'âge (Années)	Genre (H/F)	Type d'AVC (I/H)	Côté parétique (Droit/gauche)	Stade de l'AVC	Délai post-AVC (Mois)	Capacité à la marche au moment de l'inclusion
Park et al. (2020)	GE	n=7	76,3 ±NR	6/2*	8/0*	3/4	Aigu	NR	Capacité à faire au moins un pas avec une aide à la marche ou une assistance
	GC	n=7	69,9 ±NR	4/3	7/0	3/4		NR	
Stolz et al. (2019)	GE	n=20	68,1 ±12,5	14/6	17/3	11/9	Subaigu	0,5 ±0,3	Marche jugée réalisable
	GC	n=16	63,2 ±16,6	8/8	12/4	7/9		0,8 ±0,7	
Hidler et al. (2009)	GE	n=33	59,9 ±11,3	21/12	26/7	11/22	Subaigu	3,6 ±2,1	Marche indépendante sur 5m et vitesse de marche de 0,1-0,6 m/s
	GC	n=30	54,6 ±9,4	18/12	21/9	17/13		4,6 ±2,0	
Kim et al. (2015)	GE	n=13	54,1 ±12,6	9/4	8/5	8/5	Subaigu	2,6 ±2,0	NR
	GC	n=13	50,0 ±16,2	10/3	5/8	10/3		3,9 ±2,8	
Park et Chung (2018)	GE	n=12	55,6 ±10,4	7/5	9/3	3/9	Chronique	7,3 ±1,2	Capacité à marcher 10 minutes avec ou sans aide à la marche ou assistance
	GC	n=16	57,5 ±9,9	9/7	7/9	8/8		7,8 ±1,8	
Ucar et al. (2014)	GE	n=11	56,2 ±NR	11/0	10/1	NR	Chronique	>12,0 ±NR	Marche indépendante sur 10m
	GC	n=11	61,5 ±NR	11/0	9/2	NR		>12,0 ±NR	
Bang et Shin (2016)	GE	n=9	53,6 ±3,9	5/4	7/2	5/4	Chronique	11,6 ±2,6	Marche indépendante sur 10m et vitesse de marche supérieur à 0,4 m/s
	GC	n=9	53,7 ±2,8	4/5	6/3	5/4		12,6 ±2,7	
Kayabinar et al. (2019)	GE	n=32	55,5±13,6	20/12	NR	11/21	Chronique	29,1 ±20,6	Capable de marcher avec une aide à la marche après l'AVC
	GC	n=32	63,8 ±10,0	21/11	NR	19/13		35,0 ±38,7	

Les variables quantitatives continues sont exprimées en moyenne ± écart-type ou en médianes ± interquartile pour l'étude de Kayabinar. Abréviations : GE = Groupe Expérimental ; GC = Groupe Contrôle ; NR = Non Renseigné. \* Données rapportées par les auteurs.

Cinq études rapportent des abandons à différents moments de l'intervention. Stolz et al. (2019) note que 13 participants sont perdus de vue (9 dans le groupe d'intervention et 4 dans le groupe contrôle). Hidler et al. (2009) rapporte au total 16 abandons. Kim et al. (2015) ont perdu de vue 4 participants à la fin de l'intervention (2 dans chaque groupe). Et pour finir, Kayabinar et al. (2019) rapportent 2 abandons (1 dans chaque groupe). Le détail des abandons est résumé dans le tableau VI.

Tableau VI : Résumé des abandons dans les études incluses

<b>Études avec des abandons</b>	<b>Total d'abandons</b> (% de l'échantillon de l'étude)	<b>Abandons dans le GC</b>	<b>Abandons dans le GE</b>	<b>Causes de l'abandon</b>
Stolz et al. (2019)	13 (33)	9	4	Devenu médicalement instable ; Transférés dans une unité de soins aux personnes âgées ; Non-assistance à l'évaluation de suivi
Hidler et al. (2009)	16 (22)	NR		Faible fréquentation ; Dégradation de la santé ; Décès ; Déménagements ; Refus de revenir à l'évaluation de suivi
Kim et al. (2015)	4 (13)	2	2	Fracture de côte non lié à l'AVC ; Dégradation de la santé
Kayabinar et al. (2019)	2 (3)	1	1	NR

Abréviation : NR = Non Renseigné.

A l'exception de l'étude de Kim et al. (2015), toutes les autres études font mention de la capacité à la marche initiale dans les critères d'inclusion et d'exclusion. Les études de Stolz et al. (2019), Park et al. (2020) et Kayabinar et al. (2019) note que la marche est jugée réalisable, avec en plus une aide à la marche pour les deux dernières études. De plus pour l'étude de Park et al. (2020), il est précisé que les participants inclus dans cette étude ont la capacité à faire au moins un pas. Pour l'étude de Ucar et al. (2014), une marche indépendante sur 10m est exigée. En plus de la distance, une vitesse de marche est donnée pour l'étude de Hidler et al. (2009) avec une distance de 5m et une vitesse de 0,1-0,6 m/s et pour l'étude de Bang et Shin (2016) avec une distance de 10m et une vitesse supérieure à 0,4 m/s. L'étude de Park et Chung (2018) note une capacité à marcher 10 minutes avec ou sans aide à la marche.

### 2.3) Caractéristiques du protocole de rééducation

Le but de notre revue systématique était d'évaluer l'efficacité d'un réentraînement à la marche assistée par robot par rapport à un réentraînement conventionnel. Les interventions réalisées dans nos études incluses sont hétérogènes et sont souvent combinés entre elles. Par conséquent, nous avons classé les différents types d'interventions selon les catégories suivantes :

- **RAGT** (Robot-Assisted Gait Training) : Réentraînement à la marche assisté par robot sur tapis roulant. Cette catégorie comprend le Lokomat.
- **WLT** (Walkbot Locomotor Training) : Réentraînement à la marche assisté par robot sur tapis roulant. Cette catégorie comprend le Walkbot.
- **CDGT** (Cable-Driven Gait Training) : Réentraînement à la marche assisté par robot avec câble, fixé sur les membres inférieurs. Cette catégorie comprend le Robowalk.
- **VRGT** (Virtual Reality robot-assisted Gait Training) : Réentraînement à la marche assisté par robot sur tapis roulant en combinaison avec la réalité virtuelle.
- **CPT** (Conventional Physical Therapy) : Réentraînement conventionnel avec des exercices de kinésithérapie habituels, de mobilité, d'étirement, d'électrothérapie.
- **CLT** (Conventional Locomotor Training) : Réentraînement conventionnel avec rééducation à la marche au sol et exercices à visés de rééducation à la marche (travail d'amplitude, de posture, d'équilibre).
- **TGT** (Treadmill Gait Training) : Réentraînement à la marche conventionnel sur tapis roulant.

Le réentraînement à la marche assistée par robot sur tapis roulant pour le groupe expérimental est étudié pour toutes nos études sous forme de RAGT, WLT, CDGT, et VRGT. On retrouve un dispositif de support de poids pour toutes les interventions sur tapis roulant avec des niveaux de décharge variés. Deux études (Kayabinar et al., 2019; Stolz et al., 2019) ne précisent pas le pourcentage de support de poids fixé. Pour les autres études, le niveau de décharge en début d'intervention varie de 30 à 60% et diminue progressivement à chaque séance avec comme critère de garder une extension adéquate en phase d'appui et d'éviter que les orteils accrochent en phase oscillante. Différents

types de robots sont utilisés. L'étude de Stolz et al. (2019) réalise un réentraînement avec Robowalk, l'étude de Park et al. (2020) ainsi que l'étude de Kim et al. (2015) étudient les effets d'un réentraînement avec Walkbot. Quatre études (Bang et Shin, 2016; Hidler et al., 2009; Park et Chung, 2018; Ucar et al., 2014) utilisent le Lokomat et une dernière étude ne précise pas le type de robot utilisé (Kayabinar et al., 2019). En complément du réentraînement assisté par robot, deux études le combinent au CPT (Park et al., 2020; Stolz et al., 2019) et une étude le combine au CLT (Kim et al., 2015).

Pour le groupe contrôle, la rééducation conventionnelle est exprimée sous forme de CPT, CLT et TGT. Deux études appliquent uniquement le CPT (Stolz et al., 2019; Ucar et al., 2014). L'étude de Park et al. (2020) rajoute en plus du CPT, le CLT. On retrouve le CPT combiné au TGT dans l'étude de Kim et al. (2015). Deux autres études appliquent uniquement le TGT (Bang et Shin, 2016; Park et Chung, 2018). Et pour finir l'étude de Hidler et al. (2009) combine TGT et CLT. Le détail du contenu des séances pour le GE et le GC a été détaillé sous forme de tableau dans l'annexe V.

Hormis l'étude de Stolz et al. (2019), où le nombre total de sessions diffère entre le groupe expérimental et le groupe contrôle, les modalités d'application sont identiques au sein d'une étude pour les deux groupes. La période d'intervention pour les deux groupes varie de 2 (Park et al., 2020) à 10 semaines (Hidler et al., 2009), avec des fréquences de sessions allant de 3 (Hidler et al., 2009) à 10 fois par semaine (Kim et al., 2015). A l'exception de l'étude de Kim et al. (2015), où les patients reçoivent deux séances par jour, le nombre de sessions est limité à une séance par jour au maximum. Le nombre total de sessions varient de 10 (Ucar et al., 2014) à 40 (Kim et al., 2015), avec une moyenne de 20 sessions. Quant à la durée des séances, elle s'étend de 30 (Ucar et al., 2014) à 90 minutes (Park et al., 2020), avec une moyenne de 56 minutes par session. Le détail des données pour chaque étude est rapporté dans le tableau VII.

Tableau VII : Caractéristiques des interventions expérimentales et contrôle dans les études incluses

	GE / GC	Type(s) d'intervention/Robot	Nombre total de sessions	Durée de sessions (Minutes)	Fréquence des sessions (/semaine)	Durée totale (Semaines)	Suivi (semaines)
Stolz et al. (2019)	GE	CDGT + CPT / Robowalk	18,4 ±11,1*	30 + 30	5	3	7
	GC	CPT	17,4 ±12,0*	60	5	3	
Park et al. (2020)	GE	CPT + WLT / Walkbot	14	60 + 30	7	2	
	GC	CPT + CLT	14	60 + 30	7	2	
Hidler et al. (2009)	GE	RAGT / Lokomat	24	45	3	entre 8 à 10	12
	GC	CLT + TGT	24	45	3	entre 8 à 10	
Kim et al. (2015)	GE	WLT + CLT / Walkbot	40	40 + 40	10 (2 fois par jour)	4	8
	GC	CPT + TGT	40	80	10 (2 fois par jour)	4	
Park et Chung (2018)	GE	VRGT / Lokomat	18	45	3	6	
	GC	TGT	18	45	3	6	
Ucar et al. (2014)	GE	VRGT / Lokomat	10	30	5	2	8
	GC	CPT	10	30	5	2	
Bang et Shin (2016)	GE	RAGT / Lokomat	20	60	5	4	
	GC	TGT	20	60	5	4	
Kayabinar et al. (2019)	GE	VRGT / Non spécifié	15	40	3	5	
	GC	CLT	15	40	3	5	

Les variables quantitatives continues pour l'étude de Stolz sont exprimées en moyenne ± écart-type (\*). Abréviations : GE = Groupe Expérimental ; GC = Groupe Contrôle ; RAGT = Robot-Assisted Gait Training ; TGT = Treadmill Gait Training ; CPT = Conventional Physical Therapy ; WLT = Walkbot Locomotor Training ; CLT = Conventional Locomotor Training ; VRGT = Virtual Reality robot-assisted Gait Training ; CDGT = Cable-Driven Gait Trainer

## 2.4) Critères de jugements des études

Plusieurs outils de mesures standardisés sont utilisés pour évaluer les fonctions. Celles-ci comprennent le BBS et le TUG pour l'évaluation de l'équilibre, ainsi que le 10m et le 6min pour l'évaluation de la marche. Toutes les études évaluent les résultats immédiatement après la période d'intervention. Quatre études réalisent également des mesures de suivis à distance de l'intervention (J Hidler et al., 2009; Kim et al., 2015; Stolz et al., 2019; Ucar et al., 2014).

Toutes nos études évaluent les effets de l'intervention sur l'équilibre. L'étude de Park et al. (2020) ainsi que l'étude de Kayabinar et al. (2019) utilisent à la fois le BBS et le TUG. Quatre études utilisent uniquement le BBS (Bang et Shin, 2016; Hidler et al., 2009; Kim et al., 2015; Park et al., 2020), alors que deux études utilisent uniquement le TUG (Stolz et al., 2019; Ucar et al., 2014). En revanche, seulement quatre études sur huit évaluent les effets de l'intervention sur les capacités motrices à la marche. Nous avons l'étude de Stolz et al. (2019) qui analyse le 10m et le 6min, l'étude de Ucar et al. (2014) ainsi que l'étude de Park et Chung (2018) qui évaluent le 10m et pour finir l'étude de Hidler et al. (2009) qui évalue le 6min.

## 2.5) Effet de l'intervention sur la marche

### ❖ Différence intragroupe

A l'exception de l'étude de Hidler et al. (2009), qui n'a pas réalisé de test intragroupe pour montrer la significativité des scores de 6min, toutes les autres études retrouvent des améliorations significatives soit après l'intervention, soit à l'intervalle de changement et quelques-unes à long terme. Le GE dans l'étude de Ucar et al. (2014) montre une amélioration significative après l'entraînement Lokomat ( $P < 0,01$ ) et à huit semaines de suivi ( $P < 0,01$ ). La même amélioration significative est observée pour le GC après l'entraînement CPT ( $P < 0,01$ ), mais aucune amélioration significative n'est retrouvée au suivi. Stolz et al. (2019) mesure des améliorations significatives des scores de 10m et de 6min immédiatement après intervention dans les deux groupes ( $P < 0,05$ ), mais le degré

de significativité exact n'est pas précisé. L'amélioration à sept semaines de suivi n'est retrouvée cependant que pour le GE ( $P < 0,05$ ). Pour l'étude de Park et Chung (2018), on rapporte des améliorations statistiquement significatives plus fiables que dans les autres études pour les deux groupes après l'intervention ( $P < 0,001$ ). En revanche, il n'y a pas eu de suivi pour cette étude.

### ❖ **Différence intergroupe**

**Vitesse de marche** : La comparaison intergroupe des intervalles de changement met en évidence une amélioration significative pour le GE pour deux études (Park et Chung, 2018; Ucar et al., 2014) sur trois traitant la vitesse de marche. Pour les deux études ayant fait un suivi (Stolz et al., 2019; Ucar et al., 2014), nous retrouvons une amélioration significative pour le GE uniquement pour l'étude de Ucar et al. (2014) (Figure 8 et 9).

Dans l'étude de Ucar et al. (2014), les résultats montrent une amélioration significative sur la vitesse de marche en faveur du GE après l'intervention avec robot de marche ( $P = 0,007$ ), et une amélioration significative pour un suivi à huit semaines ( $P < 0,001$ ) chez les patients au stade chronique. Pour le même stade de la maladie, Park et Chung (2018) rapportent également une amélioration de la vitesse de marche significativement plus importante en faveur du groupe de réentraînement au Lokomat pour l'intervalle de changement avec une taille de l'effet élevée ( $P < 0,05$  ;  $d = 1,5$ ). En revanche, l'étude de Stolz et al. (2019) ne révèle pas de différence intergroupe significative pour les scores des intervalles de changement au test de 10m ( $P = 0,11$ ) ainsi qu'au suivi ( $P = 0,12$ ) chez des patients cette fois-ci au stade sous-aigu.

**Distance de marche** : La comparaison intergroupe des intervalles de changement met en évidence une amélioration significative pour le GC dans l'étude de Hidler et al. (2009) et une amélioration plus importante mais non significative pour le GE dans l'étude de Stolz et al. (2019). En revanche, nous ne retrouvons pas d'effet significative pour un des deux groupes au suivi pour ces deux études (Figure 10 et 11).

Dans l'étude de Hidler et al. (2009), l'effet significatif est retrouvé en faveur du GC à l'intervalle de changement avec une taille de l'effet très élevée ( $P = 0,03$  ;  $d = 3,2$ ), mais

cette différence de significativité n'est pas retrouvée à trois mois de suivi chez des patients au stade sous-aigu. Pour l'étude de Stolz et al. (2019), aucune différence statistiquement significative n'est retrouvée entre les deux groupes à l'intervalle de changement ( $P=0,26$ ) ainsi qu'au suivi ( $P=0,30$ ) pour des patients en phase sous-aigue.

En résumé, l'ensemble de ces résultats préliminaires suggèrent que la rééducation à la marche assistée par robot pourrait avoir des effets positifs à court-terme sur la vitesse de marche principalement au stade chronique comparativement à une prise en charge conventionnelle. Ces mêmes effets ne sont pas clairement établis sur les capacités d'endurance à la marche ou chez les patients au stade sous-aigu. Enfin, les quelques études incluses ne soutiennent pas des preuves fortes si les effets à distance de l'intervention sont supérieurs au groupe contrôle. Le détail des résultats pour chaque étude est retranscrit dans le tableau en annexe VI.

## Comparaison intergroupe des intervalles de changement et des suivis pour la marche

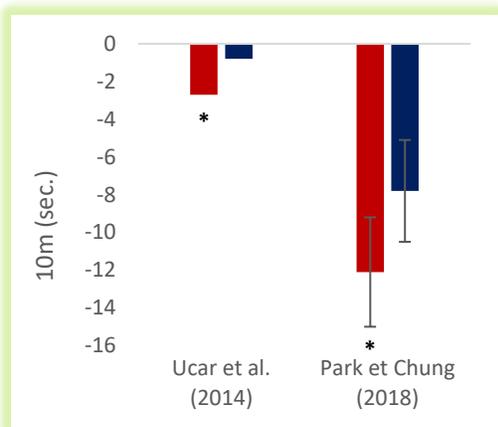


Figure 8 : Vitesse (Intervalle de changement)

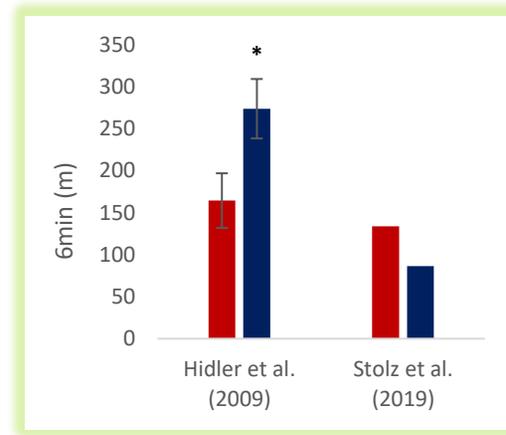
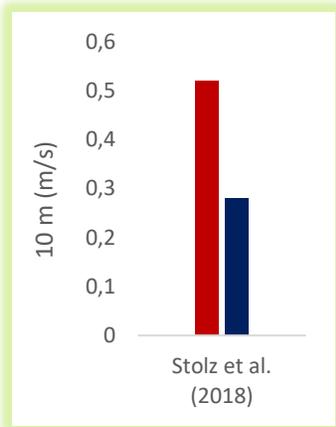


Figure 10 : Distance (Intervalle de changement)

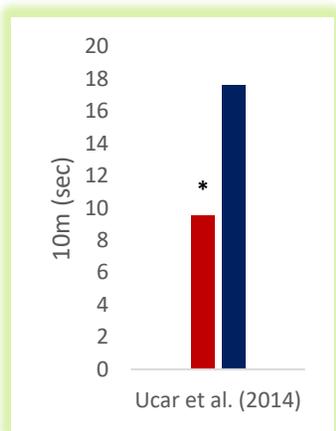
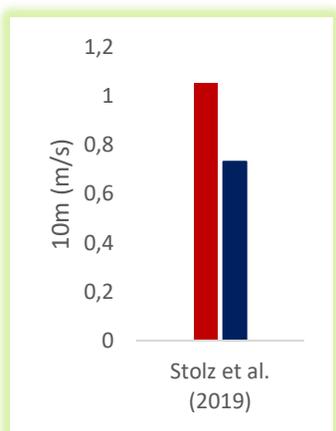


Figure 9 : Vitesse (Suivi)



■ Groupe Expérimental

■ Groupe Contrôle

\* Effet significatif ( $P < 0.05$ )

Les déviations standards sont illustrées par les barres d'erreur

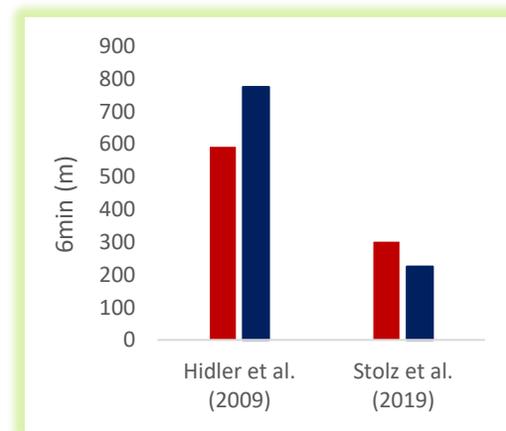


Figure 11 : Distance (Suivi)

## 2.6) Effet de l'intervention sur l'équilibre

### ❖ Différence intragroupe

A l'exception de l'étude de Hidler et al. (2009) qui n'a pas réalisé de test intragroupe pour montrer la significativité des scores BBS, toutes les autres études retrouvent des améliorations significatives soit immédiatement après l'intervention soit à l'intervalle de changement et quelque unes à long terme. Bang et Shin (2016) ainsi que Park et al. (2020) montrent une amélioration significative des scores BBS après la rééducation robotique ainsi que la rééducation conventionnelle ( $P < 0,05$ ). L'étude de Kim et al. (2015) rapporte également une amélioration immédiatement après l'intervention mais aussi à huit semaines de suivi pour les deux groupes ( $P < 0,05$ ). L'étude de Park et Chung (2018) et Kayabinar et al. (2019) mettent en évidence des améliorations hautement significatives sur les scores de BBS et de TUG après l'intervention pour les deux groupes ( $P < 0,001$ ). Stolz et al. (2019) montre des améliorations significatives des scores de TUG par rapport à la valeur initiale pour les deux groupes d'interventions, mais aussi à sept semaines de suivi ( $P < 0,05$ ). Quant au groupe expérimental de l'étude de Ucar et al. (2014) on note une amélioration significative immédiatement après l'intervention ( $P < 0,01$ ) et une amélioration pour un suivi à huit semaines ( $P < 0,001$ ). Pour le groupe contrôle cette amélioration significative est retrouvée uniquement immédiatement après l'intervention ( $P < 0,01$ ).

### ❖ Différence intergroupe

**Berg Balance Scale** : Sur les six études évaluant le BBS, trois études (Bang et Shin, 2016; Kim et al., 2015; Park et Chung, 2018) rapportent une amélioration statistiquement significative en faveur du GE après l'intervention. En revanche, sur les deux études évaluant les effets à long terme, une étude (Hidler et al., 2009) ne révèle aucun effet significatif ( $P = 0,54$ ) et une étude (Kim et al., 2015) ne rapporte pas la valeur de P (Figure 12 et 13).

Bang et Shin (2016) note un effet significatif pour le score de BBS immédiatement après l'intervention ainsi qu'à l'intervalle de changement pour le GE avec un effet moyen de la taille de l'effet ( $P = 0,02$  ;  $P = 0,05$  ;  $d = 0,6$ ) chez des patients au stade chronique. L'étude

de Kim et al. (2015) trouve également que la rééducation robotique apporte une amélioration considérablement significative de l'équilibre par rapport à la rééducation conventionnelle avec une taille de l'effet moyenne ( $P=0,03$  ;  $d=0,7$ ) chez des patients au stade sous-aigu. Enfin, Park et Chung (2018) rapportent un effet significatif similaire chez des patients chroniques pour le score de BBS à l'intervalle de changement et une taille de l'effet élevée ( $P<0,05$  ;  $d=2,7$ ). En revanche, Hidler et al. (2009) ne rapporte aucun effet significatif à court et long-terme ( $P=0,67$  ;  $P=0,54$ ). Il en est de même pour Kayabinar et al. (2019) qui ne trouve aucun effet significatif immédiatement après l'intervention et à l'intervalle de changement ( $P=0,55$  ;  $P=0,74$ ).

***Timed Up and Go*** : Sur les quatre études évaluant le TUG, deux études (Park et Chung, 2018; Ucar et al., 2014) révèlent une amélioration statistiquement significative en faveur du GE après l'intervention et une étude (Ucar et al., 2014) sur deux rapportent un effet significatif pour le GE au suivi (Figure 14 et 15).

Ucar et al. (2014) montre un effet significatif pour le score de TUG après l'intervention ( $P=0,04$ ) et est la seule étude à rapporter un effet à huit semaines de suivi ( $P=0,01$ ) au stade chronique. Park et Chung (2018) rapportent un effet significatif chez des patients chroniques pour le score de TUG par rapport à la valeur initiale et une taille de l'effet élevée pour les deux scores ( $P<0,05$  ;  $d=1,9$ ). En revanche, Stolz et al. (2019) ne rapporte aucun effet significatif à court-terme ( $P=0,11$ ) et à long-terme ( $P=0,10$ ).

En résumé, l'ensemble de ces résultats demeurent contradictoires et les effets à court-terme et long-terme d'un réentraînement robotisé à la marche pourrait avoir un effet supérieur sur les capacités fonctionnelles à la marche et l'équilibre comparativement au groupe contrôle. Toutefois, le stade de la maladie ou les tests utilisés n'expliquent ces résultats équivoques. Le détail des résultats pour chaque étude est retranscrit dans le tableau en annexe VII.

## Comparaison intergroupe des intervalles de changements et des suivis pour l'équilibre

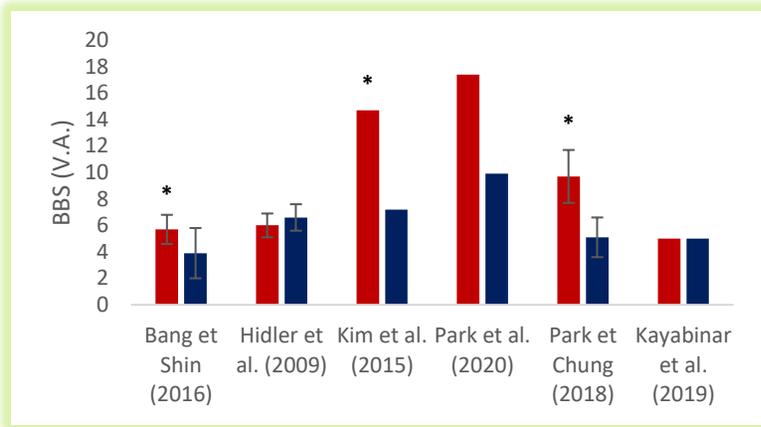


Figure 12 : Berg Balance Scale (Intervalle de changement)

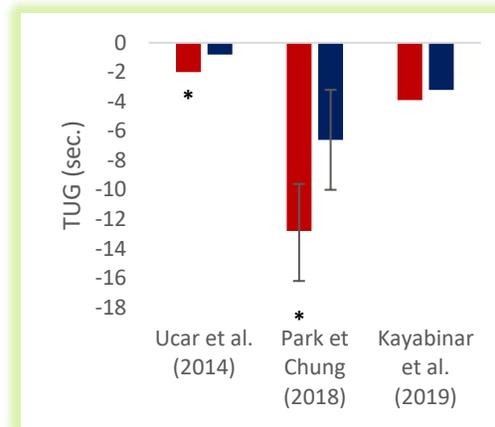


Figure 14 : Timed Up and Go (Intervalle de changement)

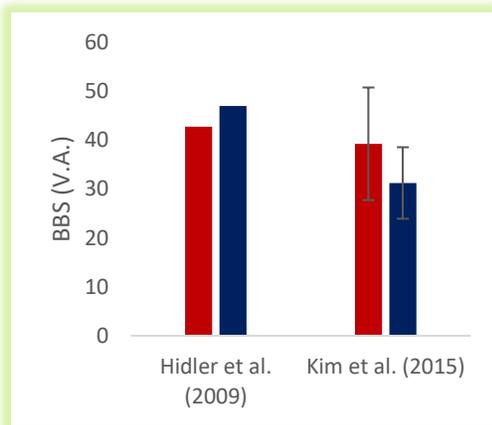
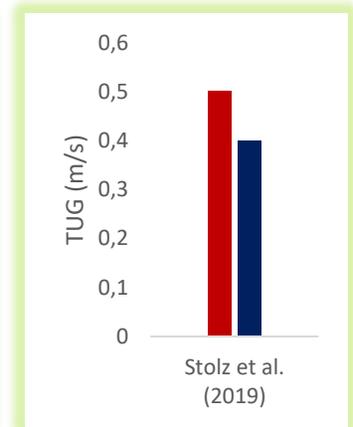


Figure 13 : Berg Balance Scale (Suivi)

■ Groupe Expérimental  
■ Groupe contrôle

\* Effet significatif ( $P < 0.05$ )

Les déviations standards sont illustrées par les barres d'erreur

Les variables quantitatives continues sont exprimées en moyenne ou en médianes pour l'étude de Kayabinar et al. (2019).

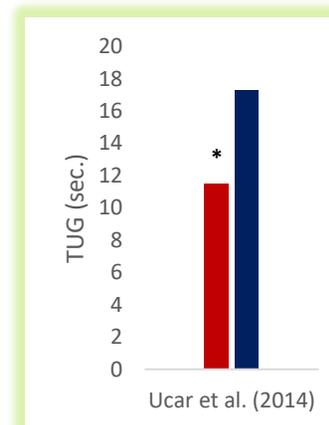
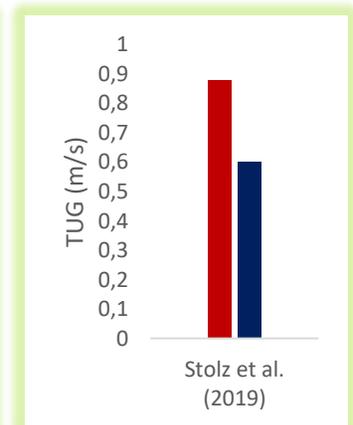


Figure 15 : Timed Up and Go (Suivi)



## 2.7) Évaluations des risques de biais

L'évaluation de la qualité méthodologique de nos études a été réalisée grâce à l'échelle de PEDro. Il semble nécessaire de préciser que nos études n'obtiennent pas de points sur l'aveuglement des participants et des thérapeutes. En effet, il est difficile pour nos études, de maintenir les thérapeutes et les patients en « aveugle ». Nous avons donc décidé de les exclure du score total de PEDro. En revanche l'aveuglement était possible pour l'examineur. On note une moyenne de 5,25/8 de score PEDro allant de 4 à 7/8 soit d'une qualité moyenne à bonne.

On classe les études du score de PEDro le plus élevé au score le plus faible (0-8 max). L'étude de Bang et Shin (2016) se situe au premier rang avec un score de 7/8. Trois études (Kim et al., 2015; Park et Chung, 2018; Stolz et al., 2019) obtiennent un score de 6/8. Vient ensuite les études de Ucar et al (2014), Kayabinar et al (2019) et Park et al. (2020) avec un score de 5/8. Et pour finir, l'étude de Hidler et al. (2009) obtient un score de 4/8 (Figure 16).

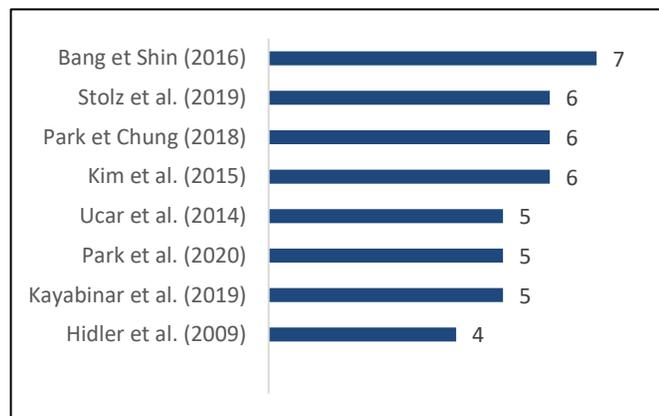


Figure 16 : Score PEDro selon les études

Toutes les études valident les critères d'éligibilité (critère 1) ainsi que la répartition aléatoire (critère 2). Toutes rapportent les résultats statistiques pour au moins un des critères primaires (critère 10). A l'exception de l'étude de Ucar et al. (2014), l'estimation de l'effet et de la variabilité pour au moins un des critères primaires (critère 11) est validé par l'ensemble des études. Stolz et al. (2019) obtiennent des résultats pour moins de 85% des participants (critère 8). Le critère 4 mentionnant la similarité des groupes en début

d'étude est validé par l'ensemble des études exceptées trois (Hidler et al., 2009; Kayabinar et al., 2019; Stolz et al., 2019). Le critère 7 concernant l'aveuglement des examinateurs est validé par six études (Bang et Shin, 2016; Kayabinar et al., 2019; Kim et al., 2015; Park & Chung, 2018; Stolz et al., 2019; Ucar et al., 2014). Quant à l'assignation secrète (critère 3), elle est validée uniquement par l'étude de Stolz et al. (2019) et l'étude de Bang et Shin (2016). Aucune étude a réalisé une analyse en intention de traiter, pour au moins un des critères primaires.

Le pourcentage des critères validés par l'ensemble des études est illustré sur la Figure 17. On remarque que le plus de points est perdu pour le critère 9 et 3 avec un pourcentage d'études remplissant ce critère entre 0% et 25% respectivement. Les autres critères ont tous obtenu un pourcentage supérieur à 62,5%. Le détail des scores pour chaque étude a été résumé dans le tableau en annexe VIII.

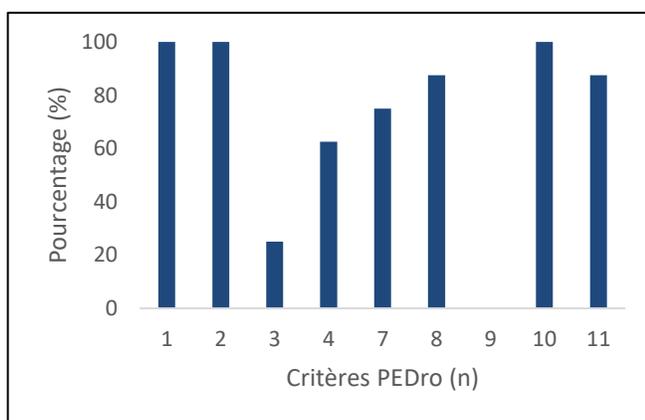


Figure 17 : Critères PEDro validés par les études

## V. Discussion

L'objectif principal de notre revue était d'investiguer l'efficacité du réentraînement assisté par robot par rapport au réentraînement conventionnel dans la réhabilitation de la marche et de l'équilibre chez les patients présentant un AVC. Notre hypothèse était que la rééducation robotisée serait plus efficace que l'entraînement conventionnel sur la récupération de la marche et de l'équilibre. Au sein d'un même groupe, nous avons

investigué les résultats immédiatement après l'intervention mais aussi à long terme pour mettre en évidence une éventuelle amélioration de ces fonctions à distance de l'intervention.

Concernant la marche, les données suggèrent que le RAGT pourrait améliorer la vitesse de marche évaluée par le test de 10m à court terme principalement chez les patients au stade chronique. En revanche, peu de preuves montrent que l'effet du robot pourrait se poursuivre à distance de l'intervention. Il semble qu'il n'y ait en revanche pas d'effet du RAGT sur les capacités d'endurance à la marche évaluées par le 6min que ce soit à court et long terme. Seul l'étude de Hidler et al. (2009) amène une plus-value pour le groupe contrôle, mais la pertinence du résultat est à prendre avec précaution car il y a un fort risque de biais méthodologique (score PEDro=4/8). Concernant l'équilibre, le RAGT pourrait avoir des effets favorables sur l'équilibre des patients post-AVC comparativement à une prise en charge conventionnelle, mais les résultats restent partagés. Nous notons que le robot de marche pourrait avoir un effet à court terme sur l'équilibre dynamique et les capacités fonctionnelles d'équilibre mesuré par le TUG et le BBS. En revanche la persistance de l'effet du robot sur l'équilibre à distance de l'intervention est beaucoup moins convaincante. En effet peu d'études rapportent un suivi des effets à long terme.

## 1) Résumé des résultats et interprétation

### 1.1) Effet du RAGT sur la marche

En comparant les quatre études évaluant les capacités de marche, nous notons que les participants en phase chronique de l'AVC ont obtenus de meilleurs résultats en faveur du GE que les participants en phase subaigu (Park et Chung, 2018; Ucar et al., 2014). Ces résultats pourraient suggérer que le RAGT soit plus efficace au stade chronique qu'au stade subaigu. Nos données semblent être en accord avec une méta-analyse qui a comparé le RAGT à la rééducation conventionnelle des patients post-AVC au stade subaigu et chronique concernant la vitesse de marche (Tedla et al., 2019). L'étude a suggéré qu'il n'y avait pas de différence d'amélioration entre les deux interventions. Cependant, une sous-analyse de la vitesse de marche a révélé un léger effet positif chez

les participants présentant un AVC chronique par rapport aux participants subaigu du groupe robotique.

Nous observons une absence de résultats positifs en faveur du RAGT pour les études traitant des patients au stade subaigu (Hidler et al., 2009; Stolz et al., 2019). Nous savons que les processus de plasticité et de réorganisation corticale ne sont pas les mêmes entre le stade sous-aigu et chronique. En effet, au stade précoce, des processus de réparation spontanée ont lieu. Une hypothèse serait que les effets plastiques induit par le RAGT ne potentialisent pas les processus biologiques spontanés. Dans cette perspective, il est nécessaire de mieux comprendre les mécanismes centraux qui sous-tendent la récupération spontanée et la récupération induite par l'entraînement. Cette question est cruciale afin de promouvoir la capacité du cerveau à réorganiser ses réseaux neuronaux après un AVC (Alia et al., 2017; Zeiler et Krakauer, 2013).

Nos résultats ne soutiennent pas la théorie selon laquelle le RAGT serait plus efficace sur la vitesse de marche pour des patients en phase aigu ou subaigu de l'AVC (Cho et al., 2018; Mehrholz et al., 2017). Nous pensons que la différence de résultats obtenus pourrait être expliqué, du moins partiellement, par le type de robots utilisés. En effet, Cho et al. (2018), ont obtenus des effets positifs par l'utilisation de robots avec effecteurs terminaux : « Geo System » ; « GAR-assisted gait training » ; « Walkaround » ; « Gait trainer ». N'ayant pas inclus ce type de robot dans notre revue, nous pensons que le choix de l'assistance robotique à la marche soit un facteur déterminant pour l'obtention d'effets positifs. Cet argument est soutenu par les travaux de Mehrholz et al. (2017) qui a comparé les dispositifs d'effecteurs terminaux aux dispositifs d'exosquelette sur tapis roulant. Ils rapportent des améliorations significatives de la vitesse de marche pour les participants traités avec les effecteurs terminaux tandis qu'aucune amélioration significative n'a été retrouvés pour les participants traités avec les exosquelettes sur tapis roulant. Le type de robot utilisé pourrait donc jouer un rôle important dans l'amélioration de la fonction de marche après un AVC. Ce point mérite d'être étudié de façon plus approfondie et des études comparative entre ces différents éléments serait à envisager. De plus, aucune étude évaluant les capacités locomotrices des participants en phase aigüe n'a été incluses dans notre revue. Nous ne savons donc pas les potentiels effets que pourrait

avoir le RAGT au cours des deux premières semaines et nous ne pouvons donc pas comparer cela aux résultats actuels.

Nos résultats pourraient également suggérer que les participants présentant de meilleures capacités à la marche au moment de l'inclusion seraient plus aptes à obtenir des résultats favorables avec la thérapie robotique. En effet, les participants présentant une marche initiale indépendante sur une plus grande distance ont tendance à obtenir des résultats positifs en faveur du groupe expérimental (Ucar et al., 2014). A noter que notre revue inclut uniquement des patients avec des capacités ambulatories et la comparaison entre les études reste parfois difficile du fait de l'hétérogénéité des mesures et des données peu claires. Toutefois, contrairement à cette hypothèse, Mehrholz et al. (2017) rapportent que les patients non ambulatories présentant une dépendance à la marche par rapport aux patients ambulateur indépendant seraient plus susceptibles de rapporter des améliorations de la vitesse de marche en fin d'intervention par le RAGT (Mehrholz et al., 2017). Son efficacité s'est révélé meilleure pour des patients non ambulateur présentant des atteintes sévères (Mehrholz et al., 2017). Malgré ces résultats contradictoires, il semble nécessaire de pouvoir stratifier les patients pouvant répondre au mieux à cette thérapie sur la base d'éléments cliniques.

Nous relevons également que l'ajout de la réalité virtuelle à la rééducation robotisée semblerait accroître l'efficacité du RAGT (Park et Chung, 2018; Ucar et al., 2014). En effet, l'étude de Park et Chung (2018) rapporte une taille d'effet clinique élevé de 1,5. La réalité virtuelle est définie par Weiss et al. (2006) comme l'utilisation de simulations interactives créées avec du matériel informatique et des logiciels pour offrir aux utilisateurs des opportunités de s'engager dans des environnements qui ressemblent à des événements du monde réel (Weiss et al., 2006). Le plus souvent, les utilisateurs interagissent avec des images projetées sur écran ce qui leur permet d'immerger dans un environnement simulé (Lee et al., 2019). Diverses formes de rétroaction sont fournies par l'environnement, les plus courantes étant la rétroaction visuelle et auditives (Weiss et al., 2006). Nous pensons, qu'en plus d'un réentraînement des membres avec un système robotique, une rétroaction visuelle pourrait stimuler davantage un cerveau lésé. Cette hypothèse est soutenue par des données démontrant que les expériences sensorielles concernant la vue, pourraient avoir une forte influence sur le système moteur et pourraient

induire un remodelage des circuits sensori-moteurs lors de l'acquisition de compétences (Tunik et al., 2013).

De surcroit, nous pensons que par son feedback visuel, la réalité virtuelle pourrait également augmenter la motivation des patients et ainsi leurs permettraient une meilleure participation lors des séances de RAGT. En effet, plusieurs études suggèrent que la réalité virtuelle augmente considérablement la motivation des patients lors des séances et permet ainsi d'obtenir davantage d'amélioration (Eng et al., 2004; Laver et al., 2015). Par exemple, l'étude de Mirelman et al. (2009) démontre que le RAGT combiné à la réalité virtuelle améliore la vitesse de marche et de la distance par rapport au RAGT seul.

Bien que les résultats soient encourageant concernant la vitesse de marche des patients post-AVC, ces résultats ne sont pas retrouvés pour l'endurance à la marche. Nous pensions que les résultats positifs concernant la vitesse de marche mesuré par le 10m serait également associé à des résultats positifs concernant la distance mesurée par le 6min. Or, nos résultats indiquent que le RAGT ne produit pas plus d'amélioration concernant l'endurance à la marche des patients post-AVC mesuré par le 6min (Hidler et al., 2009; Stolz et al., 2019). Par ailleurs, les résultats de Hidler et al. (2009) montrent que l'utilisation des techniques de réadaptations conventionnelles entraîneraient des améliorations plus importantes de la distance de marche chez les patients AVC à court terme.

Plusieurs auteurs ont trouvé des résultats similaires à notre revue (Hornby et al., 2008; Mehrholz et al., 2017; Westlake et Patten, 2009). En effet, ces travaux rapportent que le RAGT n'a pas produit d'améliorations significatives de l'endurance à la marche. Si le 10m fournit des informations concernant la vitesse de marche sur de courtes distance, le 6min adresse la question de l'endurance durant l'activité de marche. Cela demande donc plus d'effort sur une plus longue durée et pourrait engendrer une fatigue pour le patient post-AVC. De plus, le 6min n'a pas été développé originellement pour les AVC. Des études révèlent que les déficiences spécifiques à l'AVC comme les troubles de l'équilibre, de la force des membres inférieurs ou de la spasticité compromettaient les résultats du test de 6min (Pang et al., 2005). Ainsi, ces données nous laissent penser que le choix du test afin d'évaluer les capacités fonctionnelles à la marche est crucial et délivres des informations différentes selon le test choisi (Taveggia et al., 2016).

## 1.2) Effet du RAGT sur l'équilibre

La majorité des effets positifs en faveur du GE ont été obtenus pour les participants chroniques. Toutefois, cela s'explique car la majorité des données ont été obtenues à ce stade de la maladie. Le peu de données concernant les patients aigus et subaigus, limitent nos conclusions sur une supériorité de ses effets selon son moment d'application.

En effet, notre revue révèle qu'il serait aussi possible d'obtenir des résultats favorables en phase subaigu notamment par une stimulation accrue des patients au stade subaigu pourrait conduire à des résultats positifs en faveur du GE. Par exemple, malgré le manque de significativité, la seule étude de notre revue traitant des participants en phase aigu laisserait croire que le RAGT puisse être également efficace à ce stade ( $P=0.06$ ). Ces participants en phase subaigu ont reçu au moins le double de sessions par rapport aux autres études traitant des patients au même stade., soit deux séances de 40 minutes dans la même journée. Notre hypothèse est en partie soutenue par une étude et une méta-analyse (Veerbeek et al., 2014; Wang et al., 2017) qui ont démontré que l'intensité de la rééducation est un facteur clé dans l'entraînement des patients post-AVC. Des sessions de thérapie plus longues permettent une meilleure récupération des déficiences, améliorant également les activités quotidiennes des personnes après un AVC.

Nous avons essayé d'amener plus de clarté en s'appuyant sur les déficits initiaux de l'équilibre des patients. Concernant les scores du TUG, les données montrent que le RAGT pourrait être favorable pour des patients ayant un score initial plus faible (Park et Chung, 2018) ou un score initial plus élevé (Ucar et al., 2014). Berg et al. (1995) ont classé les scores de BBS en trois catégories : 41 à 56 points représente un bon équilibre (risque faible de chute), 21 à 40 points représente un équilibre acceptable (risque modéré de chutes) et 0 à 20 points représente un trouble de l'équilibre (risque élevé de chutes). Lorsque nous regardons les scores BBS de nos études, le RAGT semble être efficace pour des participants présentant des troubles de l'équilibre, soit un score compris entre 0 et 20 à l'inclusion (Kim et al., 2015). En revanche, pour ceux présentant un équilibre acceptable (Hidler et al., 2009; Park et al., 2020), soit un score entre 21 et 40 ou un bon équilibre (Kayabinar et al., 2019; Park et Chung, 2018), soit un score entre 41 et 56 en début d'intervention, les effets du RAGT semblent être partagés.

On remarque également que deux études n'ayant pas rapporté d'effets significatifs pour le GE (Kayabinar et al., 2019; Stolz et al., 2019)<sup>1</sup> présentent des différences de valeurs initiales au TUG et au BBS entre les deux groupes d'intervention plus élevée que dans les autres études. D'autant plus que les valeurs faibles sont rapportées pour les GC. Nous pensons donc que les patients du GC avaient plus de chance d'améliorer leurs scores en fin d'intervention contrairement aux patients du GE, ce qui a pu potentiellement biaiser l'efficacité supérieure qu'aurait pu avoir le RAGT.

Le risque de chute est un élément important à évaluer et est une conséquence directe avec les capacités d'équilibres des patients post AVC. Il a été suggéré que le BBS est une échelle efficace pour prédire le risque de chutes des adultes vivants dans la communauté (Lajoie & Gallagher, 2004). A l'exception de l'étude de Kim et al. (2015), tous les patients présentent un bon équilibre après l'intervention RAGT (score entre 41 et 56) et donc un faible risque de chutes (Berg et al., 1995). Par ailleurs, Berg et al. (1991) ont suggéré qu'un score inférieur à 45 correspondrait aux individus présentant davantage de risque de chute (Berg et al., 1991). En se basant sur cette cote limite, nous pouvons estimer que pour la majorité des études (Bang & Shin, 2016; Kayabinar et al., 2019; Park et Chung, 2018), les participants possèdent un déplacement à priori sécuritaire. Quant à Anderson et al. (2006), ils ont défini un seuil à 14 secondes pour le score de TUG pour prédire le risque de chute des patients post-AVC (Andersson et al., 2006). Deux études (Stolz et al., 2019; Ucar et al., 2014) présentant un score inférieur à ce seuil et une étude (Park & Chung, 2018) présentant un score proche de 14 secondes après l'intervention nous confirme les données rapportées par le BBS. Nous pensons donc que le RAGT a également permis, parallèlement à l'amélioration de l'équilibre, de diminuer considérablement le risque de chute des patients post-AVC.

Nous notons encore une fois que les études combinant RAGT et réalité virtuelle seraient plus susceptibles d'obtenir des améliorations significatives de l'équilibre en faveur du GE. Ces résultats s'appuient sur des preuves existantes qui montrent que la réalité virtuelle fournit des résultats favorables dans l'amélioration de l'équilibre post-AVC (Domínguez-Téllez et al., 2019). Du fait de sa rétroaction visuelle et de son feedback positif sur les

---

<sup>1</sup> Nous avons converti le score de TUG de l'étude de Stolz et al. en seconde pour pouvoir la comparer aux autres études en prenant une valeur de 7 comme distance parcourue (6 mètres pour l'aller et le retour et 1 mètre pour le demi-tour), ce qui donne comme valeur GE(pré)= 23,3sec. ; GC(pré)= 35sec.

patients, la réalité virtuelle semblerait bien accroître les améliorations apportées par le RAGT aussi bien sur la marche que sur l'équilibre.

### 1.3) Effet du RAGT et type d'exercices du groupe contrôle

Bien que le RAGT ait fourni des résultats encourageant au sein de notre revue, sa supériorité n'est pas toujours démontrée. Nous pensons qu'une des causes potentielles à l'absence de résultats supérieurs pour le RAGT pourrait être due aux modalités de prise en charge au sein du GC. En effet, il existe une certaine hétérogénéité allant d'un entraînement complexe, avec un environnement enrichi et un entraînement plus simple et monotone. Par exemple, les patients du GC de l'étude de Hidler et al. (2009) qui ont rapporté une supériorité par rapport au GE ont pu s'entraîner à la fois sur un tapis roulant mais aussi sur différentes tâches posturales, d'équilibre et de marche au sol par rapport aux participants du GC de Bang et Shin (2016) qui ont reçu un entraînement moins complexe uniquement sur tapis roulant. Le choix du contenu de la prise en charge dite contrôle devrait donc être clairement détaillé et standardisé.

## 2) Implications cliniques des résultats

Nous pensons qu'il y a plusieurs intérêts à utiliser la rééducation robotique en clinique chez des patients présentant un AVC. Les résultats encourageants que nous avons obtenus à travers notre revue montrent que cette thérapie récente peut avoir des effets supérieurs sur la récupération de la marche et de l'équilibre. Parallèlement à ces améliorations, notre revue a également relevé une diminution des risques de chutes au cours des interventions avec le RAGT, ce qui était un problème majeur dans la vie courante de ces patients. Plusieurs auteurs ont fait part dans leurs études que l'entraînement robotisé avait considérablement augmenté la confiance des participants concernant leur équilibre et leurs performances dans diverses activités ambulatoires. De plus, la majorité des participants souhaitaient continuer la thérapie robotique. La mise en décharge avec support de poids corporel ainsi que les barres parallèles de chaque côté permettent aux patients de se sentir en sécurité et d'être plus confortable lors de la rééducation. Cela permet aux patients de mieux adhérer à la séance et ainsi de travailler

de manière plus efficace. L'ensemble des études mentionnent également que le dispositif robotique à la marche peut être utilisé en toute sécurité dans la réhabilitation de ces patients. Mis à part une étude qui ne mentionnent pas la cause d'abandon, toute perte de suivi était pour des raisons non liées à l'intervention elle-même.

Nous avons également mis en évidence que le RAGT pourrait être efficace pour des patients post-AVC avec des déficits hétérogène à la marche et à l'équilibre. Cette technique de rééducation permet de s'adapter aux besoins de chaque patient par son assistance ou sa résistance aux membres. Il permet aussi de travailler des tâches répétées à la marche avec différents niveaux d'intensités. Les thérapeutes sont également soumis à des contraintes physiques importantes lors de la rééducation conventionnelle, en particulier pour des patients présentant des déficits importants. Cela entraîne parfois des restrictions dans le choix de techniques conventionnelles. La mise en œuvre de la rééducation robotisée permet de soulager ces contraintes face aux thérapeutes et de commencer la rééducation à la marche plus précocement.

Cependant, quelques limites sont également à noter pour la pratique clinique. Un des freins à son application est son coût très important. La majorité des centres de rééducation ne possède pas de robot de marche même si son étendu est de plus en plus large. Néanmoins, certains de nos résultats montrent que l'entraînement à la marche conventionnelle n'est pas moins efficace que l'entraînement à la marche robotisée et peut être utilisé de manière sûre. Il ne faut donc pas renoncer aux techniques conventionnelles qui sont plus facile d'accès. Ceci est un point important, notamment pour les centres qui ne disposent pas de robots de marche. De plus, cette technique requiert une formation en plus et une certaine expérience est nécessaire à la compréhension de son utilisation pour l'appliquer de façon efficace. Nous savons également que le temps requis pour l'installation des patients dans le dispositif robotique est important. Il est souvent nécessaire de réaliser des séances plus longues que les séances de kinésithérapies conventionnelles pour avoir un même temps de rééducation.

### 3) Implications scientifiques des résultats

Bien que la qualité de nos études incluses soit majoritairement satisfaisante, nous pensons qu'il est nécessaire de faire des études multicentriques avec des qualités

méthodologiques plus élevées. Une des limites de nos études était le faible nombre de participants inclus dans l'essai. Une taille d'échantillon plus élevée pour les prochaines études serait attendu pour mettre en évidence les possibles effets positifs du RAGT pour la marche et l'équilibre des patients post-AVC.

La comparaison des différents types de robots est actuellement peu lucide. La discordance de nos résultats avec les revues déjà existante montre qu'il serait nécessaire de comparer de façon plus détaillé les différents dispositifs de robot de marche et leurs différences concernant les effets apportés aux sujets. Nous entendons par là, une comparaison des dispositifs d'effecteurs terminaux et des exosquelettes sur tapis roulant sur la marche et l'équilibre.

Bien que nos résultats montrent que les patients chroniques puissent bénéficier du RAGT pour la récupération de la marche, il est rapporté dans la littérature que les patients au stade plus précoce puissent aussi en bénéficier. Des recherches plus poussées devraient étudier et stratifier les patients selon leurs niveaux de déficits des membres inférieurs et le délai post-AVC pour déterminer les patients qui pourraient le mieux répondre favorablement à cette thérapie. Cela pourrait également favoriser les effets à long-terme.

Enfin, nous pensons que des échelles évaluant les activités de la vie quotidienne et la qualité de vie des patients devraient être davantage incluses comme critères de jugements dans les études futures. Cela ajouterait une plus-value à l'interprétation des résultats sur l'autonomie et l'indépendance de ces patients dans la vie de tous les jours et permettrait de mieux justifier l'utilisation du robot de marche chez les survivants d'un AVC.

#### 4) Qualité méthodologique des études

L'évaluation de la validité interne de nos huit études a été mesuré grâce à l'échelle de PEDro. Nos scores qui s'étendent de 4/8 à 7/8 nous révèlent la présence d'une importante variabilité méthodologique entre les études. Nous constatons la présence de biais de sélections, de détections et d'attritions au sein de nos études.

Nous notons également la présence de différences significatives sur des caractéristiques de la population. Pour l'étude de Stolz et al. (2019), les auteurs ont noté que la localisation de la lésion, la sévérité de l'atteinte, ainsi que les capacités à réaliser les soins personnels

évaluer par l'échelle « Functional Independence Measure » différent au moment de l'inclusion entre les deux groupes. De même l'âge des participants des groupes de l'étude de Ucar et al. (2014) ainsi que de l'étude de Kayabinar et al. (2019) présentent une différence significative.

Dans l'ensemble, les interventions réalisées au sein des groupes expérimentaux sont bien détaillées. Une étude (Kayabinar et al., 2019) ne précise pas le type de robot utilisé et les modalités d'applications. Cependant, le contenu des séances pour la rééducation conventionnelle est moins détaillé pour certaines études. Les auteurs ne décrivent pas toujours les tâches, les exercices et les techniques réalisés au sein de leurs séances (Park et al., 2020; Park et Chung, 2018; Stolz et al., 2019).

La durée et la fréquence des sessions étaient identiques au sein d'une même étude pour les deux groupes ce qui les a rendus comparable sans risque de biais. Cependant nous savons qu'une installation parfois longue est nécessaire pour le RAGT. Seules les études de Kayabinar et al. (2019) ainsi que de Hidler et al. (2009) précisent que le temps donné correspond au temps d'application du RAGT sans compter le temps d'installation. Nous notons également que la période d'intervention varie entre 2 à 10 semaines. Stolz et al. (2019) ainsi que Park et Chung (2018) ont précisé dans leurs limites que la période d'étude était trop courte pour produire des résultats significatifs.

Dans l'ensemble, les résultats des études sont représentés sous forme de tableaux. Cependant, certaines données ne sont pas toujours rapportées. Nous avons quatre études (Kayabinar et al., 2019; C Park et al., 2020; Stolz et al., 2019; Ucar et al., 2014) où les auteurs ne font pas figurer les écart types des scores. De ce fait, nous avons pu trouver ou calculer la taille de l'effet pour seulement la moitié des études (Bang et Shin, 2016; Kim et al., 2015; Park et al., 2020; Park & Chung, 2018). Il en est de même pour les valeurs de P pour le post-test ou pour l'intervalle de changement ce qui rend parfois la comparaison difficile.

De plus, seulement quatre études ont évalué les effets de l'intervention à long terme. Deux études n'ayant pas fait de suivi (Bang et Shin, 2016; Kayabinar et al., 2019) ont fait mention de cette limitation dans leurs études. Quant à Stolz et al. (2019), ils ont précisé que la période de suivi était trop courte pour déterminer si les améliorations persisteraient dans le temps.

## 5) Limite de la revue

Tout d'abord, nous rappelons que notre revue systématique a été réalisée en suivant les lignes directrices de PRISMA (Gedda, 2017). Le choix d'inclure uniquement des essais randomisés contrôlés a classé nos études à un niveau d'au moins 2b selon le grade des recommandations de la Haute Autorité de Santé (Annexe IX). Nous notons également que les articles inclus sont récents et reflètent donc l'état actuel des connaissances scientifique à ce sujet. Cependant, quelques limites sont à mentionner concernant notre revue.

**Premièrement**, le travail a été effectué par une seule personne. Ceci comprend les recherches, les extractions de données, l'analyse des résultats et l'évaluation de la qualité méthodologique des essais cliniques. **Deuxièmement**, la recherche d'articles a été effectué sur seulement trois bases de données : Pubmed, PEDro, Cochrane Library. Aux vues du grand nombre d'articles que nous avons obtenus (311), nous nous sommes limités à cette sélection. Toutefois, il aurait été intéressant d'étendre cette recherche en allant sur d'autres bases de données et ainsi avoir potentiellement un plus grand nombre d'articles concernant notre sujet. **Troisièmement**, nous retrouvons une grande hétérogénéité entre les différentes interventions réalisées dans nos études, en particulier pour le groupe contrôle. L'interprétation des résultats à ce sujet manquent parfois de clarté en raison de la difficulté de comparaison inter-études. **Quatrièmement**, nous avons inclus des patients post-AVC à n'importe quel stade de la maladie et avec différentes capacités de marche initial pour mettre en évidence la population favorable au RAGT. Cependant, nous n'avons pas pu inclure la même quantité d'articles selon ses deux critères ce qui ne nous a limité dans l'établissement de recommandations sur ces variables. **Cinquièmement**, notre revue se base sur un petit échantillon de 271 patients. Individuellement, les études incluses ont de petits échantillons de population. De plus, pour la majorité des études, la taille de l'échantillon n'a pas été calculé à priori. Ainsi, il est difficile d'éliminer le risque de faux négatif.

## **VI. Conclusion**

Les problèmes à la marche sont un enjeu majeur pour la majorité des personnes atteintes d'AVC. L'équilibre est également fortement altéré ce qui entraîne un risque élevé de chutes. Notre revue s'intéressait donc à examiner l'intérêt d'un réentraînement à la marche assistée par robot sur l'amélioration des capacités à la marche ainsi que l'équilibre des patients post-AVC comparativement à un réentraînement conventionnel seul.

Les résultats de notre revue suggèrent que le RAGT pourrait apporter des effets supérieurs probables à court terme sur la vitesse de la marche chez les patients post-AVC comparativement à une prise en charge conventionnelle. Les effets à court terme sur l'équilibre sont possibles mais reste à déterminer. Des essais cliniques plus larges sont vivement encouragés dans le futur afin d'étudier systématiquement les effets à distance de l'intervention ainsi que l'impact de cette intervention sur les activités de la vie quotidienne et la qualité de vie des patients.

## Bibliographie

- Alia, C., Spalletti, C., Lai, S., Panarese, A., Lamola, G., Bertolucci, F., Vallone, F., Di Garbo, A., Chisari, C., Micera, S., & Caleo, M. (2017). Neuroplastic Changes Following Brain Ischemia and their Contribution to Stroke Recovery : Novel Approaches in Neurorehabilitation. *Frontiers in Cellular Neuroscience, 11*. <https://doi.org/10.3389/fncel.2017.00076>
- Allet, L., Leemann, B., Guyen, E., Murphy, L., Monnin, D., Herrmann, F. R., & Schnider, A. (2009). Effect of Different Walking Aids on Walking Capacity of Patients With Poststroke Hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 90*(8), 1408-1413.  
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.02.010>
- American Thoracic Society. (2002). ATS Statement : Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 166*(1), 111-117.  
<https://doi.org/10.1164/ajrccm.166.1.at1102>
- Andersson, A. G., Kamwendo, K., Seiger, A., & Appelros, P. (2006). How to identify potential fallers in a stroke unit : Validity indexes of 4 test methods. *Journal of Rehabilitation Medicine, 38*(3), 186-191. <https://doi.org/10.1080/16501970500478023>
- ATIH. (2019). *Hospitalisation chiffres clés*.  
[https://www.atih.sante.fr/sites/default/files/public/content/2554/atih\\_chiffres\\_cles\\_hospitalisation\\_2018\\_3.pdf?fbclid=IwAR2a\\_M7vGrsYZcZmx-\\_KhBPqAkhV2agDvRvvJCIMAhgVuDH-EE\\_HJC2WVsM](https://www.atih.sante.fr/sites/default/files/public/content/2554/atih_chiffres_cles_hospitalisation_2018_3.pdf?fbclid=IwAR2a_M7vGrsYZcZmx-_KhBPqAkhV2agDvRvvJCIMAhgVuDH-EE_HJC2WVsM)
- Baene, L. (s. d.). *Les accidents vasculaires cérébraux*. caducee.net. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse <https://www.caducee.net/DossierSpecialises/cardiologie/accidents-vasculaires-cerebraux.asp>

- Balaban, B., & Tok, F. (2014). Gait disturbances in patients with stroke. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 6(7), 635-642. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.12.017>
- Bang, D., & Shin, W. (2016). Effects of robot-assisted gait training on spatiotemporal gait parameters and balance in patients with chronic stroke : A randomized controlled pilot trial. *NeuroRehabilitation*, 38(4), 343-349. <https://doi.org/10.3233/NRE-161325>
- Bang, D.-H., & Shin, W.-S. (2016). Effects of robot-assisted gait training on spatiotemporal gait parameters and balance in patients with chronic stroke : A randomized controlled pilot trial. *NeuroRehabilitation*, 38(4), 343-349. <https://doi.org/10.3233/NRE-161325>
- Barack, S., & Duncan, P. W. (2006, septembre). *Issues in selecting outcome measures to assess functional recovery after stroke*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17012065/>
- Beauchamp, M. K., Skrela, M., Southmayd, D., Trick, J., Kessel, M. V., Brunton, K., Inness, E., & McIlroy, W. E. (2009). Immediate Effects of Cane Use on Gait Symmetry in Individuals with Subacute Stroke. *Physiotherapy Canada*, 61(3), 154-160. <https://doi.org/10.3138/physio.61.3.154>
- Belda-Lois, J.-M., Horno, S. M., Bermejo-Bosch, I., Moreno, J. C., Pons, J. L., Farina, D., Iosa, M., Molinari, M., Tamburella, F., Ramos, A., Caria, A., Solis-Escalante, T., Brunner, C., & Rea, M. (2011). Rehabilitation of gait after stroke : A review towards a top-down approach. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 8, 66. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-66>
- Berg, K., Wood-Dauphinee, S., & Williams, J. I. (1995). The Balance Scale : Reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 27, 27-36.
- Berg, K., Wood-Dauphinee, S., Williams, J., & Maki, B. (1991). Measuring balance in the elderly : Validation of an instrument. *Canadian journal of public health. Revue canadienne de santé publique*, 83 Suppl 2, S7-11.

- Beyaert, C., Vasa, R., & Frykberg, G. E. (2015). Gait post-stroke : Pathophysiology and rehabilitation strategies. *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology*, 45(4-5), 335-355.  
<https://doi.org/10.1016/j.neucli.2015.09.005>
- Cho, J.-E., Yoo, J. S., Kim, K. E., Cho, S. T., Jang, W. S., Cho, K. H., & Lee, W.-H. (2018). Systematic Review of Appropriate Robotic Intervention for Gait Function in Subacute Stroke Patients. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/4085298>
- Collen, F. M., Wade, D. T., & Bradshaw, C. M. (1990). Mobility after stroke : Reliability of measures of impairment and disability. *International Disability Studies*, 12(1), 6-9.  
<https://doi.org/10.3109/03790799009166594>
- Dobkin, B. H. (2005, avril). *Clinical practice. Rehabilitation after stroke—PubMed*.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15843670/>
- Domínguez-Téllez, P., Moral-Muñoz, J., & Casado-Fernández, E. (2019). *Efectos de la realidad virtual sobre el equilibrio y la marcha en el ictus : Revisión sistemática y metaanálisis : Neurología.com*.  
<http://www.neurologia.com/articulo/2019063>
- Eng, J. J., Dawson, A. S., & Chu, K. (2004). Submaximal exercise in individuals with stroke : Test-retest reliability and concurrent validity with VO2max. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(1), 113-118.
- Fasoli, S. E., Krebs, H. I., Stein, J., Frontera, W. R., Hughes, R., & Hogan, N. (2011, juillet). *Robotic therapy for chronic motor impairments after stroke : Follow-up results*. Pubmed.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15241758/>
- Fondation pour la Recherche Médicale. (s. d.). *Comprendre l'accident vasculaire cérébral*. Accident vasculaire cérébral. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse <https://www.frm.org/recherches-maladies-cardiovasculaires/accident-vasculaire-cerebral>

- France AVC. (s. d.). *Les Symptômes—France AVC : Association d'aide aux victimes d'Accident Vasculaire Cérébraux*. france avc. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse <https://www.franceavc.com/page/symptomes>
- Gedda, M. (2017). Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Revue Francophone Internationale de Recherche Infirmière*, 3(1), 19-24. <https://doi.org/10.1016/j.refiri.2017.01.008>
- Hamidzadeh, M., & Zeltzer, L. (s. d.). *Six-Minute Walk Test (6MWT) – Strokengine*. Consulté 8 avril 2021, à l'adresse <https://strokengine.ca/fr/assessments/six-minute-walk-test-6mwt/>
- HAS. (2012a, juin). *Accident vasculaire cérébral : Méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. Méthode « Recommandations pour la pratique clinique »*. [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-11/11irp01\\_reco\\_avc\\_methodes\\_de\\_reeducation.pdf?fbclid=IwAR3CQRHfbsb-dx9NYDo4ExbaF-louHKuQn0NwC-TeWhkqacTcDkwXltUeFs](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-11/11irp01_reco_avc_methodes_de_reeducation.pdf?fbclid=IwAR3CQRHfbsb-dx9NYDo4ExbaF-louHKuQn0NwC-TeWhkqacTcDkwXltUeFs)
- HAS. (2012b, novembre 21). *Accident vasculaire cérébral : Méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. RECOMMANDATION DE BONNE PRATIQUE*. Recommandation de bonne pratique. [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_1334330/fr/accident-vasculaire-cerebral-methodes-de-reeducation-de-la-fonction-motrice-chez-l-adulte](https://www.has-sante.fr/jcms/c_1334330/fr/accident-vasculaire-cerebral-methodes-de-reeducation-de-la-fonction-motrice-chez-l-adulte)
- HAS. (2019, juin 11). *Haute Autorité de Santé—Accident vasculaire cérébral. Pertinence des parcours de rééducation/réadaptation après la phase initiale de l'AVC*. HAS santé. [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_2972905/fr/accident-vasculaire-cerebral-pertinence-des-parcours-de-reeducation/readaptation-apres-la-phase-initiale-de-l-avc](https://www.has-sante.fr/jcms/c_2972905/fr/accident-vasculaire-cerebral-pertinence-des-parcours-de-reeducation/readaptation-apres-la-phase-initiale-de-l-avc)
- Hendrickson, J., Patterson, K. K., Inness, E. L., McIlroy, W. E., & Mansfield, A. (2014). Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke. *Gait & Posture*, 39(1), 177-181. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.06.022>

- Herman, T., Giladi, N., & Hausdorff, J. M. (2011). Properties of the 'Timed Up and Go' Test : More than Meets the Eye. *Gerontology*, 57(3), 203-210. <https://doi.org/10.1159/000314963>
- Hesse, S., Waldner, A., & Tomelleri, C. (2010). Innovative gait robot for the repetitive practice of floor walking and stair climbing up and down in stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 7, 30. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-7-30>
- Hidler, J, Nichols, D., Pelliccio, M., Brady, K., Campbell, D., Kahn, J., & Hornby, T. (2009). Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke. *Neurorehabilitation and neural repair*, 23(1), 5-13. <https://doi.org/10.1177/1545968308326632>
- Hidler, Joseph, Nichols, D., Pelliccio, M., & Brady, K. (2005). *Advances in the understanding and treatment of stroke impairment using robotic devices*. Advances in the understanding and treatment of stroke impairment using robotic devices. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15940582/>
- Hornby, T. G., Campbell, D. D., Kahn, J. H., Demott, T., Moore, J. L., & Roth, H. R. (2008, juin). *Enhanced gait-related improvements after therapist- versus robotic-assisted locomotor training in subjects with chronic stroke : A randomized controlled study*. Pubmed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18467648/>
- Hyndman, D., Ashburn, A., & Stack, E. (2002, février). *Fall events among people with stroke living in the community : Circumstances of falls and characteristics of fallers*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11833018/>
- Inserm. (s. d.). *Accident vasculaire cérébral (AVC)*. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/accident-vasculaire-cerebral-avc>

- Jørgensen, H. S., Nakayama, H., Raaschou, H. O., & Olsen, T. S. (1995, janvier). *Recovery of walking function in stroke patients : The Copenhagen Stroke Study*.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7811170/>
- Kayabinar, E., Ozalp, M., Kocyigit, M. F., As, I., & Elbasan, B. (2019). The effects of robotic and conventional gait training in addition to neurodevelopmental treatment on balance, mobility, and health-related quality of life in patients with stroke. *Neurological sciences and neurophysiology*, 36(2), 112-119. <https://doi.org/10.5152/NSN.2019.10027>
- Kelley, C. P., Childress, J., Boake, C., & Noser, E. A. (2013). Over-ground and robotic-assisted locomotor training in adults with chronic stroke : A blinded randomized clinical trial. *Disability and Rehabilitation. Assistive Technology*, 8(2), 161-168.  
<https://doi.org/10.3109/17483107.2012.714052>
- Kim, S.-Y., Yang, L., Park, I. J., Kim, E. J., JoshuaPark, M. S., You, S. H., Kim, Y.-H., Ko, H.-Y., & Shin, Y.-I. (2015). Effects of Innovative WALKBOT Robotic-Assisted Locomotor Training on Balance and Gait Recovery in Hemiparetic Stroke : A Prospective, Randomized, Experimenter Blinded Case Control Study With a Four-Week Follow-Up. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering: A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 23(4), 636-642. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2015.2404936>
- Kosak, M., & Smith, T. (2005). Comparison of the 2-, 6-, and 12-minute walk tests in patients with stroke. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 42(1), 103-107.  
<https://doi.org/10.1682/jrrd.2003.11.0171>
- Kubo, H., Nozoe, M., Kanai, M., Furuichi, A., Onishi, A., Kajimoto, K., Mase, K., & Shimada, S. (2020). Reference value of 6-minute walk distance in patients with sub-acute stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 27(5), 337-343. <https://doi.org/10.1080/10749357.2019.1704372>

- Kwakkel, G., Kollen, B., & Lindeman, E. (2004). Understanding the pattern of functional recovery after stroke : Facts and theories. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 22(3-5), 281-299.
- Lajoie, Y., & Gallagher, S. P. (2004). Predicting falls within the elderly community : Comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 38(1), 11-26. [https://doi.org/10.1016/S0167-4943\(03\)00082-7](https://doi.org/10.1016/S0167-4943(03)00082-7)
- Laver, K. E., S, G., S, T., Je, D., & M, C. (2015). Virtual reality for stroke rehabilitation. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2015(2). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub3>
- Le partenariat PEDro. (s. d.). *Échelle PEDro*. PEDro. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse <https://pedro.org.au/french/resources/pedro-scale/>
- Lee, H. S., Park, Y. J., & Park, S. W. (2019). The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients : A Systematic Review and Meta-Analysis. *BioMed Research International*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/7595639>
- Lewek, M. D., Bradley, C. E., Wutzke, C. J., & Zinder, S. M. (2014). The relationship between spatiotemporal gait asymmetry and balance in individuals with chronic stroke. *Journal of Applied Biomechanics*, 30(1), 31-36. <https://doi.org/10.1123/jab.2012-0208>
- Li, M., Tian, S., Sun, L., & Chen, X. (2019). Gait Analysis for Post-Stroke Hemiparetic Patient by Multi-Features Fusion Method. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19(7). <https://doi.org/10.3390/s19071737>
- Lokomat®. (s. d.). *Hocoma*. Consulté 16 mai 2021, à l'adresse <https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/>
- Mayer, M. (2002). Clinical neurokinesiology of spastic gait. *Bratislavske Lekarske Listy*, 103(1), 3-11.
- Mayo, N. E., Wood-Dauphinee, S., Ahmed, S., Gordon, C., Higgins, J., McEwen, S., & Salbach, N. (1999, juin). *Disablement following stroke*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10381238/>

- Médimex. (s. d.-a). *Lokomat—Medimex*. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse <https://www.medimex.fr/lokomat.html>
- Médimex. (s. d.-b). *Rééducation robotisée et Instrumentée—Medimex*. La rééducation robotique. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse <https://www.medimex.fr/robotique.html>
- Mehrholz, J., Thomas, S., Werner, C., Kugler, J., Pohl, M., & Elsner, B. (2017). Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2017(5). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006185.pub4>
- Mirelman, A., Bonato, P., & Deutsch, J. E. (2009). Effects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke. *Stroke*, 40(1), 169-174. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.108.516328>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses : The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Nichols, D. S. (1997). Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Physical Therapy*, 77(5), 553-558. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.5.553>
- Nyberg, L., & Gustafson, Y. (1995). Patient falls in stroke rehabilitation. A challenge to rehabilitation strategies. *Stroke*, 26(5), 838-842. <https://doi.org/10.1161/01.str.26.5.838>
- Olivier, A.-H. (2008). *Analyse dans le plan courbure-vitesse d'un changement de direction lors de la marche*.
- Olney, S. J., & Richards, C. (1996). Hemiparetic gait following stroke. Part I : Characteristics. *Gait & Posture*, 4(2), 136-148. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)01063-6](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)01063-6)
- OMS. (s. d.). *Accident vasculaire cérébral (AVC)*. WHO; World Health Organization. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse [https://www.who.int/topics/cerebrovascular\\_accident/fr/](https://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/fr/)

- Pang, M. Y. C., Eng, J. J., & Dawson, A. S. (2005). Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke : Influence of stroke-specific impairments. *Chest*, 127(2), 495-501. <https://doi.org/10.1378/chest.127.2.495>
- Park, C, Oh-Park, M., Dohle, C., Bialek, A., Friel, K., Edwards, D., Krebs, H., & You, J. (2020). Effects of innovative hip-knee-ankle interlimb coordinated robot training on ambulation, cardiopulmonary function, depression, and fall confidence in acute hemiplegia. *NeuroRehabilitation*, 46(4), 577-587. <https://doi.org/10.3233/NRE-203086>
- Park, Chanhee, Oh-Park, M., Dohle, C., Bialek, A., Friel, K., Edwards, D., Krebs, H. I., & You, J. S. H. (2020). Effects of innovative hip-knee-ankle interlimb coordinated robot training on ambulation, cardiopulmonary function, depression, and fall confidence in acute hemiplegia. *NeuroRehabilitation*, 46(4), 577-587. <https://doi.org/10.3233/NRE-203086>
- Park, J., & Chung, Y. (2018). The effects of robot-assisted gait training using virtual reality and auditory stimulation on balance and gait abilities in persons with stroke. *NeuroRehabilitation*, 43(2), 227-235. <https://doi.org/10.3233/NRE-172415>
- Partenariat Canadien pour le rétablissement de l'AVC. (s. d.). *Indice de Barthel*. Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse <https://www.strokengine.ca/fr/indepth/revue-detaillee-de-lindice-de-barthel/>
- Patel, A. T., Duncan, P. W., Lai, S. M., & Studenski, S. (2000). The relation between impairments and functional outcomes poststroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(10), 1357-1363. <https://doi.org/10.1053/apmr.2000.9397>
- Patterson, K. K., Parafianowicz, I., Danells, C. J., Closson, V., Verrier, M. C., Staines, W. R., Black, S. E., & McIlroy, W. E. (2008). Gait Asymmetry in Community-Ambulating Stroke Survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(2), 304-310. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.08.142>

- Pélissier, J., Pérennou, D., & Laassel, E. (1997). Analyse instrumentale de la marche de l'hémiplégique adulte : Revue de la littérature. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 40(5), 297-313. [https://doi.org/10.1016/S0168-6054\(97\)89510-4](https://doi.org/10.1016/S0168-6054(97)89510-4)
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed « Up & Go » : A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
- Sahin, I. E., Guclu-Gunduz, A., Yazici, G., Ozkul, C., Volkan-Yazici, M., Nazliel, B., & Tekindal, M. A. (2019). The sensitivity and specificity of the balance evaluation systems test-BESTest in determining risk of fall in stroke patients. *NeuroRehabilitation*, 44(1), 67-77. <https://doi.org/10.3233/NRE-182558>
- Salbach, N. M., Mayo, N. E., Higgins, J., Ahmed, S., Finch, L. E., & Richards, C. L. (2001). Responsiveness and predictability of gait speed and other disability measures in acute stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(9), 1204-1212. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.24907>
- Sheffler, L. R., & Chae, J. (2015). Hemiparetic Gait. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 26(4), 611-623. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2015.06.006>
- Shumway-Cook, A., Brauer, S., & Woollacott, M. (2000). Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults Using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy*, 80(9), 896-903. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.9.896>
- Smania, N., Picelli, A., Gandolfi, M., Fiaschi, A., & Tinazzi, M. (2008). Rehabilitation of sensorimotor integration deficits in balance impairment of patients with stroke hemiparesis : A before/after pilot study. *Neurological Sciences*, 29(5), 313. <https://doi.org/10.1007/s10072-008-0988-0>
- Société de Chirurgie Vasculaire et Endovasculaire de Langue Française. (s. d.). *Qu'est ce qu'un accident vasculaire cérébral ischémique ? QU'EST CE QU'UN ACCIDENT VASCULAIRE CÉRÉBRAL ISCHÉMIQUE ?* Consulté 23 septembre 2020, à l'adresse

<https://www.vasculaire.com/fr/Maladies/Stenose-Carotidienne/Qu-est-ce-qu-un-accident-vasculaire-cerebral-ischemique>

Stolz, R., Nayyar, R., Louie, J., Bower, K. J., Paul, S. K., & Ng, L. (2019). The effectiveness of a novel cable-driven gait trainer (Robowalk) combined with conventional physiotherapy compared to conventional physiotherapy alone following stroke : A randomised controlled trial. *International Journal of Rehabilitation Research. Internationale Zeitschrift Fur Rehabilitationsforschung. Revue Internationale De Recherches De Readaptation*, 42(4), 377-384.

<https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000375>

Swinnen, E., Beckwée, D., Meeusen, R., Baeyens, J.-P., & Kerckhofs, E. (2014). Does Robot-Assisted Gait Rehabilitation Improve Balance in Stroke Patients? A Systematic Review. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 21(2), 87-100. <https://doi.org/10.1310/tsr2102-87>

Taveggia, G., Borboni, A., Mulé, C., Villafañe, J. H., & Negrini, S. (2016). Conflicting results of robot-assisted versus usual gait training during postacute rehabilitation of stroke patients : A randomized clinical trial. *International Journal of Rehabilitation Research. Internationale Zeitschrift Fur Rehabilitationsforschung. Revue Internationale De Recherches De Readaptation*, 39(1), 29-35. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000137>

Tedla, J. S., Dixit, S., Gular, K., & Abohashrh, M. (2019). Robotic-Assisted Gait Training Effect on Function and Gait Speed in Subacute and Chronic Stroke Population : A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *European Neurology*, 81(3-4), 103-111.

<https://doi.org/10.1159/000500747>

Théapiemiroir.com. (2016, octobre 27). *AVC et Assistance Robotisée | Thérapie Miroir*.

<https://therapiemiroir.com/avc-et-assistance-robotisee/>

Tunik, E., Saleh, S., & Adamovich, S. V. (2013). Visuomotor discordance during visually-guided hand movement in Virtual Reality modulates sensorimotor cortical activity in healthy and hemiparetic

subjects. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 21(2), 198-207.

<https://doi.org/10.1109/TNSRE.2013.2238250>

Ucar, D. E., Paker, N., & Buğdaycı, D. (2014). Lokomat : A therapeutic chance for patients with chronic hemiplegia. *NeuroRehabilitation*, 34(3), 447-453. <https://doi.org/10.3233/NRE-141054>

Veerbeek, J. M., van Wegen, E., van Peppen, R., van der Wees, P. J., Hendriks, E., Rietberg, M., & Kwakkel, G. (2014). What Is the Evidence for Physical Therapy Poststroke? A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 9(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087987>

Wang, Z., Wang, P., Xing, L., Mei, L., Zhao, J., & Zhang, T. (2017). Leap Motion-based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients. *Neural Regeneration Research*, 12(11), 1823-1831.

<https://doi.org/10.4103/1673-5374.219043>

Weerdesteyn, V., Niet, M. de, Duijnhoven, H. J. R. van, & Geurts, A. C. H. (2008). *Falls in individuals with stroke*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19235120/>

Weiss, P., Kizony, R., Feintuch, U., & Katz, N. (2006). Virtual reality in neurorehabilitation. *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation*, 182-197. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511545078.015>

Westlake, K., & Patten, C. (2009). Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 6(1).

<https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-18>

Woolley, S. M. (2001). *Characteristics of gait in hemiplegia*. Topics in Stroke Rehabilitation.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14523755/>

Zeiler, S. R., & Krakauer, J. W. (2013). The interaction between training and plasticity in the poststroke brain. *Current Opinion in Neurology*, 26(6), 609-616.

<https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000025>

Zeltzer, L., & McDermott, A. (2010). *Échelle d'équilibre de Berg (EEB) – Strokengine*.

<https://strokengine.ca/fr/assessments/echelle-dequilibre-de-berg-eeb/>

Zeltzer, L., & Zaino, G. (2008). *Timed Up and Go (TUG) – Strokengine*.

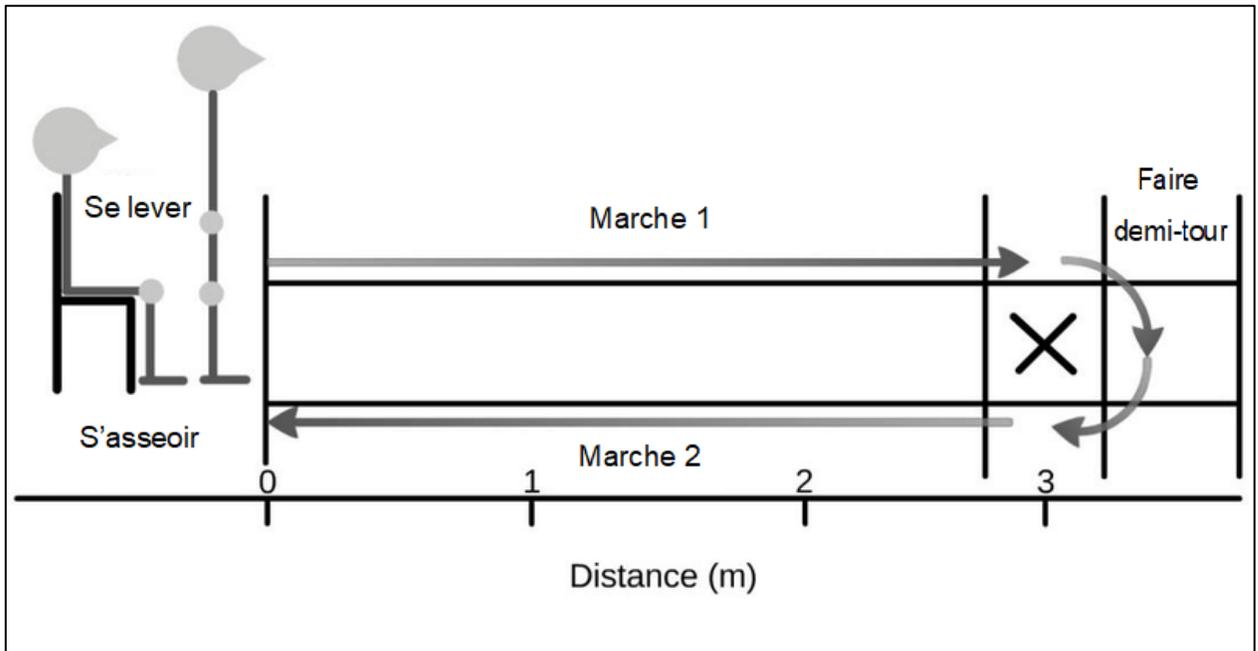
<https://strokengine.ca/fr/assessments/timed-up-and-go-tug/>

# Annexes

## **SOMMAIRE DES ANNEXES**

- Annexe I** : Timed Up and Go (TUG)
- Annexe II** : Berg Balance Scale (BBS)
- Annexe III** : Tableau des résultats de la recherche des bases de données
- Annexe IV** : Echelle de PEDro
- Annexe V** : Tableau des résumés des différents types d'interventions réalisées au sein des études
- Annexe VI** : Tableau des effets de l'intervention sur les capacités locomotrices
- Annexe VII** : Tableau des effets de l'intervention sur l'équilibre
- Annexe VIII** : Tableau de l'évaluation de la qualité méthodologique des études selon l'Echelle PEDro
- Annexe IX** : Grade des recommandations de la HAS

Annexe I : Timed Up and Go (TUG)



## Annexe II : Berg Balance Scale (BBS)

Nom : Prénom : Endroit de réalisation des tâches :		Médecin prescripteur : Diagnostic : Kinésithérapeute :		Dates		
Instructions, items et cotation						
<b>1. Transfert assis-débout.</b> Levez-vous. Essayez de ne pas utiliser vos mains pour vous lever	4 : capable de se lever sans les mains et se stabilise indépendamment					
	3 : capable de se lever indépendamment avec les mains					
	2 : capable de se lever avec les mains après plusieurs essais					
	1 : a besoin d'un minimum d'aide pour se lever ou se stabiliser					
	0 : a besoin d'une assistance modérée ou maximale pour se lever					
<b>2. Station debout sans appui.</b> Restez debout sans vous tenir	4 : capable de rester debout en sécurité 2 minutes					
	3 : capable de rester debout 2 minutes avec une supervision					
	2 : capable de rester debout 30 secondes sans se tenir					
	1 : a besoin de plusieurs essais pour rester debout 30 secondes sans se tenir					
	0 : incapable de rester debout 30 secondes sans assistance					
<b>Si le sujet peut rester debout 2 minutes sans se tenir, attribuer le score maximum à l'item 3 et passer à l'item 4.</b>						
<b>3. Assis sans dossier mais les pieds en appui au sol ou sur un repose-pieds.</b> Restez assis les bras croisés pendant 2 minutes	4 : capable de rester assis en sûreté et sécurité pendant 2 minutes					
	3 : capable de rester assis en sûreté et sécurité pendant 2 minutes avec une supervision					
	2 : capable de rester assis 30 secondes					
	1 : capable de rester assis 10 secondes					
	0 : incapable de rester assis sans appuis 10 secondes					
<b>4. Transfert debout-assis.</b> Asseyez-vous	4 : S'assoit en sécurité avec une aide minimale des mains					
	3 : Contrôle la descente en utilisant les mains					
	2 : Utilise l'arrière des jambes contre le fauteuil pour contrôler la descente					
	1 : S'assoit indépendamment mais a une descente incontrôlée					
	0 : a besoin d'une assistance pour s'asseoir					
<b>5. Transfert d'un siège à un autre</b>	4 : Se transfert en sécurité avec une aide minimale des mains					
	3 : Se transfert en sécurité mais a absolument besoin des mains					
	2 : Se transfert mais avec des directives verbales et/ou une supervision					
	1 : a besoin d'une personne pour aider					
	0 : a besoin de 2 personnes pour assister ou superviser					
<b>6. Station debout yeux fermés.</b> Fermez les yeux et restez debout yeux fermés 10 secondes	4 : capable de rester debout 10 secondes en sécurité					
	3 : capable de rester debout 10 secondes avec une supervision					
	2 : capable de rester debout 3 secondes					
	1 : incapable de garder les yeux fermés 3 secondes mais resté stable					
	0 : a besoin d'aide pour éviter les chutes					

<b>7. Station debout avec les pieds joints. Serrez vos pieds et restez debout sans bouger</b>	4 : capable de placer ses pieds joints indépendamment et reste debout 1 minute en sécurité			
	3 : capable de placer ses pieds joints indépendamment et reste debout 1 minute avec une supervision			
	2 : capable de placer ses pieds joints indépendamment et de tenir 30 secondes			
	1 : a besoin d'aide pour atteindre la position mais est capable de rester debout ainsi 15 secondes			
	0 : a besoin d'aide pour atteindre la position et est incapable de rester debout ainsi 15 secondes			
<b>8. Station debout, atteindre vers l'avant, bras tendus. Levez les bras à 90°. Étendez les doigts vers l'avant aussi loin que vous pouvez</b>	4 : peut aller vers l'avant en toute confiance > 25 cm			
	3 : peut aller vers l'avant > 12,5 cm en sécurité			
	2 : peut aller vers l'avant > 5 cm en sécurité			
	1 : peut aller vers l'avant mais avec une supervision			
	0 : perd l'équilibre quand essaye le mouvement ou a besoin d'un appui extérieur			
<b>9. Ramassage d'un objet au sol. Ramassez le chausson qui est placé devant vos pieds</b>	4 : capable de ramasser le chausson en sécurité et facilement			
	3 : capable de ramasser le chausson avec une supervision			
	2 : incapable de ramasser le chausson mais l'approche à 2-5 cm et garde un équilibre indépendant			
	1 : incapable de ramasser et a besoin de supervision lors de l'essai			
	0 : incapable d'essayer ou a besoin d'assistance pour éviter les pertes d'équilibre ou les chutes			
<b>10. Debout, se tourner en regardant par-dessus son épaule droite et gauche. Regardez derrière vous par-dessus l'épaule gauche. Répétez à droite</b>	4 : regarde derrière des 2 côtés et déplace bien son poids			
	3 : regarde bien d'un côté et déplace moins bien son poids de l'autre			
	2 : tourne latéralement seulement mais garde l'équilibre			
	1 : a besoin de supervision lors de la rotation			
	0 : a besoin d'assistance pour éviter les pertes d'équilibre ou les chutes			
<b>11. Tour complet (360°). Faites un tour complet. De même dans l'autre direction</b>	4 : capable de tourner de 360° en sécurité en 4 secondes ou moins			
	3 : capable de tourner de 360° d'un côté seulement en 4 secondes ou moins			
	2 : capable de tourner de 360° en sécurité mais lentement			
	1 : a besoin d'une supervision rapprochée ou de directives verbales			
	0 : a besoin d'une assistance lors de la rotation			
<b>12. Debout, placer alternativement un pied sur une marche du ou sur un marche-pied. Placez alternativement chacun de vos pieds sur la marche de ou sur le marche-pied. Continuez jusqu'à ce que chaque pied ait réalisé cela 4 fois</b>	4 : capable de rester debout indépendamment et en sécurité et complète les 8 marches en 20 secondes			
	3 : capable de rester debout indépendamment et complète les 8 marches en > 20 secondes			
	2 : capable de compléter 4 marches sans aide et avec une supervision			
	1 : capable de compléter > 2 marches avec une assistance minimale			
	0 : a besoin d'assistance pour éviter les chutes. Incapable d'essayer			
<b>13. Debout un pied devant l'autre. Montrez au sujet. Placez un pied directement devant l'autre. Si vous sentez que vous ne pouvez pas le faire, essayez de placer votre talon plus loin que les orteils du pied opposé</b>	4 : capable de placer son pied directement devant l'autre (tandem) indépendamment et de tenir 30 secondes			
	3 : capable de placer son pied devant l'autre indépendamment et de tenir 30 secondes			
	2 : capable de réaliser un petit pas indépendamment et de tenir 30 secondes			
	1 : a besoin d'aide pour avancer le pied mais peut le maintenir 15 secondes			
	0 : perd l'équilibre lors de l'avancée du pas ou de la position debout			
<b>14. Station unipodale. Restez sur un pied aussi longtemps que vous pouvez tenir</b>	4 : capable de lever un pied indépendamment et de tenir > 10 secondes			
	3 : capable de lever un pied indépendamment et de tenir entre 5 et 10 secondes			
	2 : capable de lever un pied indépendamment et de tenir au moins 3 secondes			
	1 : essaye de lever le pied, incapable de tenir 3 secondes mais reste debout indépendamment			
	0 : incapable d'essayer ou a besoin d'assistance pour éviter les chutes			
Score total : maximum 56 points				

Annexe III : Tableau des résultats de la recherche des bases de données

Base de données	Mots clés	Nombres d'articles
Pubmed	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stroke: <i>cerebrovascular accident, CVA, cerebral infarct, cerebral hemorrhage, hemiplegia, hemiparesis</i></li> <li>- Gait: <i>walking, walk, ambulation</i></li> <li>- Balance: <i>equilibrium</i></li> <li>- Robot-assisted gait training: <i>Lokomat®, RAGT, robotic rehabilitation, exoskeleton, robot</i></li> </ul>	<b>159</b>
PEDro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stroke</li> <li>- Gait</li> <li>- Balance</li> <li>- Robot*</li> </ul>	<b>28</b>
Cochrane Library	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stroke: <i>cerebrovascular accident, CVA, cerebral infarct, cerebral hemorrhage, hemiplegia, hemiparesis</i></li> <li>- Gait: <i>walking, walk, ambulation</i></li> <li>- Balance: <i>equilibrium</i></li> <li>- Robot-assisted gait training: <i>Lokomat®, RAGT, robotic rehabilitation, exoskeleton, robot</i></li> </ul>	<b>124</b>
		<b>Total = 311</b>

## Annexe IV : Echelle de PEDro

### Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi développée par Verhagen et ses collègues au département d'épidémiologie de l'Université de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). Cette liste est basée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items supplémentaires à la liste Delphi (critères 8 et 10 de l'échelle PEDro) ont été inclus dans l'échelle PEDro. Si plus de données empiriques apparaissent, il deviendra éventuellement possible de pondérer certains critères de manière à ce que le score de PEDro reflète l'importance de chacun des items.

L'objectif de l'échelle PEDro est d'aider l'utilisateur de la base de données PEDro à rapidement identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés indexés dans PEDro (c'est-à-dire les essais contrôlés randomisés et les essais cliniques contrôlés, sans précision) qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables (critères 10 à 11). Un critère supplémentaire (critère 1) qui est relatif à la validité "externe" (c'est "la généralisabilité" de l'essai ou son "applicabilité") a été retenu dans l'échelle PEDro pour prendre en compte toute la liste Delphi, mais ce critère n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro cité sur le site Internet de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée pour mesurer la "validité" des conclusions d'une étude. En particulier, nous mettons en garde les utilisateurs de l'échelle PEDro sur le fait que les études qui montrent des effets significatifs du traitement et qui ont un score élevé sur l'échelle PEDro, ne signifie pas nécessairement que le traitement est cliniquement utile. Il faut considérer aussi si la taille de l'effet du traitement est suffisamment grande pour que cela vaille la peine cliniquement d'appliquer le traitement. De même, il faut évaluer si le rapport entre les effets positifs du traitement et ses effets négatifs est favorable. Enfin, la dimension coût/efficacité du traitement est à prendre compte pour effectuer un choix. L'échelle ne devrait pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais réalisés dans différents domaines de la physiothérapie, essentiellement parce qu'il n'est pas possible de satisfaire à tous les items de cette échelle dans certains domaines de la pratique kinésithérapique.

Dernière modification le 21 juin 1999. Traduction française le 1 juillet 2010

#### Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

- Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté.** Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.
- Critère 1 Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisés pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
- Critère 2 Une étude est considérée avoir utilisé une *répartition aléatoire* si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
- Critère 3 Une *assignation secrète* signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
- Critère 4 Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.
- Critères 4, 7-11 Les *critères de jugement* essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
- Critères 5-7 Être "*en aveugle*" signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "en aveugle" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "en aveugle" si le sujet l'est aussi.
- Critère 8 Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement *à la fois* le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes *et* le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
- Critère 9 Une *analyse en intention* de traiter signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
- Critère 10 Une comparaison statistique *intergroupe* implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
- Critère 11 Une *estimation de l'effet* est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les *estimations de la variabilité* incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

Annexe V : Tableau des résumés des différents types d'interventions réalisées au sein des études

	<b>Groupe expérimental</b>	<b>Groupe contrôle</b>
<b>Park et al. (2020)</b>	<p><b>60 min de rééducation conventionnelle</b></p> <p><b>30 min de Walkbot</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Support de poids : 30-40%, puis diminution de 5-10% par session</li> <li>- Longueur de foulée : 1,0-1,6 m/cycle</li> <li>- Vitesse : 1,0-1,2 km/h, puis augmentation de 0,1 km/h toutes les 5min (max à 3,0 km/h)</li> <li>- Force de guidage de 100% (mode passif) à 0% (mode actif)</li> <li>- Biofeedback audiovisuel</li> </ul>	<p><b>60 min de rééducation conventionnelle</b></p> <p><b>30 min rééducation à la marche au sol</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Axée sur les activités de pré-démarche et/ou d'entraînement à la marche</li> <li>- Marche en arrière</li> </ul>
<b>Stolz et al. (2019)</b>	<p><b>30 min de rééducation conventionnelle</b></p> <p><b>30 min de Robowalk</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tension des câbles appliquées en fonction des besoins du patient</li> <li>- Devant au-dessus de la cheville</li> <li>- Devant le 1/3 inférieur du fémur</li> <li>- Derrière au-dessus de la cheville</li> <li>- Derrière le 1/3 inférieur du fémur</li> </ul>	<p><b>60 min de rééducation conventionnelle</b></p>
<b>Hidler et al. (2009)</b>	<p><b>45 min de Lokomat</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Première séance axée sur les réglages</li> <li>- Support de poids : 40% puis diminution de 5-10% par session</li> </ul>	<p><b>45 min rééducation à la marche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tâches posturales statique et dynamique</li> <li>- Amplitudes de mouvements membres inférieurs et supérieurs</li> <li>- Travail d'équilibre</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse : 1,5 km/h (0,42 m/s) puis augmentation de 0,2 km/h (0,06 m/s) par session jusqu'à 3,0 km/h (0,83 m/s)</li> <li>- Force de guidage (100% à 0%)</li> <li>- Biofeedback visuel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marche en surface -tâches sur la vitesse, symétrie des MI, montée des escaliers</li> <li>- Marche sur tapis roulant (15 min max)</li> </ul>
<b>Kim et al. (2015)</b>	<p><b>40 de rééducation à la marche au sol</b> (Identique au GC)</p> <p>40 min de Walkbot</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Support de poids : 40-60%, puis diminution de 5-10% par session</li> <li>- Longueur de foulée : 1,0-1,6 m/cycle</li> <li>- Vitesse : 1,0-1,2 km/h, puis augmentation de 0,1 km/h toutes les 5 min (max à 3,0 km/h)</li> <li>- Force de guidage (100%-10%)</li> <li>- Biofeedback visuel et proprioceptif</li> </ul>	<p><b>80 min de rééducation conventionnelle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exercice de mobilité au lit</li> <li>- Etirements</li> <li>- Travail de l'équilibre en position assise</li> <li>- Transfert assis/debout et inversement</li> <li>- Renforcement tibial antérieur, quadriceps, grand fessier, moyen fessier (avec ou sans stimulation électrique fonctionnelle)</li> <li>- Travail de l'équilibre debout</li> <li>- Marche sur tapis roulant avec support de poids</li> <li>- Marche au sol</li> </ul>
<b>Park et Chung (2018)</b>	<p><b>45 minutes de Lokomat</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Support de poids 30% puis diminution de 5%</li> <li>- Vitesse : 1,5-2,5 km/h puis augmentation de 5%</li> <li>- Force de guidage : 100% et diminution de 10%</li> <li>- Réalité virtuelle</li> </ul>	<p><b>45 min de rééducation à la marche sur tapis roulant</b></p>
<b>Ucar et al. (2014)</b>	<p><b>30 min de Lokomat</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Support de poids : 50%</li> <li>- Vitesse : 1,5 km/h</li> <li>- Force de guidage adapté aux patients</li> <li>- Réalité virtuelle</li> </ul>	<p><b>30 min de rééducation conventionnelle à domicile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Axée sur la démarche</li> <li>- Amplitude de mouvement active et passive</li> <li>- Exercices actifs</li> <li>- Renforcement de la jambe parétique</li> <li>- Travail de l'équilibre</li> </ul>
<b>Bang et Shin (2016)</b>	<p><b>60 min de Lokomat</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Support de poids : 40% puis diminution en fonction du patient</li> </ul>	<p><b>60 min de rééducation à la marche sur tapis roulant</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pente : 0%</li> <li>- Echauffement de 5 min à 50% vitesse max</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse : 0,45 m/s puis augmentation en fonction du patient</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1-2 min d'entraînement dépendant de la vitesse</li> <li>- 10 sec à vitesse max, si marche sécuritaire la vitesse a été augmenté de 10% lors de la prochaine session. Si marche non sécuritaire la vitesse a été diminué de 10% lors de la prochaine session</li> </ul>
<b>Kayabinar et al. (2019)</b>	<b>40 min de RAGT</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réalité virtuelle</li> </ul>	<b>40 min de rééducation à la marche au sol</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exercice d'équilibre, et contrôle postural pendant la marche</li> <li>- Se lever de différentes hauteurs</li> <li>- Transfert de poids sur un pied entre les barres parallèles</li> <li>- Exercices de flexion (squats) et d'extension des genoux</li> <li>- Travail du pas sur une marche</li> <li>- Marche en avant, en arrière et sur les côtés, avec différents obstacles</li> </ul>

## Annexe VI : Tableau des effets de l'intervention sur les capacités locomotrices

	mesure	Effets de l'intervention								Comparaisons inter-groupes (valeur de P)			
		Groupe Expérimental				Groupe Contrôle				Post	Δ	Suivi	ES
		Pré	Post	Δ	Suivi	Pré	Post	Δ	Suivi				
Ucar et al. (2014)	10m (sec.)	13,3 ±NR	10,6** ±NR	2,7 <sup>Δ</sup>	9,5** ±NR	17,5 ±NR	16,7** ±NR	0,8 <sup>Δ</sup>	17,6 ±NR	0,007 <sup>+</sup>	NR	<0,001 <sup>+++</sup>	NR
Hidler et al. (2009)	6min (m)	387,8 ±43,4	NR	164,6 ±32,5	591,9 ±NR	440,7 ±46,4	NR	274,0 ±35,4	775,2 ±NR	NR	0,03 <sup>+</sup>	0,07	3,2 <sup>c</sup>
Park et Chung (2018)	10m (sec.)	29,2 ±2,5	17,1 ±1,3**	-12,1 ±2,9***		28,2 ±3,2	20,4 ±2,3***	-7,8 ±2,7***		NR	<0,05 <sup>+</sup>		1,5 <sup>c</sup>
Stolz et al. (2019)	10m (m/s)	0,47 ±0,4	NR	0,52* ±NR	1,05* ±NR	0,47 ±0,6	NR	0,28* ±NR	0,73 ±NR	NR	0,11	0,12	NR
	6min (m)	147,8 ±147,0	NR	134,1* ±NR	300,4* ±NR	135,5 ±164,8	NR	86,4* ±NR	224,4 ±NR	NR	0,26	0,30	NR

Effet significatif intragroupe ; \*p < 0,05 ; \*\*p < 0,01 ; \*\*\*p < 0,001 / Effet significatif intergroupe ; +p < 0,05 ; ++p < 0,01 ; +++p < 0,001 Abréviations NR = Non Renseigné ou calcul impossible par manque de donnée ; Δ = Delta (différence post-pré) ; <sup>Δ</sup> = Delta calculé (différence post-pré) ; ES = Effect size ; <sup>a</sup> = effet faible ; <sup>b</sup> = effet moyen ; <sup>c</sup> = effet élevé.

● Effet significatif intergroupe en faveur du GC ; ● Effet significatif intergroupe en faveur du GE

Annexe VII : Tableau des effets de l'intervention sur l'équilibre

	mesure	Effets de l'intervention								Comparaisons inter-groupes (valeur de P)			
		Groupe Expérimental				Groupe Contrôle				Post	Δ	Suivi	ES
		Pré	Post	Δ	Suivi	Pré	Post	Δ	Suivi				
Bang et Shin (2016)	BBS (/56)	43,2 ±2,5	48,9 ±2,4*	5,7 ±1,1		42,1 ±2,4	46,3 ±1,9*	3,9 ±1,9		0,02 <sup>+</sup>	0,05 <sup>+</sup>		0,6 <sup>b</sup>
Ucar et al. (2014)	TUG (sec.)	14,2 ±NR	12,2** ±NR	-2,0 <sup>Δ</sup>	11,5*** ±NR	17,1 ±NR	16,3** ±NR	-0,8 <sup>Δ</sup>	17,3 ±NR	0,04 <sup>+</sup>	NR	0,01 <sup>+</sup>	NR
Hidler et al. (2009)	BBS (/56)	36,7 ±1,9	NR	6,0 ±0,9	42,7 ±NR	39,9 ±2,0	NR	6,6 ±1,0	46,9 ±NR	NR	0,67	0,54	NR
Kim et al. (2015)	BBS (/56)	19,2 ±14,6	33,9 ±12,9*	14,7 <sup>Δ</sup>	39,2 ±11,5*	19,8 ±9,0	27,0 ±7,9*	7,2 <sup>Δ</sup>	31,2 ±7,3*	0,03 <sup>+</sup>	NR	NR	0,7 <sup>b</sup>
Park et al. (2020)	BBS (/56)	25,4 ±5,0	42,9 ±7,4*	17,4 ±NR		24,9 ±8,3	34,7 ±9,9*	9,9 ±NR		NR	0,06		0,3 <sup>a</sup>
Park et Chung (2018)	BBS (/56)	40,5 ±1,7	50,2 ±1,7***	9,7 ±2,0***		40,6 ±2,0	45,8 ±1,9***	5,1 ±1,5***		NR	<0,05 <sup>+</sup>		2,7 <sup>c</sup>
	TUG (sec.)	27,3 ±2,3	14,5 ±2,8***	-12,8 ±3,2***		26,1 ±3,9	19,4 ±2,8***	6,6 ±3,4***		NR	<0,05 <sup>+</sup>		1,9 <sup>c</sup>
Stolz et al. (2019)	TUG (m/s)	0,26 ±0,3	NR	0,54* ±NR	0,88* ±NR	0,19 ±0,2	NR	0,39* ±NR	0,6* ±NR	NR	0,11	0,10	NR
Kayabinar et al. (2019)	BBS (/56)	46,0 ±(32,5-50,0)	51,0*** ±(45,3-53,8)	5,0 ±NR		42,0 ±(24,0-50,0)	50,5*** ±(36,8-54,0)	5,0 ±NR		0,55	0,74		NR
	TUG (sec.)	20,0 ±(12,2-33,8)	19,0*** ±(9,9-23,3)	-3,9 ±(1,9-5,7)		30,5 ±(16,1-44,0)	21,2*** ±(13,6-38,7)	-3,2 ±(1,6-10,6)		0,20	0,67		NR

Les variables quantitatives continues sont exprimées en moyenne ± écart-type ou en médianes ± interquartile pour l'étude de Kayabinar. Effet significatif intragroupe ; \*p < 0,05 ; \*\*p < 0,01 ; \*\*\*p < 0,001 / Effet significatif intergroupe ; +p < 0,05 ; ++p < 0,01 ; +++p < 0,001 Abréviations NR = Non Renseigné ou calcul impossible par manque de donnée ; Δ = Delta (différence post-pré) ; <sup>a</sup> = Delta calculé (différence post-pré) ; ES = Effect size ; <sup>a</sup> = effet faible ; <sup>b</sup> = effet moyen ; <sup>c</sup> = effet élevé.

● Effet significatif intergroupe en faveur du GC ; ● Effet significatif intergroupe en faveur du GE

Annexe VIII : Tableau de l'évaluation de la qualité méthodologique des études selon l'Echelle PEDro

Echelle PEDro	Stolz et al. (2019)	Park et al. (2020)	Hidler et al. (2009)	Kim et al. (2015)	Park et Chung (2018)	Ucar et al. (2014)	Bang et Shin (2016)	Kayabinar et al. (2019)	Critères validés par les études, n (%)
1. Critères d'éligibilité ?	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	8 (100)
2. Répartition aléatoire ?	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	8 (100)
3. Assignment secrète ?	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	2 (25)
4. Similarité des groupes en début d'étude ?	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	5 (62,5)
5. Participants en « aveugles » ?									
6. Thérapeutes en « aveugles » ?									
7. Examineurs en « aveugles » ?	OUI	NON	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	6 (75)
8. Mesures obtenues pour > 85 % des participants ?	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	7 (87,5)
9. Analyse en intention de traiter pour au moins un des critères primaires ?	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	0 (0)
10. Résultats statistiques rapportés pour au moins un des critères primaires ?	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	8 (100)
11. Estimation de l'effet et de leur variabilité pour au moins un des critères primaires ?	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	7 (87,5)
<b>Score PEDro</b>	<b>6/8</b>	<b>5/8</b>	<b>4/8</b>	<b>6/8</b>	<b>6/8</b>	<b>5/8</b>	<b>7/8</b>	<b>5/8</b>	

NON = 0 ; OUI = 1 ; NC = Non-Communiqué ; Le critère numéro 1 n'est pas comptabilisé dans le score total selon les modalités d'évaluation de l'Echelle PEDro.

## Annexe IX : Grade des recommandations de la HAS

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
<p>A</p> <p>Preuve scientifique établie</p>	<p>Niveau 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- essais comparatifs randomisés de forte puissance ;</li> <li>- méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ;</li> <li>- analyse de décision fondée sur des études bien menées.</li> </ul>
<p>B</p> <p>Présomption scientifique</p>	<p>Niveau 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- essais comparatifs randomisés de faible puissance ;</li> <li>- études comparatives non randomisées bien menées ;</li> <li>- études de cohortes.</li> </ul>
<p>C</p> <p>Faible niveau de preuve scientifique</p>	<p>Niveau 3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- études cas-témoins.</li> </ul> <p>Niveau 4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- études comparatives comportant des biais importants ;</li> <li>- études rétrospectives ;</li> <li>- séries de cas ;</li> <li>- études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).</li> </ul>



## RESUME

**Introduction :** Les difficultés à la marche et les troubles de l'équilibre sont des problèmes majeurs chez les personnes atteintes d'AVC. Le réentraînement à la marche robotisée pourrait améliorer les capacités de marche et d'équilibre auprès de cette population. Cependant, les effets d'un tel réentraînement à court et long-terme n'ont pas été complètement élucidés à ce jour.

**Objectif :** Comparer l'efficacité du réentraînement à la marche assistée par robot au réentraînement conventionnel dans la rééducation de la marche et de l'équilibre chez les patients présentant un AVC.

**Méthode :** Les recherches ont été effectuées de mai à septembre 2020 sur les trois bases de données Pubmed, PEDro et Cochrane Library. Nous avons inclus des études randomisées contrôlées investiguant les effets du RAGT sur les fonctions locomotrices et de l'équilibre statique et dynamique chez les patients post-AVC. Le screening, l'extraction des données a été réalisée par une personne et l'évaluation de la qualité méthodologique des études a été évalué à partir de l'échelle de PEDro.

**Résultats :** Huit essais contrôlés randomisés comprenant 271 patients ont été inclus dans notre revue systématique. Les études individuelles rapportent des bénéfices probables du RAGT sur la vitesse de marche comparativement au groupe contrôle. Ces effets positifs ne sont pas clairement retrouvés pour la capacité d'endurance à la marche. Les effets du RAGT sur l'équilibre sont possibles, mais sa supériorité par rapport au groupe témoin n'a pas été établie. Nos résultats ne soutiennent pas des effets du RAGT à distance de l'intervention.

**Conclusion :** Le robot de marche est une option thérapeutique intéressante et les résultats préliminaires sont encourageants. Une sélection des patients adéquates permettrait possiblement un maintien des effets à long-terme. Les effets de ce type de thérapie sur les activités de la vie quotidienne et la qualité de vie méritent d'être investigués dans le futur.

**Mots-clés :** accident vasculaire cérébral, équilibre, marche, rééducation robotisée