

UNIVERSITE DE LIMOGES

Ecole doctorale n°524 Bio-Santé

Laboratoire HAVAE EA 6310

Thèse

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE LIMOGES

Discipline: STAPS

Présentée et soutenue par

Justine LACROIX

Le 12 Décembre 2016

L'évaluation de l'activité physique chez le patient en phase subaiguë de l'accident vasculaire cérébral

Directeurs de Recherche:

Jean-Christophe Daviet (PU-PH), Faculté de médecine, Université de Limoges.

Stéphane Mandigout (MCF-HDR), ILFOMER, Université de Limoges.

Rapporteurs:

Benoit Dugué (PU), Faculté des Sciences du Sport, Université de Poitiers.

Nicolas Vuillerme (MCF-HDR), Faculté de médecine, Université de Grenoble.

Examineurs:

Aude-Marie Foucaut (MCF), UFR Santé Médecine Biologie Humaine,
Département STAPS, Université Paris 13.

Jean-Yves Salle (PU-PH), Faculté de médecine, Université de Limoges.

Remerciements

Tout simplement merci à,

Benoit Dugué et Nicolas Vuillerme de m'accorder de leur temps et d'avoir accepté d'évaluer ce travail par leurs remarques et critiques constructives.

Aude-Marie Foucaut pour avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse afin d'examiner ce travail et de partager avec moi votre expérience. Jean-Yves Salle pour ces mêmes raisons, mais également pour votre gentillesse envers moi quand vous me croisez dans le service.

Jean-Christophe Daviet, pour m'avoir permis de réaliser ce travail de thèse au sein du laboratoire HAVAE. Merci d'avoir partagé avec moi votre expérience et d'avoir porté votre regard critique sur mon travail afin de me pousser dans mes retranchements pour que je puisse évoluer.

Stéphane Mandigout pour m'avoir donné ce goût de la recherche et de l'enseignement. Merci de votre disponibilité et votre soutien même à distance. Merci également d'avoir cru en moi et pour l'intérêt que vous m'avez porté tout au long de mon parcours d'étudiante. Vous êtes plus qu'un boss.

Toute l'équipe HAVAE. Plus particulièrement à Benoit, Anaïck et Joëlle pour leur bonne humeur, les moments partagés autour d'un café et pour m'avoir aidée dans mes travaux de recherche.

Merci à Benji pour ces années de doctorant partagées. Merci de les avoir faites rayonner par ta beauté, ton humour et ton intelligence. Le 78 peut être fier de sa pépite.

Toutes les personnes du laboratoire Orphy pour m'avoir accueillie si chaleureusement en terre Bretonne. Merci de leur gentillesse et de leur soutien dans les derniers moments durs de la thèse.

Tous les patients et les personnes qui ont accepté de participer à mes travaux de recherche et les personnes ayant contribué à leur réalisation.

Les gars du rugby fauteuil (joueurs, mécanos, coach) pour tous ces bons moments passés ensemble. Le rugby fauteuil est une vraie famille.

Tous mes amis qui m'ont soutenu par leurs messages ou leur présence. Merci pour tous ces moments de détente, sportifs ou de fête partagés.

Nanar de m'avoir encouragée et cru en moi tout au long de ce travail. Merci d'être toujours là pour moi. Tu es dans mon cœur pour la vie.

Mes deux meilleures amies, Auré et Bretof pour leur fidèle et belle amitié depuis toutes ces années. Merci à toutes les deux de vous être investies physiquement et moralement dans ce travail. Merci à toi puce pendant cette thèse pour avoir recruté activement tes collègues, pour ces soirées colocation sushi, série et CSP. Merci à mon tibouche pour ces moments sur le terrain et tous ces lundis à distance partagés courbaturés et migraineux. Merci d'être toujours là pour moi et de trouver les mots qu'il faut dans toutes les circonstances. Un grand merci à vous deux d'embellir ma vie.

Toute ma famille, oncles, tantes, cousins, cousines de me soutenir et d'être présents pour moi. Merci d'être si originaux et de faire partie de cette belle famille!

Mon papinou, pour être un grand père en or. Merci d'être aussi fun et de toujours te soucier de moi. Comme tu dis souvent avec mima et que ça dure longtemps!

Mon chevelu, pour tout simplement partager ma vie.

Mes parents sans qui je n'y serais pas arrivée. Merci de m'avoir toujours soutenue, cru en moi et pour tous les sacrifices que vous avez faits. Merci Mamsu et padre de faire passer mon bonheur avant le vôtre. Il est difficile de trouver les mots pour décrire tous ce que vous m'apportez.

Mon frère Djé, pour être le grand frère idéal. Tu as toujours été mon model et c'est grâce à toi que j'arrive à tracer ma route. Merci de toujours penser à moi et d'être toujours là pour moi (jusqu'au jour J de l'envoi). Je ne pouvais pas rêver mieux, tu combles la sœur exigeante que je suis.

Doudou. Toi qui est avec moi depuis mes premiers jours et qui fait que je garde une éternelle folie d'enfant.

Droits d'auteur

Cette création est mise à disposition selon le Contrat: «**Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France**» disponible en ligne :

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Sommaire

Bilan scientifique	p.9
Liste des abréviations	p.14
Introduction	p.16
Revue de la littérature	p.19
I. L'ACCIDENT VASCULAIRE CEREBRAL	p.19
A. Les généralités sur l'AVC	p.19
1. Définition de l'AVC	p.19
2. Les types d'AVC	p.19
a. L'AVC ischémique	p.19
b. L'AVC hémorragique	p.20
3. Les facteurs de risque de l'AVC	p.21
a. Les facteurs de risque non modifiables	p.21
b. Les facteurs de risque modifiables	p.22
B. Prise en charge du patient à partir de la suspicion d'un AVC	p.24
C. Les conséquences post-AVC	p.27
1. Les déficiences post-AVC	p.28
a. Les déficiences motrices	p.28
b. Les déficiences de l'affect et de l'humeur	p.28
c. Les déficiences sensorielles	p.29
d. Les déficiences cognitives	p.29
e. Les déficiences viscérales	p.30
f. La fatigue	p.31
2. La diminution des capacités à l'effort	p.31
3. L'altération de la qualité de vie	p.34
II. L'ACTIVITE PHYSIQUE CHEZ LE PATIENT POST-AVC	p.36
A. Les bénéfices de l'activité physique post-AVC sur les facteurs de risque	p.37
B. Les bénéfices de l'activité physique au cours des différentes phases post-AVC	p.38
1. L'activité physique en phase aiguë de l'AVC	p.38
2. L'activité physique en phase chronique de l'AVC	p.38

a.	Les effets de l'activité physique sur les paramètres de marche et la performance de marche	p.38
b.	Les effets de l'activité physique sur les capacités cardiovasculaires	p.39
c.	Les effets de l'activité physique sur les capacités musculaires	p.40
d.	Les autres effets de l'activité physique	p.41
3.	L'activité physique en phase subaiguë de l'AVC	p.41
a.	Les effets de l'activité physique sur les capacités de marche et d'équilibre	p.46
b.	Les effets de l'activité physique sur les capacités à l'effort	p.47
c.	Les autres effets de l'activité physique	p.48
III.	LES METHODES D'EVALUATION DE L'ACTIVITE PHYSIQUE	p.50
A.	Les méthodes de mesure objectives de l'activité physique	p.51
1.	La mesure de l'activité physique par calorimétrie	p.51
a.	La mesure de l'activité physique par calorimétrie directe	p.51
b.	La mesure de l'activité physique par calorimétrie indirecte	p.52
b.1	La méthode de l'eau doublement marquée	p.52
b.2	La calorimétrie indirecte cycle à cycle	p.53
2.	La mesure de l'activité physique à partir de la fréquence cardiaque	p.55
3.	La mesure de l'activité physique par actimétrie	p.55
a.	La mesure de l'activité physique à partir d'un GPS	p.56
b.	La mesure de l'activité physique à partir d'un podomètre	p.56
c.	La mesure de l'activité physique à partir d'un accéléromètre	p.57
B.	Les méthodes de mesure subjectives de l'activité physique	p.61
1.	La mesure de l'activité physique à partir d'un questionnaire	p.61
2.	La mesure de l'activité physique à partir d'un journal	p.62
3.	La mesure de l'activité physique à partir de l'observation du comportement	██████████
4.	La mesure de l'intensité de l'activité physique à partir d'une échelle de perception de l'effort	██████████
	Orientation des travaux de recherche	██████████
	Résultats	██████████
	Publication n°1	██████████
	Publication n°2	p.75

Publication n°3	p.84
Publication n°4	p.100
Discussion	p.126
I. L'ÉVALUATION DES RECOMMANDATIONS A L'ACTIVITE PHYSIQUE CHEZ LE PATIENT POST-AVC HOSPITALISE	p.126
A. La sollicitation énergétique au cours de la prise en charge thérapeutique	p.127
B. Le temps d'occupation sur une journée de prise en charge	p.128
II. LES METHODES D'INCITATION A L'ACTIVITE PHYSIQUE POST-AVC	p.130
A. L'utilisation d'une échelle de perception de l'effort comme méthode d'incitation à l'activité physique	p.130
B. L'actimétrie comme méthode d'incitation à l'activité physique	p.133
Conclusion	p.138
Perspectives	p.140
Bibliographie	p.142
Annexe	p.162
Livret de suivi du patient	p.163
Table des illustrations	p.166
Table des tableaux	p.168
Résumé	p.169
Abstract	p.170

Bilan scientifique

LES PUBLICATIONS

- **Publications internationales dans des revues indexées**

Lacroix J, Daviet J-C, Bonis J, Salle J-Y, Mandigout S. Recommendations for physical activity after stroke: are they achieved before discharge from rehabilitation units? *Science & Sports*, Volume 31, Issue 2, April 2016, Pages 73-77.

Lacroix J, Daviet J-C, Borel B, Kammoun B, Salle J-Y, Mandigout S. Physical Activity Level Among Stroke Patients Hospitalized in a Rehabilitation Unit. *PM&R*, Volume 8, Issue 2, February 2016, Pages 97-104.

Kammoun B, Daviet J-C, Salle J-Y, **Lacroix J**, Bernikier D, Mandigout S. Profil des patients post-AVC volontaires à un programme d'éducation thérapeutique à l'activité physique: étude descriptive. Original Research Article. *Science & Sports*, Volume 30, Issue 4, September 2015, Pages 221-227.

Popielarz S, **Lacroix J**, Munoz M, Fargeas-Gluck M-A, Salle J-Y, Mandigout S. Shock absorbers for vascular trans-tibial amputees in environmental situations seem more efficient on comfort than on oxygen consumption. *Sciences & Sports*, Volume 29, Issue 4, September 2014, Pages 203-210.

Lacroix J, Mandigout S, Bonis J, Salle J-Y, Borel B, Daviet J-C. Effort assessment of stroke patients after physiotherapy session by actigraphy and perceived exertion. Preliminary study. Soumis à *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* (en correction suite au premier retour des reviewers)

1

- **Publications dans des revues scientifiques à comité de lecture**

Lacroix J, Kammoun B, Daviet J-C, Salle J-Y, Mandigout S. The adapted physical activity or therapeutic education activity, “review of current techniques and opportunities for people with loss of autonomy. *Gymnasium, Scientific Journal of Education, Sports, and Health* No. 1, Vol. XIV, 2013.

Kammoun B, **Lacroix J**, Daviet J-C, Dalmay F, Salle J-Y, Mandigout S. Preliminary study of cardiovascular assessment using various fields test among hemiplegic stroke patients in early stage of rehabilitation. *Gymnasium Scientific Journal of Education, Sports, and Health*. No. 1, Vol. XIII, 2012.

- **Les publications à soumettre**

Mandigout S, **Lacroix J**, Compagnat M, Daviet J-C. Etude de la validité, de la mesure de la dépense énergétique de 4 actimètres au cours de l'exécution d'activités écologiques chez des patients post-AVC en phase subaiguë.

Lacroix J, Borel B, Daviet J-C., Mandigout S. Physical activity level of wheelchair rugby players during competitions.

LES COMMUNICATIONS

- **Communications affichées avec résumés publiés dans une revue indexée ou à comité de lecture**

Lacroix J, Kammoun B, Daviet, J-C. Bonis J, Salle J-Y, Mandigout S. Activity level of post-stroke patients when leaving the PRM department. 19^{ème} Congrès Européen de MPR (26-31 Mai 2014) Marseille, France. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, Volume 57, Supplement 1, May 2014, Page e23.

Kammoun B, **Lacroix J**, Salle J-Y, Mandigout S, Daviet J-C. Comparaison de deux accéléromètres chez des patients marchants et non-marchants après un accident vasculaire cérébral en service de médecine physique et de réadaptation. 28^{ème} Congrès de la SOFMER (17-19 octobre 2013). Reims. Ann Phys Rehabil Med 2013 ;56S :e55-e56.

- **Communications affichées avec résumés publiés dans des actes.**

Lacroix J, Kammoun B, Bonis J, Daviet J-C, Mandigout S. Sollicitation métabolique des patients post-AVC en phase subaiguë lors de deux tâches de la vie quotidienne. 15^{ème} Congrès International de l'ACAPS (29-31 octobre 2013), Grenoble, France.

Lacroix J, Daviet J-C, Mandigout S. Evaluation physique du patient hémiparétique, en phase subaiguë, au cours de différents exercices. 5^{ème} Congrès commun SFMES & SFTS (25-27 Octobre 2012), Grenoble.

- **Communications orales avec résumés publiés dans une revue indexée ou à comité de lecture**

Chaparro D, **Lacroix J**, Borel B, Salle J-Y, Kammoun B, Daviet J-C, Mandigout S. Physical activity and inactivity level of stroke patients including in physical activity incitation program. 9^{ème} Congrès commun SFMES & SFTS (22-24 Septembre 2016), Pau. Ann Phys Rehabil Med. 2016 Sep;59S:e74. doi: 10.1016/j.rehab.2016.07.172.

Mandigout S, Vuillerme N, Borel B, Perrochon A, **Lacroix J**, Mandigout S. Measuring the daily energy expenditure related to physical activity by actigraphy: Comparative study. 9^{ème} Congrès commun SFMES & SFTS (22-24 Septembre 2016), Pau. Ann Phys Rehabil Med. 2016 Sep;59S:e52. doi: 10.1016/j.rehab.2016.07.119.

Mandigout S, **Lacroix J**, Compagnat M, Vuillerme N, Perrochon A, Daviet J-C. Estimation de la dépense énergétique de 3 actimètres au cours d'activités écologiques chez des patients post-AVC moins de 6 mois: influence de la position. 31^{ème} Congrès de la SOFMER (13-15 Octobre 2016), Saint-Etienne.

Chaparro D, **Lacroix J**, Borel B, Salle J-Y, Kammoun B, Daviet J-C, Mandigout S. Effect of six months of combined physical activity incitation and therapeutic patient education in stroke patient. 20^{ème} Congrès Européen de MPR (23-28 Avril 2016). Lisbonne, Espagne.

Lacroix J, Mandigout S, Kammoun B, Borel B, Salle J-Y, Daviet J-C. Energy expenditure of stroke patients in the subacute phase according to their walk ability. 19^{ème} Congrès Européen de MPR (26-31 Mai 2014) Marseille, France. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, Volume 57, Supplement 1, May 2014, Page e19.

Sageat M, Kammoun B, **Lacroix J**, Daviet J-C, Mandigout S. Impact of different dual task exercises on gait quality in older people with dementia 19^{ème} Congrès Européen de MPR (26-31 Mai 2014) Marseille, France. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, Volume 57, Supplement 1, May 2014, Page e166.

Kammoun B, **Lacroix J**, Mandigout S, Salle J-Y, Bernikier D, Daviet J-C. Volunteer patient's profile for a therapeutic patient education program of physical activity post stroke. Preliminary descriptive study 19^{ème} Congrès Européen de MPR (26-31 Mai 2014) Marseille, France. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, Volume 57, Supplement 1, May 2014, Page e57.

Bonis J, Laval C, Kammoun B, **Lacroix J**, Mandigout S. Effect of a program of physical activities on the spatiotemporal parameters of walking in healthy 65-year-olds. 19^{ème} Congrès Européen de MPR (26-31 Mai 2014) Marseille, France. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, Volume 57, Supplement 1, May 2014, Page e151.

Lacroix J, Kammoun B, Salle J-Y, Daviet J-C, Mandigout S. Energy expenditure in daily activities of the hemiplegic hospitalized in subacute phase. 28^{ème} Congrès de la SOFMER (17-19 Octobre 2013), Reims. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, Volume 56, Supplement 1, October 2013, Page e52.

- **Communications orales avec résumés publiés dans des actes.**

Lacroix J, Daviet J-C, Bonis J, Borel B, Mandigout S. Evaluation du niveau d'activité des patients post-AVC à la sortie du service de MPR. Journée GEIST (5 Septembre 2014), Limoges.

Kammoun B, **Lacroix J**, Salle J-Y, Daviet J-C, Mandigout S. Dépense énergétique quotidienne de l'hémiplégique hospitalisé: comparaison de deux accéléromètres. 15^{ème} Congrès International de l'ACAPS (29-31 octobre 2013). Grenoble, France.

Liste des abréviations

AIT: accident ischémique transitoire
AMP: activity monitoring pod
AP: activité physique
APA: activité physique adaptée
AVC: accident vasculaire cérébral
AVQ: acte de la vie quotidienne
BWS: body weight support
CO₂: dioxyde de carbone
CR: category ratio
DE: dépense énergétique
DEA: dépense énergétique active
DEAP: dépense énergétique liée à l'activité physique
DET: dépense énergétique totale
EDM: eau doublement marquée
FAC: fonctionnal ambulation classification
FC: fréquence cardiaque
FC_{max}: fréquence cardiaque maximale
FC_{pic}: fréquence cardiaque pic
FC_{repos}: fréquence cardiaque de repos
FCR: fréquence cardiaque de réserve
FDR: facteur de risque
FIM: fonctionnal independence measure
GC: groupe contrôle
GE: groupe expérimental
GPS: global positioning system
²H: hydrogène
HAS: haute autorité de santé
HDL: high density lipoprotein
HTA: hypertension artérielle
IB: indice de Barthel
ICC: coefficient de corrélation intra-classe

IMC: indice de masse corporelle
IRM: imagerie par résonance magnétique
LDL: low density lipoprotein
MET: metabolic equivalent of task
MOS SF-36: medical outcome study short form-36
MPR: médecine physique et de réadaptation
O₂: oxygène
PA: pression artérielle
PAD: pression artérielle diastolique
PAS: pression artérielle systolique
P_{max}: puissance maximale
PE: perception de l'effort
PMA: puissance maximale aérobie
QDV: qualité de vie
RPE: rating of perceived exertion
TM6: test de marche de 6 minutes
USB: Universal Serial Bus
VCO₂: production de dioxyde de carbone
VO₂: consommation d'oxygène
VO_{2pic}: consommation pic d'oxygène
VO_{2max}: consommation maximale d'oxygène
VO_{2moy}: consommation moyenne d'oxygène

Introduction

Les accidents vasculaires cérébraux (AVC) posent un problème de santé publique majeur, par leur fréquence, les handicaps physiques et cognitifs résiduels, leur coût financier, le nombre de récurrences et leur taux de mortalité (1). Chaque année en France, le nombre de nouveaux cas d'AVC est très important, estimé à environ 140 000 (2). Après un premier AVC, le risque de récidiver est estimé entre 30 et 43 % à cinq ans. (3)

Un des moyens pour réduire ce risque est la pratique régulière d'une activité physique (AP). Il est établi que l'AP est bénéfique pour la santé des patients post-AVC et va diminuer le risque de récidiver (4,5). Ce constat est soutenu par les sociétés savantes nationales et internationales qui ont établi des recommandations à l'AP (6,7). Ces sociétés savantes s'accordent à dire que la réalisation de ces recommandations pourrait prévenir des nouveaux événements cardiovasculaires et diminuer le risque de mortalité.

Hors, bien que l'AP soit reconnue comme bénéfique pour la santé, la majorité des patients post-AVC a un mode de vie sédentaire (8,9) et ne respecte pas les recommandations à l'AP à domicile (10,11). Parmi les études qui évaluent l'atteinte des recommandations à l'AP post-AVC, Touillet et al (10) ont montré que seulement un patient sur neuf les atteignait trois mois après être sortis de rééducation. Rand et al (11) ont mis en évidence que 58% de la population (environ 3 ans post-AVC) n'atteignait pas 30 minutes d'AP journalière équivalentes à une dépense énergétique (DE) de 142 kcal. Suite à ces résultats (10,11), il semblerait que les recommandations ne soient pas respectées, que le patient soit revenu à domicile depuis quelques mois ou depuis plusieurs années après.

Plusieurs raisons peuvent expliquer que les patients se sédentarisent et n'atteignent pas les recommandations à l'AP après un AVC

Une des raisons peut être la présence de barrières à la pratique d'une AP. Parmi les barrières existantes telles que le manque de motivation ou les limitations associées aux séquelles de l'AVC, les patients post-AVC rapportent notamment manquer d'informations sur les exercices à réaliser et dans quelles conditions les réaliser. Certains patients n'ont pas la

notion de ce que représente l'AP l'associant uniquement à du sport (ex: vélo ou course à pied) et ne perçoivent pas les actes de la vie quotidienne (AVQ) comme telle (12). De plus, ils mentionnent manquer d'un encadrement pour pratiquer en sécurité une AP. Par ailleurs beaucoup ont peur de la récurrence. (12–14) Pour pallier à cela, il faudrait que le patient bénéficie de conseils sur sa pratique d'AP (ex: durée, intensité, types d'exercices, outils de contrôle de l'AP) afin qu'il soit rassuré et qu'il puisse autogérer son AP. Cependant, il a été montré que lorsque le patient recevait uniquement des conseils verbaux sur l'AP, il n'y avait pas de changement significatif du comportement (15). Dans ce sens, Mansfield et al (16) suggèrent que si le patient, dès l'hospitalisation, recevait des conseils sur l'AP mais également suivait un programme d'AP optimisé en vue de son futur retour à domicile, cela pourrait l'encourager à poursuivre après son séjour hospitalier (16).

Une autre raison qui expliquerait que les patients ne réalisent pas l'AP recommandée, serait la différence entre l'AP qui est proposée en hospitalisation, de manière encadrée et avec du matériel adapté, par rapport à l'AP que peut réaliser le patient seul en situation réelle de vie. Touillet et al (10) ont montré que, sur les patients qui avaient suivi en hospitalisation un programme d'AP construit sur les bases des recommandations, 89% des patients ne respectaient pas le niveau d'AP qui leur avait été prescrit une fois à domicile. En partie, les auteurs expliquent cela par une trop grande dissociation entre l'AP qui est réalisée dans un milieu de soins et celle réalisée dans un milieu de vie courante. Le programme mis en place en hospitalisation demandait trop d'investissement (humain et financier) aux patients par la suite dans leur quotidien. En effet, il a été montré que 70% des patients n'adhèrent pas aux prescriptions des thérapeutes s'ils doivent modifier significativement leur mode de vie ou que les changements demandés sont trop complexes (17). Pour cela, l'AP proposée au patient devrait être adaptée à son mode de vie pour ne pas engendrer de changements majeurs de comportement.

Les recommandations à l'AP, comme nous venons de le mentionner, ne sont pas respectées à domicile par les patients. Cependant nous pouvons émettre l'hypothèse que les patients en hospitalisation ne les réalisaient pas. En effet, pendant leur rééducation les patients post-AVC reçoivent une prise en charge thérapeutique journalière mais à notre connaissance aucune étude n'a montré que cette prise en charge permettait d'atteindre les recommandations. En revanche, il est établi que les patients en rééducation passent la majorité de leur temps seuls et dans leur chambre (18). De plus, Kunkel et al (19) ont montré, sur une

journée type de prise en charge ($\approx 6h30$), que les patients post-AVC passaient 94% de leur temps couchés ou assis. Il semblerait donc que le cadre de l'hospitalisation n'incite pas le patient à être actif. Pour lutter contre ce comportement sédentaire et rendre plus actif le patient, l'évaluation de son AP pourrait être une source motivationnelle de changement de comportement en lui donnant un feedback sur son niveau d'AP et l'aider à l'autogérer (20). L'évaluation de l'AP pourrait également permettre aux professionnels de contrôler le niveau de sollicitation de la prise en charge, notamment au travers de l'atteinte des recommandations et réguler leurs interventions.

Ainsi, pour réduire le mode de vie sédentaire des patients post-AVC et optimiser la réalisation des recommandations à l'AP, plusieurs choses semblent pertinentes à mettre en place. De manière optimale, il faudrait que l'AP qui est proposée en hospitalisation soit adaptée au mode de vie quotidien afin de poursuivre sur le long terme et que les patients reçoivent une éducation à l'AP. En parallèle, une évaluation de l'AP des patients, tout au long de l'hospitalisation, pourrait permettre d'apprécier leur niveau de sollicitation et ainsi aider les professionnels à ajuster leur prise en charge thérapeutique.

Suite à ce constat, notre travail va s'articuler autour de deux objectifs principaux.

Notre premier objectif est de déterminer si la prise en charge proposée aux patients post-AVC hospitalisés en soins de suite et de réadaptation spécialisée est suffisamment sollicitante pour atteindre les recommandations à l'AP.

Notre second objectif est de déterminer quelles sont les méthodes utilisables pour évaluer l'AP en phase subaiguë de l'AVC et leur utilité dans la prise en charge thérapeutique du patient.

Revue de la littérature

I. L'ACCIDENT VASCULAIRE CEREBRAL

A. Les généralités sur l'AVC

1. Définition de l'AVC

L'accident vasculaire cérébral (AVC), également appelé «attaque cérébrale», résulte d'une perturbation soudaine de l'irrigation du cerveau caractérisée par une diminution ou un arrêt brutal du débit sanguin dans les branches du réseau vasculaire. C'est à la fois une pathologie aiguë et une maladie chronique, qui fait partie des maladies cardiovasculaires (3).

En cas de suspicion d'AVC, si les symptômes durent typiquement moins d'une heure sans laisser de trace, il s'agira alors d'un accident ischémique transitoire (AIT). Il se définit comme un épisode bref de dysfonction neurologique dû à une ischémie focale cérébrale ou rétinienne, sans preuve d'infarctus aigu (21).

En revanche, si les symptômes persistent, la neuro-imagerie pourra mettre en évidence une ischémie ou une hémorragie cérébrale.

2. Les types d'AVC

a. L'AVC ischémique

L'AVC ischémique représente 80% des AVC. Il résulte de l'obstruction, partielle ou totale, d'une artère par un caillot, formé localement ou provenant du cœur. Cette obstruction a pour conséquence de réduire l'irrigation sanguine dans une zone cérébrale et donc de priver partiellement le cerveau d'oxygène (22).

Le caillot qui obstrue les vaisseaux peut avoir plusieurs origines. Bien que dans certains cas la cause de ce caillot ne peut être déterminée, le plus couramment il résulte (23–25):

- D'une embolie dont principalement les points de départ sont les cavités du cœur,

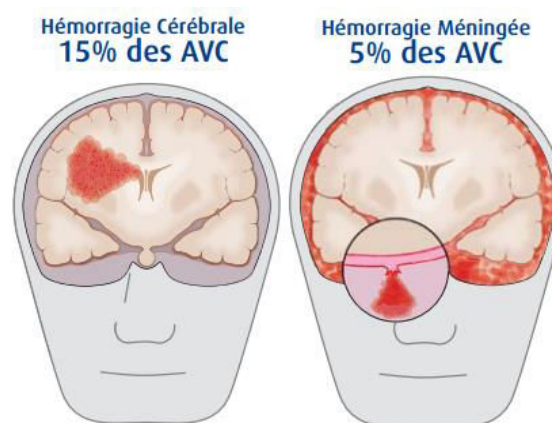
- D'une micro angiopathie qui se traduit par une lacune des vaisseaux sanguins de petit calibre,
- D'une athérosclérose qui se définit comme le dépôt d'une plaque (athérome) sur la paroi des artères. Cela peut engendrer des lésions artérielles (sclérose), la diminution du diamètre interne du vaisseau (< 50 %) voir son obstruction totale.
- Ou de manière plus rare d'une vascularite, d'une affection hématologique, ou encore d'une coagulopathie.

b. L'AVC hémorragique

L'AVC hémorragique représente 20% des cas d'AVC. Il est causé par la rupture d'un vaisseau sanguin entraînant une hémorragie. Le sang se répand et endommage le tissu cérébral aux alentours. Les causes les plus fréquentes de cette rupture sont une malformation vasculaire ou une élévation brutale de la tension artérielle (26).

La localisation de l'hématome permet de distinguer deux types d'AVC hémorragique (*Image 1*) (22):

- L'hémorragie cérébrale est établie lorsqu'une artère située dans le cerveau se rompt et ainsi diffuse du sang directement dans le tissu cérébral.
- L'hémorragie méningée se caractérise par la rupture d'une artère située dans les enveloppes du cerveau, c'est à dire les méninges. La diffusion du sang a alors lieu entre le cerveau et le crâne.



3. Les facteurs de risque de l'AVC

L'identification des facteurs de risque (FDR) des AVC est l'un des objectifs majeurs des professionnels de santé. Leur volonté étant de les dépister et de les traiter pour prévenir l'arrivée d'un accident et de limiter les risques de récurrence (27,28).

Deux grandes catégories de FDR se distinguent, les FDR non modifiables qui sont indépendants de la personne et les FDR modifiables sur lesquels il est possible d'intervenir.

a. Les facteurs de risque non modifiables

Trois FDR non modifiables sont couramment cités dans la population AVC.

L'**âge** est l'un des FDR le plus important. L'AVC survient le plus fréquemment chez la personne vieillissante (60% chez les personnes de plus de 65 ans) et de manière plus rare chez la personne jeune (15% pour les moins de 50 ans). Après 55 ans, pour chaque tranche d'âge de 10 ans, le taux de survenue est multiplié par deux dans les deux sexes (29).

D'après Appelros et al (30), l'AVC survient plus tôt au cours de la vie chez les hommes (\approx 69 ans) que chez les femmes (\approx 73 ans). En revanche, l'âge ne constitue pas un pronostic du devenir fonctionnel après l'AVC. Ce devenir fonctionnel va être influencé par la présence d'une détérioration intellectuelle ainsi que par l'état clinique et fonctionnel initial (31).

Le **genre** des individus va impacter sur la possibilité de développer un AVC. Le risque chez l'homme est plus élevé que chez la femme (+ 33%). De plus, les femmes ont 1,25 fois moins de risque de mourir d'un AVC qu'un homme, bien que la sévérité de l'AVC soit plus importante chez les femmes (30).

Enfin, concernant le facteur **génétique**, différents critères semblent influencer la survenue d'un AVC.

Parmi eux il y a les antécédents familiaux (29). Il a été scientifiquement prouvé que le risque d'AVC est plus élevé s'il y a déjà eu des AVC au sein de la famille. Ainsi chez l'homme, ce risque est d'autant plus important si leur mère est décédée d'un AVC.

Le gène de l'ApoE4 est également un facteur influençant (29). Il semble être un gène codant qui favoriserait la formation de l'athérome.

b. Les facteurs de risque modifiables

Dans la littérature, les principaux FDR modifiables les plus évoqués sont l'hypertension artérielle (HTA), le diabète, l'hyperlipidémie, le tabac et l'alcool (29,32,33).

L'**HTA** est le FDR modifiable considéré comme le plus influant dans la survenue d'un AVC dans les deux sexes et quel que soit l'âge. L'HTA se définit par une pression artérielle (PA) systolique (PAS) > 140 mmHg et PA diastolique (PAD) > 90 mmHg (*Tableau 1*) (34). Ce FDR est présent dans 65% des cas d'AVC ischémiques et dans 75% des cas d'AVC hémorragiques. Il multiplie le risque d'infarctus cérébral par quatre et d'hématome cérébral par dix (35). De manière générale, la baisse de la PA est un moyen efficace de réduire la survenue d'un AVC et le risque de récurrence. En prévention primaire, une diminution de la PAD de 5 à 6 mmHg et de la PAS de 10 à 12 mmHg est associée à une réduction du risque d'AVC d'environ 38% dans les 5 ans (36). En prévention secondaire, la baisse de la PA diminuerait le risque de récurrence (- 11 à - 28% en fonction des études) (28).

Niveau de pression artérielle	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)
Normal	< 120	et < 80
Préhypertension	120–139	Ou 80–90
Hypertension grade 1	140–159	Ou 90–99
Hypertension grade 2	≥ 160	Ou ≥ 100

L'**hyperlipidémie** fait partie des FDR présent en cas d'AVC. Elle se définit comme un taux élevé de lipides dans le sang. Le cholestérol et les triglycérides font notamment partie de la famille des lipides (37). En revanche à l'heure actuelle, la relation directe entre une hyperlipidémie et la survenue d'un AVC n'est toujours pas évidente. Cependant, des études ont montré que la prise de médicament, telle que la statine, permettait de diminuer le taux de lipides et ainsi d'agir en prévention primaire et secondaire de l'AVC (37–39). Amarenco et Labreuche (39) avancent dans leur étude que de diminuer le mauvais cholestérol (low density lipoprotein (LDL)) de 1 mmol.L⁻¹ diminuerait le risque de survenue d'un AVC de 21%. En cas de prévention secondaire d'un AVC ou AIT, le risque de récurrence est réduit de 16% à 25% en fonction des études (28).

Concernant le **tabac**, fumer augmente le risque relatif d'AVC de 1,5 par rapport aux non-fumeurs. Ce risque est plus marqué chez les jeunes et les femmes. Il a été également montré que le tabagisme passif avait un risque relatif de 1,8 chez les personnes exposées à un environnement de fumeurs (29).

Pour les hommes et les femmes **diabétiques**, le risque de développer un AVC est 2 à 5 fois plus élevé que chez les personnes non diabétiques (27). Que ce soit un premier AVC ou une récurrence, en comparaison avec des personnes non diabétiques, la mortalité post-AVC est 4,4 fois supérieure chez l'homme diabétique et 5,1 fois chez la femme diabétique (40)

La consommation régulière d'**alcool** supérieure à 60 g par jour augmente le risque relatif d'AVC de 1,4 par rapport à une population qui n'en consomme pas. En revanche, une consommation modérée (entre 12 et 24 g d'alcool par jour) et régulière est associée à une diminution du risque d'AVC (41)

Dans ces FDR modifiables, la prise de contraceptif oral, la migraine, l'obésité, l'AIT ou encore l'inactivité physique sont présents mais de manière moins fréquente que ceux présentés ci-dessus.

La prise d'un **contraceptif oral** augmente le risque de faire un AVC. Les contraceptifs oraux faiblement dosés en œstrogènes augmentent le risque relatif par 2, par rapport aux femmes qui n'en prennent pas et par 2,75 lorsqu'ils sont fortement dosés (> 50 mg) (42,43). Sans parler de dosage, une récente étude (44) mentionne que le risque serait 4 fois plus important pour les femmes qui prennent un contraceptif oral de manière générale par rapport à celles qui n'en n'ont pas. Ce risque est d'autant plus élevé si la femme fume ou fait de l'HTA (23,24).

La **migraine** augmente le risque d'apparition d'un AVC (47). Les articles trouvés sur le sujet portent sur la femme. Le risque relatif d'AVC ischémique est multiplié par 3 par rapport aux femmes ne faisant pas de migraine et il est majoré en association avec le tabac (≥ 20 cigarettes par jour), l'HTA, l'hypercholestérolémie et la prise d'un contraceptif oral (48)

L'**obésité**, caractérisée par un indice de masse corporelle (IMC) ≥ 30 kg.m⁻² (49), augmenterait par 2 le risque relatif de faire un AVC ischémique (50,51). Ce risque est majoré associé à l'HTA, le diabète ou l'hypercholestérolémie (52).

L'**AIT** est un FDR de l'AVC (53). Une analyse des publications issues des registres d'AVC indique que de 9 % à 12 % des AVC recensés sont précédés d'un AIT documenté (54).

L'**inactivité physique** fait également partie des facteurs influençant la survenue des AVC. Une étude récente de Blomstrand et al (55), qui a analysé les FDR de l'AVC chez les femmes, montre que l'inactivité physique augmente significativement les risques d'AVC ischémiques et hémorragiques. Etre actif au quotidien va donc permettre de lutter contre la survenue d'un AVC (56). Une étude longitudinale sur 19 ans a mis en avant les effets positifs de l'AP sur la survenue d'un AVC. Cette étude propose trois niveaux d'intensité d'AP: légère (faire une AP mineure qui n'a pas été d'un niveau modéré ou élevé), modérée (> 4 heures par semaine de marche, de vélo ou de jardinage léger) et haute (> 3 heures par semaine de jogging, de natation, de jardinage lourd ou sportif régulier plusieurs fois par semaine). Les auteurs ont montré qu'il y avait moins d'AVC chez les personnes qui pratiquaient une AP de loisirs de manière modérée ou haute par rapport aux personnes qui pratiquaient une AP légère (57).

En cas d'AVC, les antécédents d'AP vont également avoir un effet positif sur la récupération fonctionnelle des individus. En effet, Stroud et al (58) ont montré que les personnes qui avaient une AP modérée ou haute (évaluée à partir d'un questionnaire) avant l'accident, avaient une meilleure récupération fonctionnelle (évaluée par 4 échelles cliniques) à 3 mois post-AVC, par rapport aux patients ayant une AP légère. Ricciardi et al (59) vont également dans ce sens et montrent que le niveau d'AP avant l'AVC a un impact positif sur la récupération fonctionnelle des personnes après l'AVC. Les auteurs rapportent que les patients avaient une meilleure récupération fonctionnelle à 3 mois post-AVC s'ils pratiquaient avant l'AVC soit 1h de marche par jour sur 5 jours, ou 1h d'activité vigoureuse 2 fois par semaine.

Dans la suite de ce manuscrit, nous allons nous intéresser de manière plus approfondie à ce dernier FDR. Etant un facteur modifiable sur lequel il est possible d'intervenir lors de la prise en charge du patient.

B. Prise en charge du patient à partir de la suspicion d'un AVC

Au niveau médical, après un AVC trois phases d'évolution, par rapport au délai depuis la survenue de cet événement, sont généralement distinguées. La première est la **phase aiguë** avant le 14^{ème} jour, la seconde la **phase subaiguë** entre le 14^{ème} jour et 6 mois et enfin la **phase chronique** au-delà de 6 mois (60).

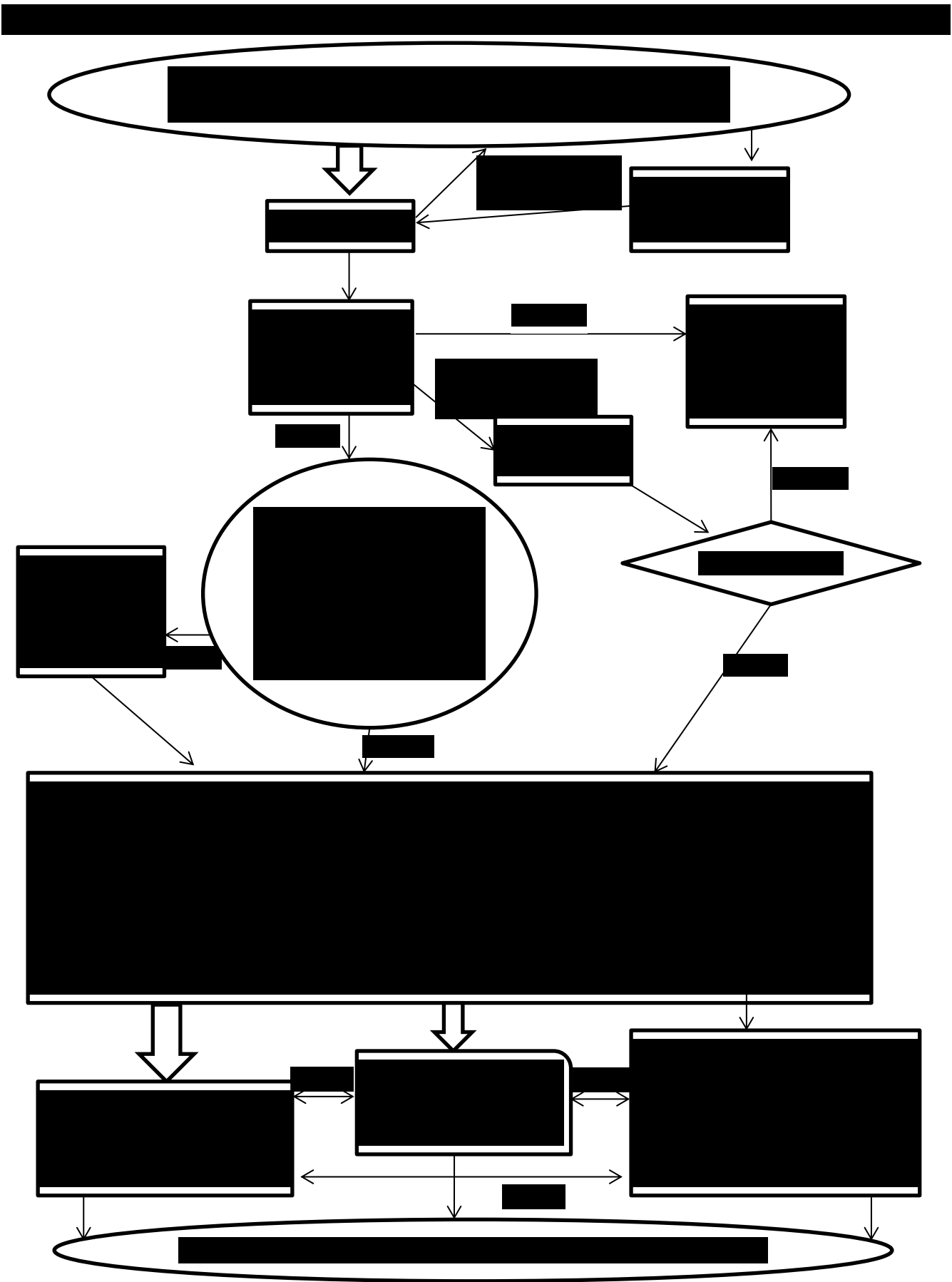
En pratique, la prise en charge du patient se déroule de la manière suivante.

En phase aiguë, l'AVC est une urgence majeure (*Schéma 1*). La rapidité d'intervention est essentielle pour diminuer les séquelles ou le risque de décès. L'arrivée aux **urgences** se fait, dans 50% des cas, dans un délai inférieur ou égal à 3 heures (61). Le patient doit le plus vite possible réaliser une imagerie cérébrale (scanner ou une imagerie par résonance magnétique (IRM)) pour que les professionnels de santé puissent établir un diagnostic et ainsi administrer un traitement dans les 4h30, voir 6h dans certains cas (21).

Une fois les premiers gestes effectués et le diagnostic établi, le patient est orienté, dans les cas les plus graves, dans un **service de réanimation** sinon dans un **service de neurologie ou unité neurovasculaire** (*Schéma 1*). Le transfert du patient vers un de ces services d'hospitalisation varie de quelques minutes à 11h (61).

L'admission dans le service de réanimation est décidée par l'ensemble des professionnels (réanimateurs, neurologues). Elle se fait au cas par cas lorsque les dommages causés par l'AVC sont très importants ou en cas de mort cérébrale.

Quand la question de la réanimation ne se pose pas, les patients sont orientés en unité neurovasculaire. Le principal objectif de ce service est de palier à l'atteinte cérébrale et ses conséquences anatomiques et fonctionnelles. Cette unité va notamment proposer une rééducation précoce 24h post-AVC (62). Après leur séjour, près de 60 % des patients retournent à leur domicile. Dans la quasi-totalité des cas, une rééducation est prescrite, soit en libéral si un seul rééducateur est nécessaire, soit en hôpital de jour s'il y a nécessité de plusieurs rééducateurs (62). Sur le pourcentage restant, 24% des patients vont être transférés (au bout de 18 jours environ) en soins de suite de réadaptation (61).



NC:neurochirurgie, NRI: neuroradiologie interventionnelle, TM: télémédecine, UNV: unité neuro-vasculaire

En phase subaigüe de l'AVC le patient, dans le cas où le retour à domicile n'est pas envisageable, pourra bénéficier d'une hospitalisation complète dans un **service de soins de suite de réadaptation** ou de **médecine physique et de réadaptation** (MPR). Le but de ces services est de proposer aux patients une prise en charge pluridisciplinaire intensive afin d'optimiser leur récupération (au niveau médical, fonctionnel et social) Une rééducation et une réadaptation sont proposées à hauteur d'au moins deux heures par jour et coordonnées autour d'un plateau technique. La durée moyenne dans un service de rééducation est de 55 jours mais peut aller dans certains cas jusqu'à 6 mois (62). Dans 80% des cas, les patients retournent à domicile.

En fonction des besoins de la personne le retour à domicile va être différencié. Il peut être:

- **progressif**, dans ce cas le patient peut continuer à se rendre dans le service de réadaptation de manière ponctuelle pour continuer sa prise en charge. Dans le cas du retour à domicile progressif, il en existe deux types. Pour le premier, le patient intègre l'**hôpital de semaine** et suit une rééducation pluridisciplinaire 5 jours par semaine en rentrant au domicile le weekend. Pour le second, le patient est en **hôpital de jour** où il vient de manière plus ponctuelle chaque semaine pour poursuivre sa rééducation.
- **total**, dans ce cas le patient a une prescription pour une rééducation en libéral.

L'ensemble de cette prise en charge, réalisé par des professionnels de santé (tels que les médecins, kinésithérapeutes ou orthophonistes), a pour but de palier et/ou réduire les déficiences et favoriser la reprise de l'autonomie du patient.

C. Les conséquences post-AVC

La survenue d'un AVC est à l'origine de nombreuses déficiences et d'une diminution des capacités à l'effort (63). Les trois quarts des survivants d'un AVC garderont des séquelles définitives, un tiers sera dépendant au quotidien (29) et limité dans les actes de la vie quotidienne (AVQ) (64). De manière plus globale, l'ensemble de ces conséquences vont impacter la qualité de vie (QDV) des personnes.

Dans cette partie seront abordées les différentes déficiences rencontrées après un AVC, la diminution des capacités à l'effort des individus et enfin l'impact de l'AVC sur la vie au quotidien des patients

1. Les déficiences post-AVC

a. Les déficiences motrices

L'hémiplégie est la principale conséquence du handicap de l'individu après un AVC. Elle est caractérisée par une paralysie totale ou partielle (hémiparésie) du côté du corps opposé à la lésion cérébrale, pouvant atteindre la face, le membre supérieur et le membre inférieur de façon inégale. Environ 33% garderont une parésie ou une paralysie d'un ou plusieurs membres (2). La lésion va provoquer des troubles de la commande motrice (impact surtout sur la motricité fine) mais aussi perturber le tonus musculaire et limiter l'amplitude articulaire (22).

Au niveau des membres supérieurs, 60% gardent un déficit définitif au niveau de la main, ce qui va engendrer des difficultés de préhension dans de nombreux AVQ (65).

Au niveau des membres inférieurs, cette déficience motrice va directement et principalement affecter la marche de la personne. Elle va induire une diminution de la vitesse de marche, une asymétrie au niveau des appuis et des troubles de l'équilibre (63). Chez 50 % des personnes des troubles de l'équilibre sont observés et après 6 mois, 22% des personnes ont toujours une dépendance pour marcher (2).

La spasticité est un trouble moteur qui se caractérise par l'augmentation du réflexe tonique d'étirement (66). En d'autres termes, elle se traduit par une perturbation du tonus musculaire ou hyperactivité musculaire (67). Chez le patient, cette spasticité se caractérise par une raideur au niveau des membres.

b. Les déficiences de l'affect et humeur

La dépression est une conséquence très fréquente des AVC (56) qui touche environ 33% de la population AVC (68). Cette prévalence a tendance à diminuer au bout de six mois, puis un an (69). Une récente étude prospective (70) montre qu'environ 56% de la population étudiée (52 patients qui avaient fait un premier AVC ces 12 dernières années) était dépressive.

L'anxiété est une déficience régulièrement observée chez le patient pos-AVC mais les résultats sur son évolution après l'accident sont contradictoires en fonction des études. Campbell Burton et al (71) ont réalisé une méta-analyse sur la fréquence de l'anxiété post-AVC. Les auteurs ont montré que le pourcentage de patients anxieux avait tendance à augmenter à distance de l'AVC: 20% le premier mois, 23% de 1 à 5 mois et 24% après 6

mois. Une autre étude mentionne qu'à 3 mois post-AVC, 33% de la population souffre d'anxiété alors qu'à 3 ans ce pourcentage n'est plus que de 19% (72).

De manière plus générale, il peut y avoir de nombreux troubles de **l'humeur** qui surviennent après un AVC, mais qui sont moins fréquents que ceux mentionnés ci-dessus (73):

- Il peut y avoir la survenue d'**un épisode maniaque** qui touche moins de 1 % des patients.
- **Les rires et les pleurs pathologiques** qui apparaissent sans raison et qui échappent à la personne. Concernant les pleurs pathologiques qui sont plus étudiés, ils concernent 7 % des patients dans les premiers jours qui suivent l'AVC, 18 à 34 % dans les 2 à 4 mois et 25 % à 6 mois.
- Couramment après un AVC, il y a augmentation des risques de se mettre facilement en **colère**, d'être plus **irritable et agressif**. Trente-deux pourcents des patients déclaraient avoir du mal à contrôler ou inhiber leur colère la première année post-AVC.

c. Les déficiences sensitives et visuelles

L'hémianopsie est une déficience visuelle, présente chez les personnes hémiplegiques, qui se traduit par une diminution voire une perte d'une moitié du champ visuel d'un œil ou des deux (67). Les patients post-AVC rapportent, à hauteur de 23%, des **troubles visuels** après l'AVC (2).

Des **troubles sensitifs** sont présents chez près de 20% des patients. (2) Ils peuvent être superficiels ou profonds et impacter la fonction gestuelle et manuelle, l'équilibre, la posture et la marche du patient (67).

La douleur est un symptôme très fréquent post-AVC (74) qui peut avoir différentes origines, telles que cérébrales (céphalée ou neurogène), physiques (épaule, ostéo-articulaire, musculo-ligamentaire), viscérales ou encore morales (75). Entre 11 et 55% des personnes ont des douleurs chroniques après un AVC (76).

d. Les déficiences cognitives

Un tiers des personnes souffre de **troubles du langage ou de l'articulation** (2). Parmi lesquels, le plus fréquent est l'aphasie. Elle se définit comme un trouble ou perte de l'expression et de la compréhension du langage acquis, parlé ou écrit. Une enquête menée sur

251 foyers a recensé que 65% souffrent ou ont souffert d'une aphasie et que c'est l'un des facteurs imputant le plus sur la vie au quotidien pour les proches (77).

L'apraxie est un trouble gestuel fréquent après un AVC. Elle se traduit par l'incapacité des personnes à réaliser un geste du quotidien adapté à la demande sans qu'il y ait pour autant des troubles moteurs ou de la compréhension (67).

D'après l'étude de De Peretti et al (2), 42% des personnes interrogées ont rapporté des **troubles de la mémoire**. Ce trouble mnésique est souvent associé à des difficultés pour suivre les conversations, ceci dû à de l'inattention ou une augmentation des distractions.

La prévalence de **l'anosognosie** chez le patient post-AVC est très variable d'une étude à l'autre (7 à 77%) (78). Avec cette déficience, le patient n'a pas conscience de sa pathologie et de la perte de ses facultés.

L'héminégligence se traduit par l'abstraction totale par la personne de tout un côté. Elle peut être corporelle ou spatiale. Chez les patients post-AVC, 23% sont atteints d'une héminégligence visuo-spatiale et 8% d'une héminégligence corporelle (79).

e. Les déficiences viscérales

Les troubles de **la déglutition** sont très fréquents après la survenue d'un AVC. Leur incidence est de 40 à 80% en phase aiguë (80,81). Dans 50% des cas les patients récupèrent spontanément dans les deux premières semaines (80) et classiquement la récupération de la déglutition se fait dans les 3 premiers mois (81). Toutefois dans certains cas les troubles persistent à 6 mois (82).

Les troubles vésico-sphinctériens désignent les troubles urinaires et fécaux. Ils sont dans la majorité des cas régressifs dans les 3 mois. Une étude de Daviet et al (83), en hospitalisation, mentionne que la fréquence des troubles vésico-sphinctériens était de 40 % à 2 jours, de 31,6 % à 15 jours et de 19,1 % à 90 jours. Petrilli et al (84) ont montré que 17,6% de la population était incontinente au début de leur hospitalisation et qu'un mois après, ce pourcentage diminuait (14,1%). Ces mêmes auteurs, 3 ans plus tard, ont étudié de nouveau ces patients vivant désormais à domicile et ont montré que le pourcentage de personnes incontinentes

avait augmenté (17,2 %) (85). L'incontinence fécale affecte près de 56% des personnes post-AVC et près de 22% à un an (86).

f. La fatigue

La fatigue chronique est un symptôme type des maladies neurologiques (87). Elle fait partie des principales plaintes des personnes après un AVC. Les troubles respiratoires et/ou du sommeil, souvent associés à l'AVC, font partie des mécanismes responsables de cette fatigue. Dans une analyse de la littérature, Colle et al (88) mentionnent que la prévalence de la fatigue post-AVC peut varier de 39 à 72%. La fatigue et la dépression sont des symptômes souvent associés post-AVC mais ils ne sont pas directement liés pour autant (89).

En plus de ces déficiences, le patient va être confronté à une diminution de ses capacités à l'effort, dont les principales causes rapportées sont l'alitement et l'immobilisation lors de l'hospitalisation (63).

2. La diminution des capacités à l'effort

La diminution des capacités à l'effort post-AVC peut se décliner en trois sous catégories, les capacités cardio-vasculaires, les capacités de marche et les capacités musculaires.

Au niveau cardiovasculaire, la consommation d'oxygène (VO_2) est un paramètre permettant de mettre en avant l'altération de la capacité à l'effort des patients post-AVC. Mackay-Lyons et Makrides (90) mentionnent que la capacité à l'effort des sujets hémiplegiques vasculaires est comprise entre 55 et 75% de celle d'un sujet sain d'âge identique. Cette diminution est présente à toutes les phases de l'AVC.

En phase aiguë, Chen et al (91) ont évalué la capacité à l'effort de 19 patients ($62,7 \pm 9,2$ ans) sur un ergomètre à bras. Sur le test d'effort la consommation pic d'oxygène (VO_{2pic}) était de $11,8 \pm 0,8 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Les auteurs ont comparé cette valeur à celles de la littérature. Ils concluent qu'elle est équivalente ou en-deçà de celles trouvées chez d'autres populations post-AVC (en phase subaiguë ou chronique) et est toujours inférieure aux valeurs trouvées pour une population saine de même âge (91).

Au cours de la phase subaiguë, Mackay-Lyons et Makrides (92) ont évalué à l'effort 29 patients ($64,9 \pm 13,5$ ans) à $26,0 \pm 8,8$ jours de l'AVC sur un tapis roulant. La valeur moyenne du VO_{2pic} mesurée était de $14,4 \pm 5,1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, qui correspond d'après les

auteurs à $60 \pm 16\%$ de celle établie pour un individu sédentaire d'âge et de sexe équivalent. Kelly et al (93) ont évalué la capacité à l'effort de 17 patients à environ 30 jours post-AVC sur un test de marche de 6 minutes (TM6), dont le but est de réaliser sur ce temps donné la plus grande distance de marche possible à une allure autodéterminée. La valeur moyenne du VO_{2pic} au cours du TM6 était de $1,2 \pm 0,4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, ce qui correspond à $51 \pm 16\%$ du VO_{2pic} d'une population d'âge similaire (≈ 66 ans) et en bonne santé.

En phase chronique, les résultats de 12 patients hémiplésiques ($62,5 \pm 8,6$ ans, $3,5 \pm 2,0$ ans post-AVC) sur un TM6 sont de 378 ± 123 m avec une consommation moyenne d'oxygène (VO_{2moy}) à $12,0 \pm 1,3 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (94). A titre comparatif sur le même exercice et sur un échantillon de personne similaire (12 personnes âgées de $64,6 \pm 4,7$ ans), Kervio et al (95) avançait une VO_{2moy} de $21,8 \pm 1,3 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ pour une distance de marche de 535 ± 20 m. Il y a donc une différence, sur les capacités physiologiques mais également sur les capacités de marche, entre une population hémiplésique et une population saine, d'âge similaire.

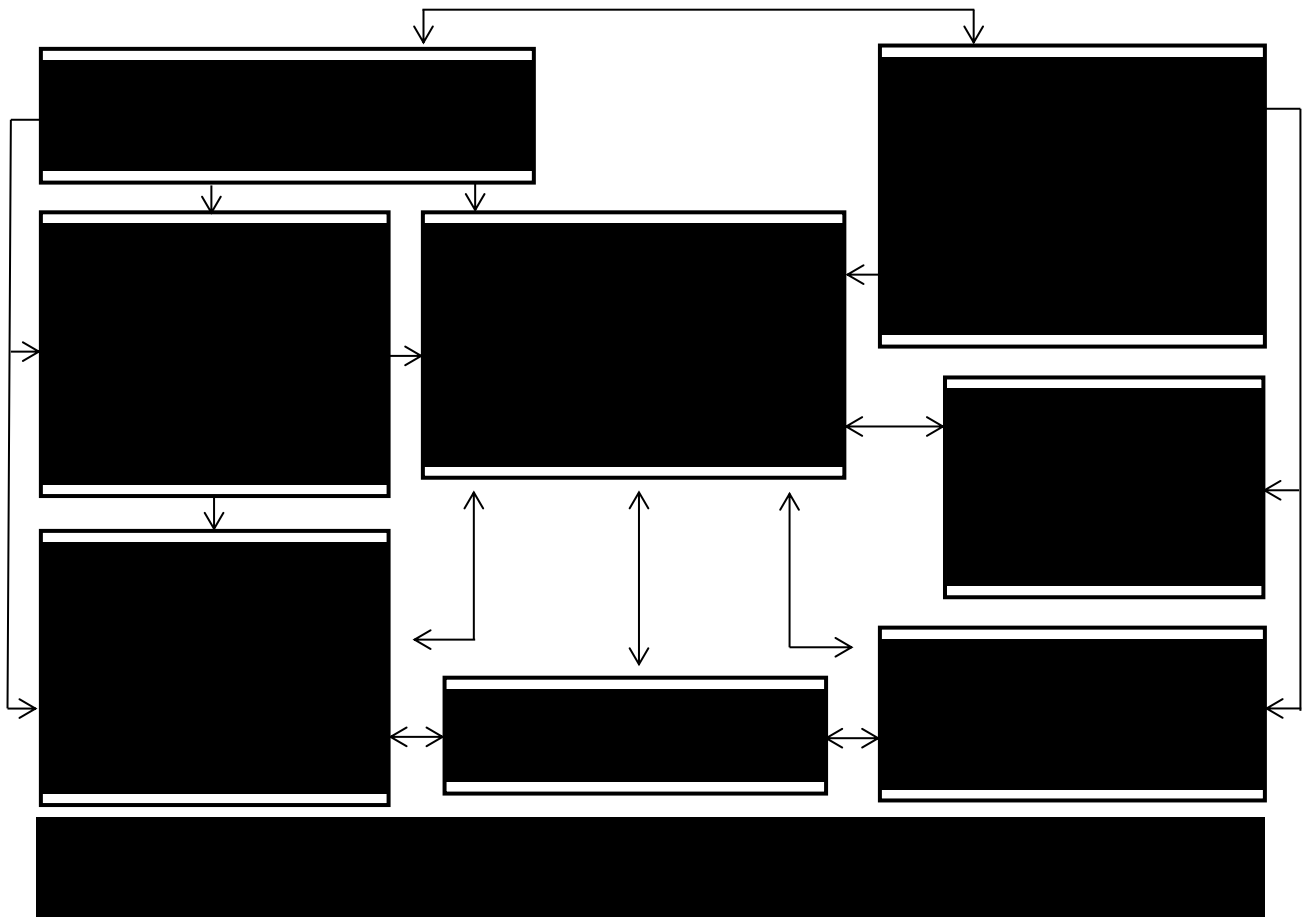
En effet, les capacités de marche vont également être affectées post-AVC. Les différents paramètres de marche tels que la vitesse de marche, la cadence des pas, l'asymétrie du pas et de manière plus globale l'endurance de marche vont être impactés. Kelly et al (93) ont mis en avant, sur un test de marche de 10 mètres, que la vitesse de marche confortable ($0,71 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) et celle maximale ($1,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) des patients post-AVC étaient nettement inférieures à celles de sujets sains de même âge, tant chez les femmes que chez les hommes. Les auteurs comparaient leurs résultats à ceux de Bohannon (96) qui avait trouvé chez la femme et chez l'homme une vitesse de confort respectivement de $1,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $1,36 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ainsi qu'une vitesse maximale de $1,77 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ chez la femme et $1,93 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ chez l'homme. Concernant l'endurance à la marche, elle serait de 42 à 50% inférieure à celle d'adultes sains, sur un test de marche de 6 minutes et 12 minutes (97). L'altération de ces différents paramètres va générer des difficultés à marcher pour la personne post-AVC et impacter son quotidien. Des auteurs ont montré que la marche représentait un surcoût énergétique de 1,5 à 2 fois la dépense énergétique d'un sujet sain de même âge (98). De plus, même après la rééducation certains patients sont dépendants pour marcher (entre 30 et 40%). Chez les patients indépendants, seulement 7% ont les capacités suffisantes pour sortir en dehors de leur maison (93).

Cette altération des capacités de marche est en partie due aux éléments cités précédemment mais également aux conséquences de l'AVC telles que la spasticité ou encore la diminution des capacités musculaires (99).

Au niveau musculaire, l'AVC va induire une diminution de la masse musculaire, une augmentation de la graisse intramusculaire et un changement au niveau des fibres musculaires (augmentation du nombre de fibres de type I, dites lentes) (100,101). L'ensemble de ces altérations se regroupe sous le terme plus général de sarcopénie. L'inactivité et l'immobilisation à la suite de l'AVC vont être des facteurs aggravant ce processus. En effet, chez une population âgée en bonne santé, seulement 10 jours de repos au lit suffisent pour induire une diminution de 6% de la masse maigre et de 16% de la force musculaire (102). La fonte musculaire est d'autant plus rapide si la personne n'est pas sollicitée à marcher. Dans ce sens, Jorgensen et Jacobsen (103) ont évalué la masse maigre de patients à 7 ± 4 jours post-AVC puis 2 mois plus tard ($8 \pm 0,5$ semaines). Lors de la seconde évaluation, les auteurs ont également évalué les capacités de déambulation des patients à partir de la Functional Ambulation Classification (FAC). Ils ont montré que les patients qui n'arrivaient toujours pas à marcher 2 mois après l'AVC avaient une baisse significative du pourcentage de masse maigre sur la jambe parétique (- 6%) et non parétique (- 5%). En revanche cette diminution significative du pourcentage de masse maigre n'est pas retrouvée chez les patients capables de marcher à 2 mois post-AVC.

De plus, English et al (104) mentionnent, dans une revue de la littérature, qu'il y a une différence de masse maigre entre la jambe parétique et non parétique et que cette différence à 6 mois post-AVC peut aller de 4.5% à 14.5%.

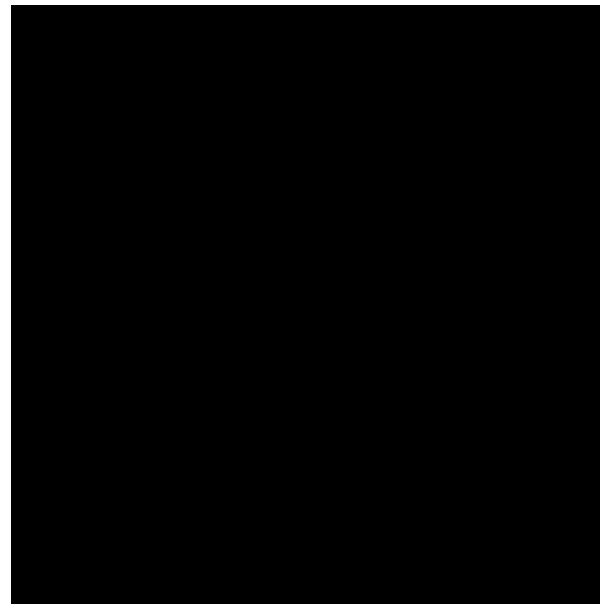
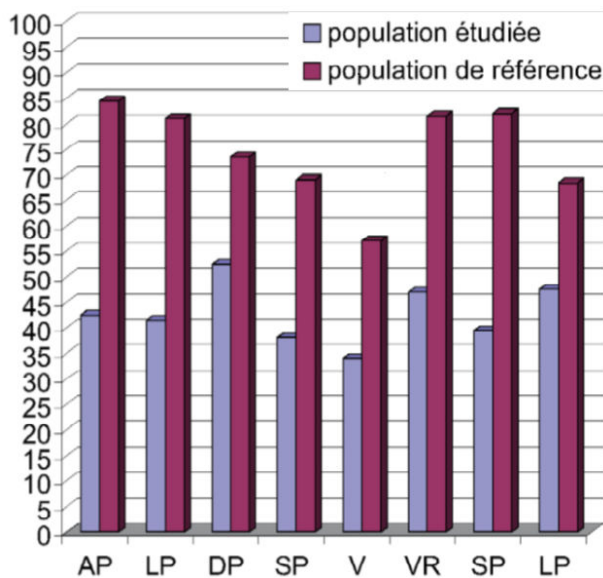
Suite à l'AVC et cette diminution globale des capacités à l'effort, il peut s'ajouter des comorbidités cardiovasculaires, respiratoires et musculaires. Mackay-Lyons et Howlett (105) mentionnent que l'interaction entre ces dysfonctions et des facteurs interdépendants (personnels et environnementaux) vont jouer un rôle sur la diminution du niveau d'AP des patients et leur état de forme (*Schéma 2*). Cette interaction va impacter directement la vie au quotidien des individus par l'augmentation du temps d'inactivité et la diminution de leur QDV.



3. L'altération de la qualité de vie

Un AVC est un évènement brutal qui impacte directement la QDV des individus. Pour évaluer cette QDV post-AVC, le questionnaire intitulé medical outcome study short form-36 (MOS SF-36) est souvent utilisé (85,106). Ce questionnaire est constitué de 36 items répartis en 8 domaines (activité physique, limitations dues à l'état physique, douleurs physiques, santé psychique, limitations dues à l'état psychique, vie et relation avec les autres, santé perçue, et vitalité). La totalité des items est évaluée sur 100; 100 représentant le score de santé subjectif maximal (107). A partir de ce questionnaire, Hopman et Verner (106) ont évalué la QDV des patients post-AVC pendant leur hospitalisation et 6 mois plus tard. Les auteurs ont montré qu'il y avait des améliorations dans les 8 domaines du MOS SF-36 dont 5 étaient statistiquement significatives entre l'admission dans le service de rééducation et le moment du départ (42 ± 28 jours). En revanche six mois après avoir quitté le service, la QDV des patients a baissé significativement dans 5 domaines. Plusieurs années après l'AVC, cette altération de la QDV est toujours présente (108).

De plus Gallien et al (85) ont mis en avant une différence entre le niveau de QDV des patients post-AVC et celui d'une population d'âge identique exempte de pathologie spécifique. Les auteurs ont utilisé le MOS SF-36 chez 50 patients post-AVC (3 ans) et ont comparé leurs résultats à ceux obtenus par Lepègle et al (109) sur une population de référence de même âge. Selon Gallien et al (85) les scores dans la population AVC étaient inférieurs sur les 8 domaines par rapport à la population de référence mais aucune comparaison statistique n'était possible (*Graphique 1*).



Globalement, l'ensemble des conséquences de l'AVC va entraîner une diminution des capacités physiques du patient et une augmentation du coût énergétique des AVQ. La fatigue des individus et leur QDV (88,105) sont donc impactées de manière négative. Le patient va alors rentrer dans un cercle vicieux d'inactivité et de déconditionnement à l'effort. En d'autres termes, moins le patient sera actif, plus il sera déconditionné et plus chaque AVQ sera fatiguant et coûteux d'un point de vue énergétique

L'enjeu est alors de proposer une prise en charge thérapeutique précoce (110) en sollicitant activement le patient, afin d'essayer de réduire le déconditionnement et rompre le cercle vicieux d'inactivité.

II. L'ACTIVITE PHYSIQUE CHEZ LE PATIENT POST-AVC

Caspersen (111) définit l'AP comme tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques qui entraîne une dépense énergétique (DE) au-dessus du métabolisme de base. Les bienfaits de cette AP sur la santé, en prévention primaire, secondaire et tertiaire des maladies cardiovasculaires, est établie (112). Pour que cette AP soit réalisée en toute sécurité et réellement bénéfique à la santé des individus, des experts des sociétés savantes internationales (American College of Sports Medicine ou l'American Heart Association) ont participé à l'élaboration de recommandations (113,114).

Dans une revue générale, Vuillemin (115) a fait le point sur l'ensemble des recommandations de santé publique en matière d'AP. Pour les personnes atteintes d'une maladie chronique, il est recommandé de pratiquer par semaine au moins 150 minutes d'AP d'intensité modérée (≥ 3 Metabolics equivalent of task (MET)) ou 75 minutes d'AP d'intensité élevée (≥ 6 METs) et cela sur des sessions consécutives (sans interruption) de 10 minutes d'AP. Le MET se définit comme un équivalent métabolique par rapport à une tâche. Un MET correspond à la DE d'un sujet assis au repos et équivaut à $1 \text{ kcal.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ou $3,5 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ d' O_2 . (116). Il est également recommandé de réaliser 2 fois par semaine, du renforcement musculaire à raison de 8 à 10 exercices répétés 10 à 15 fois et un travail de souplesse pendant au moins 10 minutes. Des recommandations en matière de nombre de pas ont été également formulées. Il est conseillé, pour qu'il y ait un impact sur la santé des individus, de réaliser au moins 4600 pas par jour pour les personnes ayant une pathologie cardiovasculaire (115,117).

Les recommandations, ci-dessus présentées, se rapportent de manière générale aux maladies chroniques et maladies cardiovasculaires dont fait partie l'AVC. Cependant, des recommandations d'AP, spécifiques à la population AVC, ont été établies par des hautes autorités scientifiques au niveau national (7) et international (5,6)

Au niveau international, l'American Heart Association et l'American Stroke Association recommandent la pratique d'une AP au moins 3 fois par semaine sur des sessions de 20 à 60 minutes à une intensité modérée, adaptée aux patients en fonction des séances. Ces instances mentionnent que plusieurs périodes courtes, répétées (ex: 3 fois 10 minutes d'exercice) à une intensité modérée, tout au long de la journée, peuvent-être mieux tolérées qu'une seule longue séance. En parallèle de cet exercice aérobie, un renforcement musculaire et un travail de

souplesse sont préconisés comme pour les maladies. De manière spécifique, l'objectif de ces recommandations est d'améliorer les capacités aérobies, les capacités de marche ou encore l'équilibre des patients post-AVC. De manière globale, le but est d'accroître l'indépendance des individus dans les AVQ et améliorer leur QDV. (6)

Au niveau national, la Haute Autorité de Santé (HAS) recommande 30 minutes d'AP par jour pour les patients post-AVC (7).

Pratiquer une AP à hauteur de ces recommandations va avoir un effet positif sur les FDR mais également maintenir, voire améliorer certaines conséquences de l'AVC (QDV, capacités à l'effort, fatigue ou encore l'affect). De plus, les hautes autorités scientifiques s'accordent à dire que le respect de ces recommandations va prévenir des nouveaux événements cardiovasculaires et en diminuer le risque de récurrence et de mortalité (6,7).

A. Les bénéfices de l'activité physique post-AVC sur les facteurs de risque

Les bénéfices de l'AP sur les FDR des maladies cardiovasculaires ont été largement décrits dans la littérature. L'AP post-AVC a une influence positive sur les FDR modifiables notamment sur l'HTA, le diabète de type 2, l'obésité ou encore le cholestérol (6,34).

En phase subaiguë (67 ± 42 jours post-AVC), Billinger et al (119) ont montré l'effet positif de l'AP sur l'HTA. Neuf patients ont participé pendant 8 semaines à un programme d'AP en endurance, à raison de 3 séances hebdomadaires de 30 à 40 minutes à une intensité de 50 à 69% de la fréquence cardiaque de réserve (FCR). Une diminution significative de la PAS est mesurée ($134,1 \pm 8,6$ mmHg avant le programme contre $122,4 \pm 11,1$ mmHg après le programme).

En phase chronique, Kim et al (120) ont montré l'effet bénéfique de l'AP sur deux FDR de l'AVC, l'obésité et l'hyperlipidémie. Dix patients ($47,1 \pm 6,6$ mois post-AVC) ont suivi un entraînement de 3 mois sur un vélo stationnaire (5 séances de 30 minutes à une intensité de 50 à 70% de la FCR) et 10 autres patients faisaient partie du groupe témoin. Les auteurs rapportent des diminutions significatives, du poids, du tour de taille, de l'IMC et du rapport tour de taille sur tour de hanche, paramètres caractérisant l'obésité. Une baisse significative du cholestérol total et des triglycérides plasmatiques ainsi qu'une augmentation des taux de

«high density lipoprotein» (HDL), le bon cholestérol, sont constatés uniquement dans le groupe ayant suivi l'entraînement.

Ces deux études (119,120) nous permettent de dire que l'AP, que ce soit en phase subaiguë ou chronique, a un effet positif sur les principaux FDR modifiables de l'AVC.

En plus d'influencer les FDR, l'AP va également avoir un rôle bénéfique sur les différentes conséquences post-AVC.

B. Les bénéfices de l'activité physique au cours des différentes phases post-AVC

1. L'activité physique en phase aiguë de l'AVC

Récemment, Bernhardt et al (121) ont mis en avant qu'une mobilisation très précoce (< 24h) ajoutée à la prise en charge thérapeutique standard réduisait significativement les chances de récupération fonctionnelle à 3 mois post-AVC, par rapport au groupe ayant suivi uniquement la prise en charge. Il est donc recommandé de ne pas réaliser de mobilisation précoce dans les premières 24h post-AVC (122). Il a également été montré, qu'un exercice physique intense dans les deux premières semaines post-AVC, en plus de la prise en charge thérapeutique standard, n'engendrait aucune différence significative, par rapport au groupe ayant eu uniquement la prise en charge (123).

2. L'activité physique en phase chronique de l'AVC

Les bienfaits de l'AP en phase chronique de l'AVC ne sont plus à démontrer et les données sont nombreuses, la majorité des études étant réalisées au cours de cette phase. Les programmes d'AP mis en place en phase chronique cherchent essentiellement à améliorer, les paramètres de marche et la performance de marche, les capacités cardiovasculaires et les capacités musculaires (124).

a. Les effets de l'activité physique sur les paramètres de marche et la performance de marche

Les paramètres de marche sont caractérisés par, la vitesse de marche, la durée d'appui au sol, la cadence, la symétrie du pas et la longueur de pas. Chez le sujet hémiplegique, ces différents paramètres sont altérés et leur altération est corrélée avec les troubles de l'équilibre liés à

l'AVC (99). De ce fait, dans les programmes d'AP axés sur la marche, il y a souvent un double objectif qui est d'améliorer à la fois les paramètres de marche mais également l'équilibre (125,126). L'autre objectif recherché dans les programmes d'AP est l'amélioration de l'endurance de marche.

Dans une revue de la littérature présentant le réentraînement à l'effort chez l'hémiplégique vasculaire, les caractéristiques des programmes d'AP à la marche sont les suivantes (63):

- Durée → 3 semaines à 6 mois
- Fréquence → 3 à 5 fois par semaine
- Temps de l'AP → 8 à 60 minutes
- Intensité → vitesse de confort qui évolue en fonction du sujet, 50 à 70% de la FCR
- Type d'exercice → exercice de marche au sol ou sur tapis, associé dans certain cas à un travail d'équilibre.

Chez le patient post-AVC, Saunders et al (4,127) rapportent que les programmes d'AP impliquant la marche, augmentent la vitesse de marche maximale (+ 6,71 m/min), la vitesse de marche préférentielle (+ 4,28 m/min), l'endurance de marche (+ 30.29 m au TM6) et l'équilibre (+ 3,14 au score du Berg Balance scales) des patients post-AVC. La cadence, la longueur de pas, et le temps d'appui sont également améliorés par les programmes d'AP axés sur la marche (63,128).

En conclusion, malgré l'hétérogénéité des protocoles, tous les programmes d'AP axés sur la marche, permettent d'améliorer les différents paramètres de marche ainsi que l'endurance et l'équilibre.

b. Les effets de l'activité physique sur les capacités cardiovasculaires

Pour rappel, la consommation d'oxygène est utilisée comme critère de mesure de la capacité du système cardiovasculaire. La consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}) permet d'évaluer la capacité à l'effort des individus très précisément. Cependant, les conditions pour atteindre VO_{2max} sont rigoureuses, ce qui peut être difficile pour des personnes déconditionnées (105).

Pour ces raisons, VO_{2pic} ou VO_{2moy} sont également utilisées comme critères de capacités cardiovasculaires chez le patient post-AVC.

Les caractéristiques des programmes d'entraînement, en termes de durée, de fréquence et de temps de pratique, sont similaires à celles des programmes d'entraînement axés sur la marche. En revanche ils vont se différencier sur le type d'exercice et l'intensité d'effort (4,63,127):

- Type d'exercice → Les exercices sont réalisés sur des appareils (par exemple, ergomètre, tapis roulant, vélo ou rameur) ou au travers d'activité de marche avec des steps ou des escaliers.
- Intensité → 40 à 80% de la FCR, 60 à 85% de la fréquence cardiaque maximale (FC_{max}), ou encore 30 à 50% de la puissance maximale (P_{max}). L'intensité augmente au cours du programme pour atteindre parfois dans certaines études des intensités proches des valeurs maximales du patient (FC_{max} ou P_{max}) (129).

Ces différents programmes d'entraînement cardiovasculaire, d'intensité modérée ou haute, permettent d'améliorer significativement VO_{2pic} et VO_{2moy} dans le groupe expérimental (GE) par rapport au groupe contrôle (GC) (130,131). Ce type de programme induit en moyenne une augmentation significative de VO_{2Pic} d'environ $2,9 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (min: 1,8; max: 4,0) (4).

c. Les effets de l'activité physique sur les capacités musculaires

En analysant 58 études portant sur les programmes d'AP post-AVC, Saunders et al (4) rapportent que 13 d'entre elles sont axées sur l'entraînement en résistance. Le but de ces études est essentiellement d'améliorer la force musculaire.

Les caractéristiques des programmes de renforcement musculaire sont les suivantes (4,63):

- Durée → 4 semaines à 12 semaines
- Fréquence → 2 à 5 fois par semaine
- Temps de l'AP → 30 à 90 minutes
- Intensité → des séries de 6 à 15 répétitions (en multipliant les séries, par exemple 3*10 répétitions) de 50 à 100% de la charge maximale.
- Type d'exercice → répétitions de contractions musculaires réalisées avec uniquement le poids corporel ou avec des élastiques, des poids, des appareils de musculation et des dispositifs isocinétiques.

Saunders et al (4) mentionnent qu'il y a trop peu de données pour évaluer les effets des entraînements en résistance. De plus, les études qui traitent du sujet sont très hétérogènes

(différences des muscles entraînés, des outils utilisés, du type de contraction demandé ou de l'intensité choisie), ce qui complexifie l'analyse pour apprécier les effets de l'entraînement.

Malgré ce manque d'informations, il semblerait que les entraînements en résistance améliorent la force musculaire du côté sain comme du côté lésé (132).

d. Les autres effets de l'activité physique

Les objectifs secondaires, des protocoles d'AP post-AVC, sont d'améliorer la QDV, la dépression, l'anxiété ou encore la fatigue de la personne.

Dans une méta-analyse sur l'effet de l'AP sur la QDV post-AVC, Chen et Rimmer (133) montrent qu'un entraînement, à la marche, en endurance ou en résistance, permet d'améliorer significativement la QDV des sujets entraînés par rapport à un GC.

Les différents programmes d'AP vont également permettre de diminuer significativement l'état dépressif (ex: diminution du score de l'Hospital Anxiety and Depression scale (134), l'anxiété (diminution du score au State-Trait Anxiety Inventory) (135) et l'état de fatigue (diminution du score à la Checklist Individual Strength–subscale Fatigue) (136) des sujets entraînés par rapport aux sujets témoins. Ces améliorations sont rapportées pour différents types d'entraînements (ex: marche, cardiovasculaire ou musculaire).

En conclusion, il existe une multitude de protocoles d'AP non standardisés (différences d'intensité, de type d'exercice, de fréquence, ou encore de durée) qui ont des effets bénéfiques dans la population AVC en phase chronique. Ces bénéfices sont établis et largement décrits dans la littérature sachant que la majorité des études, prouvant l'effet de l'AP, est réalisée au cours de cette phase. Hors les grandes instances scientifiques ont montré que les bénéfices de l'AP étaient présents dès la phase subaiguë (6).

3. L'activité physique en phase subaiguë de l'AVC

Les effets de l'AP en phase subaiguë sont moins étudiés qu'en phase chronique. Pourtant, il est recommandé de débiter l'AP à partir de cette phase

Les *Tableaux 2, 2bis et 2ter* présentent, de manière non exhaustive, les protocoles d'AP réalisés en phase subaiguë et leurs effets chez les patients post-AVC. Les études choisies sont toutes contrôlées (un GE et un GC) et randomisées. Dans les *Tableaux 2, 2bis et 2ter* sont présentés uniquement les résultats du GE trouvés significatifs par rapport au GC.

Etude	Délai post-AVC GE / GC	Sujets GE / GC	Type d'activité	Durée / Fréquence / Intensité	Résultat
Sandberg et al (2016) (137)	22 ± 10 / 23 ± 11 Jours	29 / 27	<u>Mixte:</u> Travail d'endurance sur cyclo ergomètre + travail mixte (souplesse / marche / musculation)	60 min 2 fois / semaine pendant 12 semaines Travail mixte → PE de 11-13/20 Travail d'endurance → PE de 14-15/20	↑ pic de travail sur l'ergomètre ↑ endurance de marche ↑ vitesse de marche ↑ score time up and go ↑ temps équilibre sur une jambe
Han et al (2016) (138)	22 ± 8 / 18 ± 10 Jours	30 / 26	Marche sur tapis roulant avec BWS	30 min 5 fois / semaine pendant 4 semaines BWS → 50% à 0% du poids du corps Vitesse tapis → 1,2 à 2,6 km/h	↑ VO ₂ pic à l'effort ↑ FC _{pic} à l'effort
Huh et al (2015) (139)	4 ± 1 / 4 ± 1 Mois	23 / 17	Travail d'équilibre sur une plateforme (avec harnais de sécurité)	30 min 5 fois / semaine pendant 2 semaines	↑ score Berg Balance scale ↑ endurance de marche
Letombe et al (2010) (140)	21 ± 3 / 20 ± 2 Jours	9 / 9	<u>Mixte:</u> Cardiorespiratoire (marche, vélo) Equilibre Musculation	40 à 60 min 4 fois / semaine pendant 4 semaines. Cardio.: 70 à 80% du max. Musculation: 50 à 60% du max.	↑ VO ₂ pic à l'effort ↑ PMA à l'effort ↑ durée de l'épreuve d'effort ↑ score de Barthel: ↑ score Katz

Tableau 2: Programmes d'activité physique post-AVC en phase subaiguë

APA: activité physique adaptée, BWS: body weight support, FC_{max}: fréquence cardiaque maximale, FC_{pic}: fréquence cardiaque pic, FC_{repos}: fréquence cardiaque de repos, FCR: fréquence cardiaque de réserve, GE: groupe expérimental, GC: un groupe contrôle, MOS SF-36: medical outcome study short form-36, PE: perception de l'effort, PMA: puissance maximale aérobie, VO_{2pic}: consommation pic d'oxygène.

Etude	Délai post-AVC GE / GC	Sujets GE / GC	Type d'activité	Durée / Fréquence / Intensité	Résultat
Outermans et al (2010) (141)	23 ± 8 / 24 ± 8 Jours	22 / 21	<u>Mixte:</u> Cardio circuit training (ex: marche, transfert, musculation, monter des escaliers)	45 min 3 fois / semaine pendant 4 semaines, 40 à 80% FCR	↑ vitesse de marche ↑ endurance de marche
Mead et al (2007) (142)	178 / 162 Jours	32 / 32	<u>Mixte:</u> GE: Endurance (vélo, marche, escaliers) et musculation GC: relaxation	75 min 3 fois / semaine pendant 12 semaines 13-16/20 PE	↑ score MOS SF-36 ↓ coût énergétique de la marche ↑ score time up and go
Lai et al (2006) (143)	78 ± 29 / 74 ± 27 Jours	44 / 49	<u>Mixte:</u> Equilibre Endurance (vélo) Musculation Travail des membres sup	3 fois / semaine à domicile pendant 12 semaines Intensité progressive pendant le programme (mais non renseignée)	↓ score geriatric depression scale ↑ score stroke impact scale ↑ score MOS SF-36
Eich et al (2004) (144)	6 ± 2 / 6 ± 3 Semaines	24 / 25	GE: 30 min kiné + 30 min marche sur tapis avec BWS GC: 60 min kiné	60 min 5 fois / semaine pendant 6 semaines Variation vitesse et inclinaison du tapis BWS → 15% à 0% du poids du corps (FC _{max} - FC _{repos})*0,6 + FC _{repos}	↑ vitesse de marche ↑ endurance de marche

Tableau 2bis: Programmes d'activité physique post-AVC en phase subaiguë

APA: activité physique adaptée, BWS: body weight support, FC_{max}: fréquence cardiaque maximale, FC_{pic}: fréquence cardiaque pic, FC_{repos}: fréquence cardiaque de repos, FCR: fréquence cardiaque de réserve, GE: groupe expérimental, GC: un groupe contrôle, MOS SF-36: medical outcome study short form-36, PE: perception de l'effort, PMA: puissance maximale aérobie, VO_{2pic}: consommation pic d'oxygène.

Etude	Délai post-AVC GE / GC	Sujets GE / GC	Type d'activité	Durée / Fréquence / Intensité	Résultat
Duncan et al (2003) (145)	78 ± 29 / 74 ± 27 Jours	44 / 48	<u>Mixte:</u> Equilibre Endurance (vélo) Musculature Travail des membres sup	90 min 3 fois / semaine à domicile pendant 12 semaines 40 à 50 tours par minute	↑ endurance de marche ↑ score Berg Balance scale ↑ VO ₂ pic à l'effort ↑ temps d'exercice sur le vélo
Katz-Leurer et al (2003) (146)	Phase Subaiguë (non renseigné précisément)	44 / 46	Travail d'endurance sur cyclo ergomètre	20 min 5 fois / semaine pendant 2 semaines et 30 min 3 fois / semaine pendant 6 semaines (soit 8 semaines en tout) 60% FCR	↓ FC _{repos} ↑ capacité à monter des marches ↑ seuil au test d'effort ↑ intensité d'effort
Da Cunha et al (2002) (147)	16 ± 8 / 19 ± 13 Jours	6 / 7	Marche sur tapis avec BWS	20 min 5 fois / semaine pendant 3 semaines BWS → 30% à 0% du poids du corps Augmentation progressive de la vitesse du tapis	Pas de résultats significatifs

Tableau 2ter: Programmes d'activité physique post-AVC en phase subaiguë

APA: activité physique adaptée, BWS: body weight support, FC_{max}: fréquence cardiaque maximale, FC_{pic}: fréquence cardiaque pic, FC_{repos}: fréquence cardiaque de repos, FCR: fréquence cardiaque de réserve, GE: groupe expérimental, GC: un groupe contrôle, MOS SF-36: medical outcome study short form-36, PE: perception de l'effort, PMA: puissance maximale aérobie, VO_{2pic}: consommation pic d'oxygène.

Récapitulatif des programmes proposés en phase subaiguë:

Durée du programme → 2 à 12 semaines.

Durée de la séance → 20 à 90 minutes.

Fréquence → 2 à 5 fois par semaine.

Intensité → 40 à 80% (VO_{2pic} , FCR, exercice max), 13 à 16/20 sur une échelle de perception de l'effort (PE), jusqu'à 50% du poids du corps en moins avec le body weight support (BWS).

Type d'activité → Equilibre, marche, endurance, renforcement musculaire, souplesse.

Ce récapitulatif permet de constater que les programmes d'AP réalisés en phase subaiguë présentent des caractéristiques très différentes et non standardisées. Il semble cependant qu'ils apportent tous des bénéfices pour le patient. post-AVC. Les *Tableaux 2, 2bis et 2ter* mettent en avant que l'AP en phase subaiguë va engendrer l'amélioration des capacités de marche et d'équilibre ainsi que celle des capacités à l'effort des individus.

a. Les effets de l'activité physique sur les capacités de marche et d'équilibre

L'amélioration des capacités de marche se traduit par une augmentation de la vitesse et de l'endurance de marche.

Trois études (137,141,144) rapportent une augmentation significative de la vitesse de marche sur un test de marche de 10 mètres, qui consiste dans ce cas à parcourir le plus vite possible cette distance. L'AP a donc permis d'augmenter significativement la vitesse de marche ($+ 0,2 \pm 0,2$ m/s (137), $+ 0,3 \pm 0,3$ m/s (141), $+ 0,3 \pm 0,2$ m/s (144)) des patients.

L'AP mise en place pouvait être un entraînement spécifique à la marche (144) ou un entraînement mixte (c'est-à-dire comprenant au moins deux types d'activité) (137,141).

Les résultats, présentés dans les tableaux ci-dessus, montrent que l'endurance de marche a augmenté dans 5 études (137,139,141,144,145). Celle-ci a été évaluée à partir du TM6 et son augmentation, en fonction des protocoles d'AP, va de 12 ± 6 m (139) au minimum à 105 ± 80 m (137) au maximum. L'endurance de marche a été améliorée dans le cas d'un entraînement spécifique à la marche (144), un entraînement mixte (137,141,145) mais également pour un entraînement spécifique à l'équilibre (139)

L'amélioration de l'équilibre est rapportée dans 4 études (137,139,142,145) sur les 11 présentées dans les *Tableaux 2, 2bis et 2ter*. Deux d'entre elles (137,142) ont utilisé le Time up and go test pour évaluer l'équilibre. Ce dernier est un test chronométré qui consiste à partir de la position assise, se lever, marcher sur 3 mètres face à soi, faire un demi-tour et revenir s'asseoir, pour la personne qui le réalise. A la fin du programme d'AP, les deux études (137,142) rapportent une diminution significative du temps pour réaliser le test. Dans les deux autres études (139,145), l'échelle d'équilibre de Berg (Berg Balance Scale) a été utilisée. Cette échelle est constituée de 14 items qui évaluent l'équilibre sous différentes formes (ex: debout, assis, en transfert, les yeux ouverts ou fermés) et donne un score final /56. Après le programme d'AP, l'amélioration de l'équilibre se traduit par une augmentation du score ((+) 7 ± 4 pts (139), (+) 4 ± 1.pts (145)). L'entraînement spécifique à l'équilibre (139) a permis d'améliorer celui-ci mais également les entraînements mixtes (137,142,145).

De ce fait, malgré des caractéristiques très différentes, les protocoles d'AP permettent d'améliorer les capacités de marche et d'équilibre des patients post-AVC en phase subaiguë.

b. Les effets de l'activité physique sur les capacités à l'effort

L'amélioration des capacités à l'effort, mais plus spécifiquement des capacités cardiovasculaires, va se traduire notamment par une augmentation de VO_{2pic} . Dans les tableaux ci-dessus, 3 études rapportent une augmentation de cette dernière après le programme d'AP (de $14 \pm 3 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ à $16 \pm 3 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (138), + 20,3 % (140) et ± $0.2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (145). La capacité cardiovasculaire des patients a été améliorée dans le cas d'un entraînement spécifique à la marche (138) et d'un entraînement mixte (140,145).

L'amélioration de la capacité à l'effort des patients, après le programmes d'AP, se voit également par:

- la capacité des patients à maintenir plus longtemps le test d'effort final (140,145),
- la capacité des patients à réaliser le test d'effort final à une intensité de travail supérieure à celle initiale (137,140,146),
- et la capacité des patients à monter plus de marches (146).

L'amélioration de ces capacités est rapportée pour un entraînement d'endurance (146) ou un entraînement mixte (137,140,145).

c. Les autres effets de l'activité physique

Les programmes d'AP vont permettre également d'améliorer la QDV des patients en phase subaiguë. Comme mentionné précédemment, le questionnaire MOS SF-36 est couramment utilisé dans la population post-AVC pour évaluer la QDV. Dans les *Tableaux 2, 2bis et 2ter*, deux études (142,143) présentent une amélioration de la QDV des patients, évaluée à partir de ce questionnaire, à la fin du programme d'AP. Dans leur étude, Mead et al (142) rapportent une augmentation significative du score dans 5 domaines (limitations dues à l'état physique, santé psychique, limitations dues à l'état psychique, santé perçue et vitalité) sur les 8 du MOS SF-36.

En parallèle de l'amélioration de la QDV, Lai et al (143) mentionnent également que le programme d'AP a permis de diminuer l'état dépressif de leurs patients. Les auteurs ont évalué la dépression à partir de la Geriatric Depression Scale. Avant le programme, 8 patients présentaient des symptômes dépressifs, après le programme, ils n'étaient plus que 6 patients.

Les caractéristiques des programmes en phase subaiguë, comme pour la phase chronique, sont très différentes. Malgré cette diversité, les protocoles d'AP permettent tous d'améliorer différents paramètres chez les patients post-AVC au cours de cette phase.

En conclusion, nous pouvons dire que l'AP a des effets bénéfiques chez les patients post-AVC, que ce soit en phase subaiguë ou chronique. En revanche, les auteurs, qui ont étudié le devenir de ces bénéfiques, ont montré qu'ils ne se maintenaient pas dans le temps après l'arrêt du programme d'AP (149–151). Pour maintenir ces bénéfiques, il y a donc un réel intérêt à pratiquer régulièrement une AP, d'autant que des bénéfiques sont encore rapportés à 3 et 6 mois en poursuivant l'AP (152,153).

Cependant, il a été montré que les comportements sédentaires augmentaient après l'AVC, les patients passant une forte majorité de leur journée couché ou assis (19,154). Par ailleurs, le temps dédié à l'AP est très faible chez ces patients. Dans ce sens, English et al (9) ont évalué le temps d'AP par jour des patients à leur domicile. Pour cela, 37 patients (4 ± 10 ans post-AVC) ont porté pendant 7 jours un accéléromètre. Les résultats ont mis en avant que les patients réalisaient en moyenne 5 ± 6 minutes d'AP modérée à vigoureuse par jour. Rand et al (11) ont, eux, cherché à connaître si les patients atteignaient les 30 minutes d'AP recommandées par jours à leur domicile. Pour obtenir ce temps d'AP journalier, 40 patients

(2.9 ± 2.4 ans post-AVC) ont porté sur 3 jours consécutifs un accéléromètre. Les auteurs ont montré que 58% de la population n'atteignait pas les recommandations de 30 minutes d'AP par jour. De ce fait, ces études montrent que les patients post-AVC réalisent très peu d'AP et n'atteignent pas les recommandations lorsqu'ils sont de retour à leur domicile.

Il serait cependant intéressant de savoir, dans le cadre de la prise en charge réadaptative, si les patients sont suffisamment sollicités pendant l'hospitalisation, avant leur retour au domicile. Des études ont montré (19,155) que les patients en hospitalisation passaient, comme à domicile, la majorité du temps de la journée couché ou assis. En revanche, à notre connaissance, aucune étude n'a évalué si les patients en hospitalisation atteignaient les recommandations à l'AP avant le retour à domicile ou encore, si la prise en charge thérapeutique proposée permettait de les atteindre. Hors, Billinger et al (6) mentionnent l'éventualité que si les patients commençaient l'AP à l'hôpital et recevaient des informations sur celle-ci (intensité, durée, type) cela pourrait être une source motivationnelle pour que le patient continue après sa sortie.

Afin de mieux appréhender le niveau de sollicitation des patients post-AVC en phase subaiguë pendant leur hospitalisation, il serait pertinent d'évaluer plus précisément leur niveau d'AP. Les méthodes permettant de réaliser cette tâche sont nombreuses. Toutefois dans quelle mesure peuvent-elles nous fournir des informations valides et suffisamment précises pour permettre aux professionnels de santé et de l'AP de proposer une meilleure prise en charge au patient.

III. LES METHODES D'EVALUATION DE L'ACTIVITE PHYSIQUE

Pour rappel, l'AP se définit comme l'ensemble des mouvements corporels produits par la contraction des muscles squelettiques qui entraîne une augmentation de la DE au-dessus du métabolisme de base (111). Il s'agit alors d'une DE liée à l'AP (DEAP). Sur 24h, cette DEAP correspond à 15-30% de la DE totale (DET) journalière. Le pourcentage restant correspond au MB qui est la DE minimale vitale (60-75% DET) et à la thermogénèse alimentaire qui correspond à la DE nécessaire pour digérer les aliments (10-15% DET). L'unité international pour exprimer la DE est le joule (J). Cependant, dans les études il est couramment employé la kilocalorie (kcal) qui équivaut à 1000 calories et 1 calorie est égale à 4,18J. Une calorie se définit comme une unité de mesure de l'énergie libérée par la chaleur Elle représente la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'1 degré la température d'1 gramme d'eau sous une pression atmosphérique normale (156).

L'AP se définit également au travers de quatre caractéristiques (115,157):

- **La durée** représente le temps de pratique qui s'exprime le plus souvent en minutes.
- **La fréquence** est le nombre de fois ou l'AP est réalisée sur une période donnée et s'exprime le plus souvent en nombre de séance par semaine.
- **L'intensité** représente l'importance de l'effort physique fournit par l'individu. En d'autres termes, c'est l'énergie dépensée par l'organisme qui est nécessaire pour réaliser cette AP. En fonction de l'importance de la DEAP, 4 niveaux d'intensité sont différenciés: sédentaire (0,9 à 1,5 METs), légère (1,6 à 2,9 METs), modérée (3,0 à 5,9 METs), intense ($\geq 6,0$ METs) (115,157). Plusieurs indicateurs peuvent être utilisés pour définir une intensité d'exercice. L'indicateur le plus courant est la fréquence cardiaque (FC) souvent exprimé en pourcentage de la FC_{max} ou FCR. Il est également possible d'utiliser des indicateurs tels que VO_2 , la PMA, la vitesse maximale aérobie ou se référer à une charge maximale. Enfin d'autres indicateurs apparaissent depuis quelques années comme le MET, le niveau de DE (kcal ou J) ou des indicateurs subjectifs comme la PE.
- **Le type** détermine le contexte dans lequel l'AP a été réalisée. Il peut renseigner de la nature de l'AP (ex: domestique, déplacement, loisirs) ou du type d'exercice réalisé (ex: endurance, résistance, équilibre, souplesse).

Différentes méthodes existent pour évaluer l'AP et ainsi permettre de renseigner une ou plusieurs caractéristiques de l'AP. Ces méthodes de mesure se distinguent en deux catégories, les méthodes objectives et les méthodes subjectives. Les méthodes subjectives sont également appelées méthodes déclaratives. Elles consistent à décrire l'AP. Pour cela le sujet lui-même ou une tierce personne doit notifier l'AP réalisée sur des périodes de rappel plus ou moins longues en fonction des méthodes. (158) Les méthodes objectives vont en instantané mesurer, au travers d'outils, des paramètres physiologiques ou biomécaniques en rapport avec l'AP réalisée (159).

A. Les méthodes de mesure objectives de l'activité physique

Les méthodes de mesures objectives regroupent la calorimétrie, l'actimétrie et la mesure de paramètres physiologiques.

1. La mesure de l'activité physique par calorimétrie

Il existe deux types de calorimétrie qui sont dites directe et indirecte.

a. La mesure de l'activité physique par calorimétrie directe

La calorimétrie directe repose sur le principe de mesurer les pertes de chaleur. Le sujet est placé au sein d'une enceinte hermétique dans laquelle est libéré de l'air ambiant. La différence de température, entre l'air entrant dans la chambre et l'air sortant, va permettre de calculer la chaleur libérée par le sujet. (160)

Cette méthode va permettre ainsi d'obtenir la DE totale (DET) de l'individu en partant du principe d'égalité entre production de chaleur et DE (160). Cependant, pour obtenir la DEAP il faut tout d'abord calculer le métabolisme de base et la thermogénèse alimentaire.

Malgré sa très grande précision, la calorimétrie directe n'est pas couramment utilisée, tant chez le sujet sain que post-AVC, en raison de la rareté des chambres calorimétriques, du niveau élevé de technicité et des limitations de mobilité imposées au sujet (161).

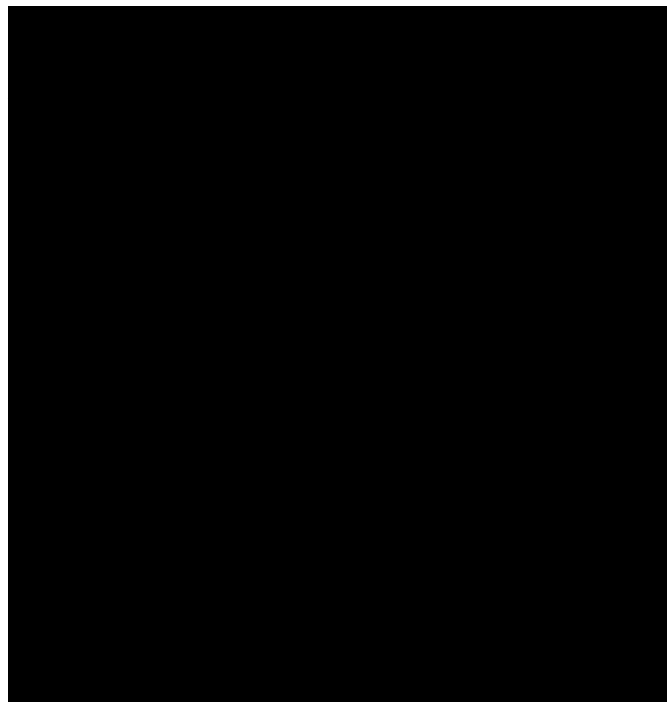
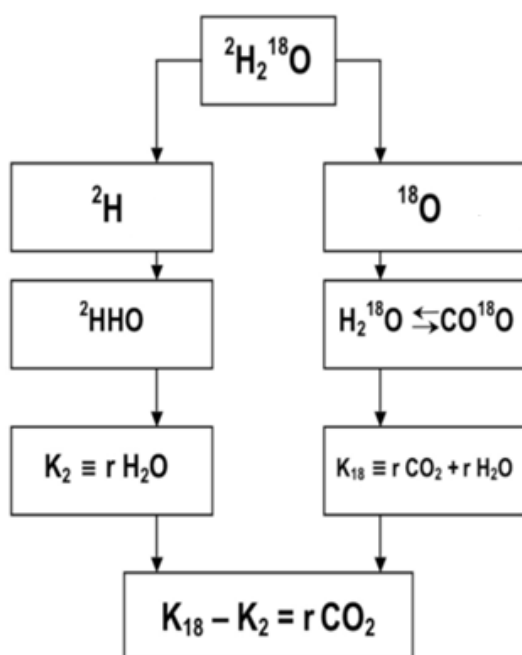
b. La mesure de l'activité physique par calorimétrie indirecte

La calorimétrie indirecte repose sur la mesure de la consommation d'oxygène et/ou de la production de dioxyde de carbone. La calorimétrie indirecte cycle à cycle (réalisée à partir d'un analyseur de gaz) et la méthode de l'eau doublement marquée (EDM) sont deux méthodes de calorimétrie indirecte qui permettent d'évaluer la DE.

b.1 La méthode de l'eau doublement marquée

La méthode de l'EDM est considérée comme le «Gold Standard» pour mesurer la DE des individus en situation réelle de vie (157,161).

Au niveau de l'organisme, la technique de l'EDM implique le marquage du corps par deux isotopes (non radioactifs stables): l'oxygène (^{18}O) et l'hydrogène (^2H) qui, associés avec de l'eau, constituent l'EDM ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$). L'élimination de ces isotopes se produit à partir de la perte d'eau par le corps. L'hydrogène est seulement éliminé en tant qu'eau par l'organisme tandis que l'oxygène est éliminé à la fois comme eau mais aussi en tant que dioxyde de carbone (CO_2) (162). La différence d' ^{18}O entre ces deux traceurs lors de l'élimination, fournit une estimation de la production de CO_2 . Le cheminement de la production de CO_2 (VCO_2) est représenté dans le *Schéma 3* (163). A partir de la quantité de CO_2 obtenue, la DE peut être estimée en calculant le quotient respiratoire. Il se définit par le rapport de la production de CO_2 sur la consommation d' O_2 ($\text{VCO}_2 / \text{VO}_2$).



Au niveau pratique, cette méthode consiste à faire boire au sujet de l'eau marquée par deux traceurs. Par la suite le patient est invité à recueillir des échantillons, d'urine le plus souvent, à des intervalles réguliers tout au long de la durée d'observation. Le prélèvement se fait le plus fréquemment sur une période de 1 à 4 semaines. Les échantillons recueillis sont ainsi analysés par spectrométrie de masse (163).

Comme la calorimétrie directe, l'EDM va permettre d'obtenir la DET mais ne va pas renseigner les caractéristiques de l'AP. Pour obtenir la DEAP il faut tout d'abord mesurer le métabolisme de base et la thermogénèse alimentaire (149).

Bien que la méthode de l'EDM soit le «gold standard» pour évaluer la DE, elle n'est pas couramment utilisée, tant chez les sujets sains que post-AVC, car elles relèvent d'une haute technicité d'utilisation et très onéreuses (157,161).

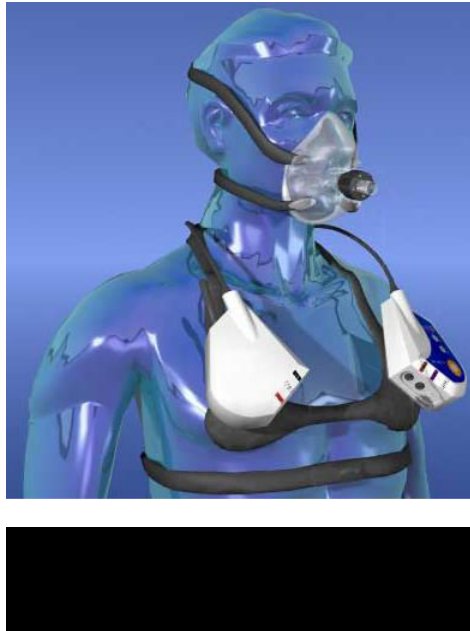
b.2 La méthode d'évaluation par les échanges gazeux respiratoires

Cette méthode de mesure implique la mesure de consommation d'O₂ et la production de CO₂. VO₂ et DE sont liées car la production d'énergie de l'organisme dépend de l'O₂ consommée. Ainsi la consommation d'O₂ est un moyen indirect très précis (- de 2% d'écart par rapport à une mesure par calorimétrie directe (165)) de mesure de la DE d'une personne. Chaque litre d'O₂ consommé par l'organisme correspond à un équivalent énergétique (en kcal) et dépend de la valeur du quotient respiratoire (*Tableau 3*). Par conséquent, en mesurant l'utilisation de l'O₂ alors qu'une personne effectue une AP, le coût énergétique de la tâche peut être déterminée.(166)

Quotient respiratoire	Equivalent énergétique (kcal.l ⁻¹ O ₂)
0,71	4,690
0,75	4,739
0,80	4,801
0,85	4,862
0,90	4,924
0,95	4,985
1	5,057

Tableau 3: Equivalence énergétique (kcal) par litre d'O₂ consommé pour des valeurs de quotient respiratoire sélectionnées (165)

Pour cette méthode, l'outil couramment utilisé est un analyseur de gaz (rechargeable par batterie) constitué d'un boîtier, porté au niveau de la poitrine, et d'un masque, placé au niveau du visage qui englobe le nez et la bouche (*Image 2*).



Ce masque est relié au boîtier contenant une cellule qui permet d'effectuer la mesure des échanges gazeux. Au masque est fixée une turbine dont la vitesse de rotation, induite par la ventilation, va traduire un débit. Une calibration de la composition de l'air ambiant est nécessaire avant l'utilisation du dispositif. Ainsi la composition de l'air inspiré est connue et celle de l'air qui est expiré est calculée par des analyseurs au moment du passage dans la turbine. Le système permet donc d'obtenir en instantané VO_2 et VCO_2 pour chaque cycle ventilatoire.

Avant d'utiliser l'analyseur de gaz, plusieurs calibrations doivent être effectuées pour avoir une meilleure précision de mesure:

- La pression se mesure avec un baromètre de laboratoire qui affiche une valeur en Bar
- La calibration des gaz se fait dans un premier temps par la mesure des valeurs des gaz ambiants puis dans un second temps par la mesure des valeurs du gaz d'étalonnage avec une bouteille calibrée à 16% d' O_2 et 5% de CO_2 .
- Enfin, pour calibrer les volumes qui sont exprimés en litres, un système de pompage matérialisé par une seringue est utilisé et mesure le volume inspiré et expiré.

Tout au long de l'enregistrement, les données recueillies sont instantanément affichées sur un ordinateur. Ce principe d'affichage instantané, permet de contrôler l'intensité de l'AP tout au long de l'exercice. En revanche, pour obtenir la DEAP, il faut la calculer à partir de VO_2 .

La méthode d'évaluation des échanges gazeux respiratoires est une méthode validée et précise (165). En revanche, ce type de méthode est chère ($\approx 30000\text{€}$), demande une expertise technique, notamment pour la calibration et ne peut pas se porter plus de quelques heures.

Dans la population AVC, cette méthode est couramment employée dans le cadre de l'évaluation la capacité cardiovasculaire des individus, au travers de VO_2 (105).

2. La mesure de l'activité physique à partir de la fréquence cardiaque

La FC, mesurée en battement par minute (bpm), est un paramètre physiologique utilisé dans l'évaluation de l'AP et notamment son intensité. Elle se mesure, le plus souvent, avec un cardiofréquencemètre constitué d'un émetteur (une ceinture positionnée au niveau de la poitrine) et d'un récepteur (une montre) communiquant entre eux par radiofréquence. La FC s'affiche sur l'écran de la montre. Il est alors possible de contrôler l'intensité de l'AP tout au long de l'exercice.

Dans certains programmes d'AP post-AVC, la FC est utilisée comme indicateur de l'intensité de l'AP. Elle est le plus souvent exprimée en pourcentage de FC_{\max} ou FCR (63). En revanche, la FC peut être influencée par des troubles du rythme cardiaque liés à l'AVC (ex: la fibrillation auriculaire ou l'arythmie) ou des traitements associés (ex: bêtabloquants) et ainsi fausser la mesure. (24,41).

3. La mesure de l'activité physique par actimétrie

Le terme d'actimétrie désigne l'ensemble des outils utilisés pour évaluer l'AP par l'intermédiaire de paramètres caractérisant le mouvement (167). Les Global Positioning System (GPS), les podomètres et les accéléromètres sont des actimètres.

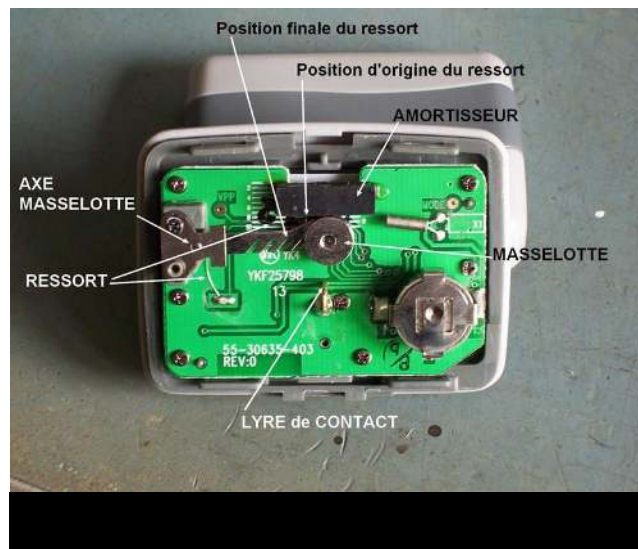
a. La mesure de l'activité physique à partir d'un GPS

Le GPS est assimilé à un récepteur qui reçoit des informations transmises par des satellites qui tournent autour de la terre. Les signaux reçus permettent de géo-localiser précisément la personne étudiée et de déterminer la position, la direction et la vitesse du récepteur. (168) Le GPS va distinguer les périodes de marche ou de repos ainsi que collecter, de manière instantanée, des données objectives sur la vitesse de déplacement, la distance parcourue, le dénivelé mais également sur les conditions d'environnement extérieur (169).

En revanche, une des limitations à son utilisation est liée à l'imprécision, dans les transports en commun et dans un environnement intérieur (170). A l'heure actuelle, aucune étude n'a montré que le GPS, seul, était validé et reproductible pour mesure l'AP. En revanche, de nombreux téléphones portables disposent d'un GPS associé à d'autres méthodes de mesures comme l'accéléromètre, pour essayer d'obtenir une meilleure évaluation de l'AP (168).

b. La mesure de l'activité physique à partir d'un podomètre

Le podomètre permet d'évaluer le nombre de pas effectués par un sujet. Sa simplicité d'utilisation le rend le plus populaire des actimètres. Il se présente sous la forme d'un petit boîtier qui se fixe le plus souvent au niveau de la hanche mais peut être porté dans la poche ou pendu autour du cou.



Le podomètre (*Image 3*) est constitué d'un levier suspendu par un ressort (intitulé «masselotte») et d'un composant électronique (intitulé «lyre de contact»). Pendant la marche, chaque contact du pied avec le sol va entraîner une accélération verticale de la hanche, avec une force au-delà d'un seuil choisi, et un mouvement de haut en bas du levier. De ce fait,

l'extrémité de celui-ci vient toucher le composant électronique qui enregistre un événement, «un pas». Si la longueur du pas (enregistrée ou mesurée au préalable) du sujet a été rentrée dans le dispositif, alors le nombre de pas peut être converti en une distance parcourue (171). Le podomètre est alimenté par une pile et ses données peuvent rester en mémoire jusqu'à 7 jours.

Chez le sujet sain, le podomètre n'est pas précis pour évaluer le nombre de pas sur des vitesses de marche lentes ($< 68 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) et sa mesure est moins prise que celle d'un accéléromètre, sur des conditions identiques en laboratoire (172). Ce constat est similaire chez les patients AVC. Elsworth et al (173) ont montré que le podomètre avait tendance à sous-estimer significativement le nombre de pas (29% d'erreur). Cette sous-estimation est en relation avec le niveau fonctionnel des patients post-AVC et leur vitesse de marche lente que le podomètre ne détecte pas ($< 0.5\text{m/s}$) (174).

c. La mesure de l'activité physique à partir d'un accéléromètre

L'accéléromètre mesure les accélérations du corps humain, proportionnelles à une force exercée, jusqu'à trois plans (antéro-postérieur, médio-latéral et vertical). L'effet de cette force, dans une direction donnée, va engendrer des déformations de masse et générer une différence de potentiel. L'aire sous la courbe du signal est intégrée et totalisée sur un intervalle de temps donné ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) et la durée, la vitesse et l'intensité de l'accélération peuvent alors être obtenues (171). L'unité couramment utilisée pour les accéléromètres est le «count» (coup) par minute (cpm). A l'origine, les cpm se définissaient par le nombre de fois, sur une période donnée, où le signal reçu par l'accéléromètre dépasse un certain seuil prédéfini (175). Néanmoins, les cpm restent difficile à définir sachant que la valeur du count peut changer d'un accéléromètre à l'autre (176). De ce fait, le cpm est devenu une unité arbitraire propre à chaque dispositif qui participe au calcul de la DE.(177)

Différents types de dispositif existent, dont les accéléromètres piézoélectriques, les accéléromètres piézorésistifs et les accéléromètres capacitifs qui sont couramment utilisés dans les études travaillant sur les mouvements du corps humain (178):

- Les accéléromètres piézoélectriques sont constitués d'une masse sismique supportée par une céramique piézoélectrique. La masse applique lors d'un mouvement une compression sur la céramique qui a la capacité de délivrer une charge électrique proportionnelle à la force qui lui est appliquée. (178)

- Les accéléromètres piézorésistifs sont constitués d'une masse maintenue par une lame flexible contenant des jauges piézorésistives. La résistance des jauges dépend de la déformation de la lame en cas d'accélération. (179)
- Les accéléromètres capacitifs sont constitués d'une masse mobile entourée de masses fixes. Entre les masses il y a une distance qui définit une capacité. Lors de l'accélération cette capacité est modifiée. (179)

Contrairement aux accéléromètres piézoélectriques, les accéléromètres piézorésistifs et capacitifs peuvent évaluer quand la personne est inactive et notamment différencier les positions du corps telles que assis, couché et debout. (159)

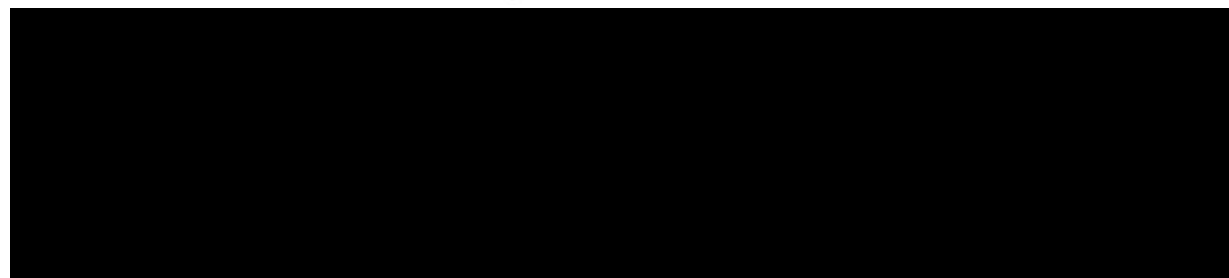
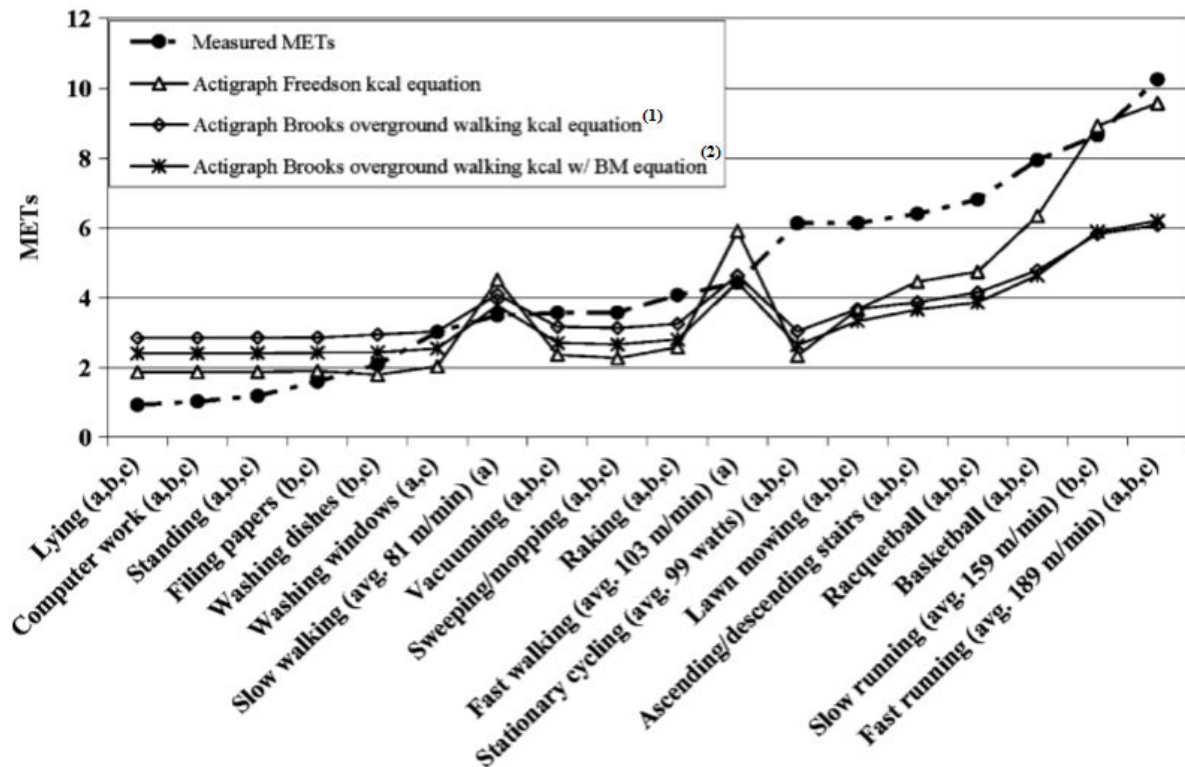


L'accéléromètre, en lui-même, est placé à l'intérieur d'un petit boîtier léger qui peut se fixer le plus souvent au niveau de la taille, de la cheville ou du poignet. Chaque dispositif est différent et leurs caractéristiques sont très diverses en fonction des fabricants (157,177):

- Les dispositifs vont être différents sur le design (*Image 4*), notamment, la forme, la couleur, la taille, le poids (de 8 à 200g), l'étanchéité ou le mode d'attache.
- La batterie peut être rechargeable (lithium) ou à pile.
- La capacité de stockage des données est le plus souvent exprimée en Bytes (128 KB.à 512 MB)
- Le temps d'enregistrement peut aller de 7 jours jusqu'à 2 mois en fonction des dispositifs et de la fréquence d'enregistrement donnée par le fabricant (en Hertz). En revanche, plus la fréquence d'enregistrement est grande, plus le temps d'enregistrement va diminuer.
- La programmation des capteurs va se différencier en fonction des données à renseigner sur le sujet ainsi que le moment ou la programmation du dispositif doit être effectuée
- L'accéléromètre peut-être uni-axial, bi-axial ou triaxial.

- Le mode de transfert des données le plus utilisé est par USB (Universal Serial Bus) mais la télémétrie est également employée.
- Chaque dispositif a son logiciel qui lui est propre pour traiter les données.
- Le coût peut aller d'une centaine d'euros à plus de 1000€ en prenant en compte l'accéléromètre, le logiciel et la maintenance.

Les données obtenues, selon les dispositifs, sont: le nombre de pas, le temps d'AP passé dans les différents seuils d'intensité (sédentaire, légère, modérée, intense et très intense), le temps passé couché, assis et debout ainsi que la DE (totale et/ou liée à l'AP) (157). Concernant la DE, cette dernière est calculée à partir d'algorithmes ou équations de prédictions proposés par le fabricant. Ce point reste problématique.



Les valeurs de DE peuvent être très différentes en fonction des équations utilisées et des activités réalisées. Dans ce sens, l'étude de Crouter et al (180) a analysé la DE estimée à partir des 14 équations de prédictions proposées pour l'accéléromètre Actigraph. Les auteurs ont comparé la DE estimée par l'accéléromètre sur différents AVQ, par rapport à une mesure de la DE par calorimétrie indirecte. Le *Graphique 2* présente uniquement la DE obtenue à partir de 3 des 14 équations proposées. Les activités pour lesquelles les différences de DE calculées sont les plus faibles sont la marche lente et la marche rapide. Pour toutes les autres activités, les différences sont la plupart du temps très importantes (du simple au triple). Cette étude met en avant l'importance du choix de l'équation de prédiction proposée par le fabricant par rapport à l'activité enregistrée et la différence de mesure que cela peut engendrer.

Chez le sujet sains, l'accéléromètre a montré une bonne validité par rapport à une mesure par calorimétrie indirecte (EDM ou mesure par analyseur de gaz) (177,181). En revanche, il existe des différences de mesures entre les dispositifs et des différences en fonction de la localisation du capteur (poignet, cheville, hanche, haut du bras) (182–184). De plus, le type d'activité évaluée va également conditionner le choix du capteur. Il est préconisé de porter les accéléromètres à la cheville pour les activités de marche ou de course (184) et à la hanche pour les AVQ (185). De ce fait, bien que de manière générale les accéléromètres soient validés pour évaluer le niveau d'AP, il est essentiel de regarder la validité et les conditions de cette validité pour chaque dispositif avant de l'utiliser.

Chez le sujet AVC, l'accélérométrie est largement utilisée pour évaluer l'AP (186) et est présentée comme une méthode fiable et validée (187). Elle est utilisée pour évaluer l'AP à toutes les phases post-AVC et aussi bien à domicile, que dans un milieu hospitalier. En revanche, un très récent article a mis en avant que les seuils d'intensité prédéfinis dans les accéléromètres, pour différencier les niveaux d'AP, n'étaient pas forcément adaptés pour les patients AVC (188). Concernant le principal handicap moteur post-AVC, il semblerait que la position de l'accéléromètre du côté hémiplégique n'influence pas la mesure. Des études ont montré qu'il n'y a pas de différence de mesure entre le côté hémiplégique et non hémiplégique que le capteur soit porté à la cheville, au poignet ou au bras (189–192). Cependant, de meilleures corrélations sont rapportées, par rapport à la méthode de référence utilisée dans chacune des études, du côté non hémiplégique.

En conclusion, les méthodes de mesures objectives de l'AP ne sont pas toutes utilisables par les professionnels de santé ou de l'AP, pour des raisons de coût, de technicité d'utilisation ou

encore inadaptée à l'environnement. Parmi celles qui le sont, toutes présentes des avantages et des inconvénients. Le choix de la méthode de mesure revient alors au professionnel qui l'utilise et de ce qu'il souhaite réaliser avec cette dernière. En fonction de son objectif, qui peut être d'inciter, de contrôler ou encore de quantifier l'AP, une des méthodes sera peut-être plus à même d'y répondre.

Concernant les caractéristiques de l'AP, les méthodes de mesures objectives peuvent renseigner la durée, la fréquence et l'intensité de l'AP mais aucune ne renseignent le type de l'AP. Cette dernière caractéristique est plus détaillée par les méthodes de mesures subjectives qui sont connues pour leur capacité à contextualiser l'AP (159)

B. Les méthodes de mesure subjectives de l'activité physique

Les méthodes de mesure subjectives regroupent le questionnaire d'AP, le journal d'AP, l'observation du comportement et l'échelle de PE.

1. La mesure de l'activité physique à partir d'un questionnaire

Le questionnaire est une succession de questions qui permettent d'évaluer le niveau d'AP d'une personne. Il est adaptable aux différentes catégories d'âge (enfants, adolescent, adulte et personnes âgées) mais peut également être spécifique à une maladie chronique (193).

Les questionnaires d'AP sont caractérisés par différents critères (194):

- Le mode d'administration du questionnaire peut-être soit auto-administré par le patient lui-même soit administré par une tierce personne.
- La durée d'administration varie en fonction du nombre d'items ou de questions.
- Les réponses peuvent être ouvertes ou fermées.
- La période d'évaluation de l'AP peut remonter à 24 heures, une semaine, quelques mois et même aller jusqu'à la vie entière.
- Le contexte de l'AP définit à quel domaine l'AP réalisée correspond (professionnelle, de loisirs, domestique, de transport ou de sport).
- Les paramètres qui sont demandés de renseigner sont la durée, la fréquence, l'intensité ou le type de l'AP.

- Les indicateurs obtenus à la fin du questionnaire peuvent être un score d'AP permettant de classer la personne dans un type de comportement (ex: sédentaire, actif, très actif), un niveau d'AP (temps, fréquence, type et intensité) ou une DE (souvent exprimée en MET ou kcal par unité de temps).

Les questionnaires d'AP sont appréciés pour leur utilisation facile et peu onéreuse, leur capacité de distribution à grande échelle et leur capacité à contextualiser l'AP. En revanche, par rapport à une méthode de référence comme l'EDM, les questionnaires tendent à sous-estimer (195–197) ou surestimer l'AP (198).

Dans la population post-AVC, les troubles associés à l'accident, tels que les troubles cognitifs ou de la mémoire, peuvent être problématique quant à la compréhension des questions ou le rappel de l'AP qui peut remonter jusqu'à un an.

2. La mesure de l'activité physique à partir d'un journal

Le journal, également appelé carnet, peut fournir des informations très détaillées sur les périodes d'activité ou d'inactivité du sujet. Il consiste à noter la durée (minutes ou heures), l'intensité (légère, modérée, forte), le type (ex: travail, sport, AVQ), la fréquence et la position du corps (ex: assis, debout, marche) dans des recueils spécifiques et adaptés. Cette collecte permet de rendre compte de l'AP entreprise sur des intervalles de temps relativement courts de 15 minutes, sur un délai de 24 heures (161). Les activités ainsi collectées sont ensuite transformées en données chiffrées à l'aide de compendium. L'addition de toutes ces données va permettre d'obtenir un score total de DE (199). Grâce à ce type de recueil, les participants enregistrent leur AP en temps réel ce qui peut éviter les biais de rappels comme pour les questionnaires (200).

De ce fait, cette méthode apporte des informations sur les quatre caractéristiques de l'AP mais de manière plus détaillées que le questionnaire (200).

En revanche, bien que l'information soit plus détaillée, l'estimation de l'AP est également sous-estimée (201) ou surestimée (202) par rapport à l'EDM.

Dans la population AVC, Hale et al (203) ont montré, par rapport à une mesure réalisée par accélérométrie, que le report de l'AP était significativement différent au-delà de 3 jours d'évaluation.

3. La mesure de l'activité physique à partir de l'observation du comportement

Cette méthode d'observation consiste à ce qu'un observateur qualifié surveille et .enregistre une personne qui prend part à des AP. Les observations sont répétées le plus souvent toutes les 8 à 30 minutes et de manière beaucoup plus rare, l'observation peut se faire en continu (20). L'observation peut être directe, nécessitant la présence de l'observateur sur le terrain, ou indirecte si les comportements sont enregistrés, puis visionnés (188). Cette méthode d'évaluation est souvent utilisée lorsque l'activité est localisée à un espace délimité (ex: une salle de classe ou une chambre).

L'observation du comportement permet de générer de l'information contextuelle importante (quand, où, type, durée d'AP) mais également des informations plus précises comme les habits de la personne. En revanche les inconvénients qui ressortent pour cette méthode sont la charge importante de travail et d'énergie pour l'observateur ainsi que la présence de l'observateur qui peut jouer sur le comportement du sujet.(157) De plus, à notre connaissance, il n'y a pas d'étude comparant l'évaluation de l'AP à partir de cette méthode par rapport à une méthode de référence comme l'EDM.

Cette méthode d'évaluation, chez les patients post-AVC, est un environnement clinique restreint (205). En revanche, dans une continuité thérapeutique d'évaluation du patient, cette méthode n'est pas envisageable d'utiliser au domicile du patient ou par le patient lui-même.

4. La mesure de l'intensité de l'activité physique à partir d'une échelle de perception de l'effort

L'échelle de perception permet d'obtenir le ressenti, la perception qu'une personne a de quelque chose à un instant « t ». Il existe différents types d'échelles de perception telle que la perception de la douleur, de l'effort ou encore de la dyspnée (206). Les échelles de PE de Borg sont parmi les plus connues. La première est la «RPE (rating of perceived exertion) scale», il s'agit d'une échelle en 15 points, notés de 6 à 20. La cotation 6 correspond à un effort nul et la cotation 20 à l'effort maximal. Les scores de PE de cette échelle varient linéairement avec l'intensité de l'effort exprimée par la FC. Plus précisément, le score attribué par les sujets est approximativement égal à leur FC divisée par 10. La seconde échelle de Borg est la «CR (category ratio)-10 scale». Cette échelle est cotée de 0 à 10 et fonctionne sur

le même principe que la RPE scale. Ces échelles sont ponctuées d'expressions verbales qui visent à faciliter l'évaluation. (207,208)

Ces échelles de PE vont permettre d'évaluer subjectivement l'intensité de l'AP.

Chez le sujet sain, il a été montré de bonnes corrélations entre la PE et l'augmentation de l'intensité de l'effort ($r = 0,88$ et $p \leq 0,05$ (209)) ainsi qu'avec la FC ($r = 0,74$ et $p \leq 0,001$ (210)).

En revanche dans la population AVC cette relation, entre l'augmentation de l'intensité de l'effort et la PE, n'est pas retrouvée. Des auteurs ont montré que plus l'intensité de l'effort augmentait et moins les patients AVC arrivaient à évaluer leur PE (211).

Contrairement aux méthodes objectives, les méthodes subjectives sont toutes utilisables par les professionnels de santé ou professionnels de l'AP. De manière générale, les méthodes subjectives peuvent être utilisées à grande échelle car peu onéreuses, simple d'utilisation et contextualisent bien l'AP. En revanche elles fournissent souvent une évaluation biaisée de l'AP. (159).

Ainsi nous venons de voir les différentes méthodes objectives et subjectives qui existent pour évaluer l'AP. Nous ne pouvons pas nous avancer sur le fait qu'une méthode en particulier est plus appropriée. Elles présentent toutes des avantages et inconvénients qu'il faut prendre en compte dans le choix de la méthode afin qu'elle puisse répondre aux attentes du professionnel

Cependant, la littérature fait tout de même ressortir, que la méthode la plus répandue pour évaluer l'AP post-AVC est l'actimétrie, secondée par les méthodes subjectives (observation du comportement et questionnaire d'AP) (20,186). Mais les méthodes utilisées sont légèrement différentes en fonction des phases de l'AVC et du contexte de l'évaluation. Il est mis en avant que la méthode observationnelle du comportement est uniquement utilisée en hospitalisation donc essentiellement en phase aiguë ou subaiguë. A l'inverse, les actimètres sont majoritairement utilisés pour mesurer l'AP en phase chronique à domicile. Parmi les actimètres utilisés, plus des $\frac{3}{4}$ sont des accéléromètres et le reste des podomètres (20,186). Cependant, dans leur revue de la littérature, Fini et al (20) ont mis en avant que sur les 29 actimètres utilisés dans les 60 études qui mesuraient l'AP post-AVC, la validité de seulement 11 dispositifs a été testée. Sur ces 11 actimètres, la quasi-totalité des tests de validité a été réalisée en phase chronique de l'AVC excepté deux études (212,213) qui étaient en phase

aiguë. Hors pour pouvoir évaluer, l'AP des patients, tant en hospitalisation qu'à domicile, les actimètres doivent être validés pour la phase subaiguë de l'AVC.

De plus, les études présentées dans l'article de Fini et al (20) cherchent à valider les actimètres pour des activités très standardisées de locomotion ou des paramètres bien spécifiques tels la durée du temps de marche ou la répartition du temps de la journée en fonction de la position du corps (assis, debout, couché, en marchant). Le fait que la validité des capteurs soit principalement axée sur les paramètres locomoteurs est largement justifié sachant que le paramètre le plus enregistré dans les études post-AVC est le nombre de pas (186). Hors, pour évaluer au mieux le niveau d'AP des patients il est nécessaire de bien apprécier non seulement les activités standardisées de type marche, mais également les activités spontanées de la vie quotidienne. Le but est d'avoir une mesure de l'AP sur toutes les DE journalières du patient Une seule étude s'est intéressée à cela. Moore et al (191) ont cherché à montrer la fiabilité de mesure du capteur armband SenseWear, par rapport à l'EDM, pour évaluer la DE sur 10 jours consécutifs en condition de vie réelle chez des patients post-AVC en phase chronique. Il y avait une forte corrélation significative entre les deux méthodes de mesure ($r = 0,850$, $p = 0,004$). La moyenne générale des 9 sujets a montré que l'armband sous-estimait la DET d'environ 4% mais l'écart de mesure d'un individu à l'autre peut aller de (-) 276 kcals à (+) 464 kcals par jour. Les auteurs concluent que l'armband peut être un moyen accessible et objectif pour obtenir la DE des patients. Cependant, l'échantillon de sujet est faible et les séquelles de l'AVC sont très légères. Ainsi il serait nécessaire de tester la fiabilité du dispositif sur une population plus importante et n'ayant pas fini sa rééducation.

En conclusion, pour que les professionnels de santé et d'AP proposent une meilleure prise en charge il faut s'assurer que la précision de mesure soit la plus précise possible. Pour cela, le dispositif choisi doit être validé à toutes les phases de l'AVC, afin de garantir une continuité dans l'évaluation entre l'hôpital et le domicile, mais également validé pour évaluer la DE de tous les AVQ. Cependant, précédemment nous avons vu que la majorité des dispositifs étaient utilisés et validés en phase chronique et sur des tâches bien standardisées. De ce fait, il reste encore à déterminer si les actimètres actuels sont validés pour évaluer la DE journalière des patients en phase subaiguë de l'AVC.

Orientation des travaux de recherche

Pratiquer régulièrement une AP post-AVC va contribuer au maintien, voire à l'amélioration des capacités aérobies, de marche ou d'équilibre des patients. De manière globale, elle va permettre d'accroître l'indépendance des individus dans les AVQ, améliorer leur QDV et diminuer le risque de récurrence (6). L'importance de pratiquer régulièrement une AP se voit notamment au travers de l'élaboration de recommandations à l'AP post-AVC par les sociétés savantes. Pratiquer à hauteur de ces recommandations a un réel effet protecteur sur la santé des patients après un AVC (119).

Cependant, il semblerait que ces recommandations ne soient pas respectées par une grande partie de la population post-AVC en phase chronique. Rand et al (11) ont évalué sur 3 jours consécutifs l'AP à domicile de 40 patients ($2,9 \pm 2,4$ ans post-AVC). Les auteurs ont montré que 58% de la population n'atteignait pas les recommandations de 30 minutes par jour équivalentes à une DE de 142 kcals. Un des objectifs de l'étude d'English et al (9) était également d'évaluer l'AP journalière des patients post-AVC, retournés à leur domicile depuis plus de deux mois. Les auteurs ont rapporté que les patients (4 ± 10 ans post-AVC) réalisaient en moyenne 5 ± 6 minutes d'AP modérée à vigoureuse par jour. Bien que les auteurs ne cherchaient pas directement à évaluer les recommandations, nous constatons que ce résultat est largement en deçà des 30 minutes d'AP recommandées.

Suite à ces résultats, nous pouvons nous demander si les patients réalisaient déjà ces recommandations lors de leur hospitalisation, d'autant que le niveau d'AP a tendance à diminuer une fois que le patient a regagné son domicile (10,84). A notre connaissance aucune étude n'a cherché à voir si les patients post-AVC atteignaient les recommandations à l'AP à la fin de leur séjour hospitalier.

Dans ce contexte, l'objectif de notre première étude (Publication n°1) était d'évaluer si les patients post-AVC en phase subaiguë, hospitalisés en MPR, atteignaient les recommandations à l'AP avant de quitter le service et regagner leur domicile.

Précédemment, nous avons vu que de pratiquer une AP à hauteur de ces recommandations va avoir un effet bénéfique sur la santé des individus en diminuant le risque de récurrence et le risque de mortalité (92). Ces recommandations sont préconisées dès la phase subaiguë de l'AVC. De ce fait, il y aurait un réel intérêt à ce que celles-ci soient mises en place dès que possible dans le parcours de soins et fassent partie des objectifs thérapeutiques pour le patient. Tout au long de leur prise en charge thérapeutique, notamment en service de rééducation, les patients vont assister à des soins quotidiens (par exemple: kinésithérapie, orthophonie, ergothérapie ou encore neuropsychologie) en fonction de leurs besoins. En France dans les services de rééducation, cette prise en charge thérapeutique s'effectue à hauteur d'au moins 2 heures par jour (62). Cependant, nous pouvons nous demander si cette prise en charge journalière est suffisamment sollicitante au quotidien pour atteindre les recommandations à l'AP.

Dans ce contexte, l'objectif de notre seconde étude (Publication n°2) était de déterminer quel était le niveau de sollicitation journalier des patients post-AVC hospitalisés en MPR, tout en regardant s'ils atteignaient les recommandations à l'AP.

Pour pratiquer l'AP recommandée en toute sécurité et contrôler son intensité, les sociétés savantes préconisent de mesurer la FC, VO_2 , ou d'utiliser une échelle de PE (6). Parmi ces mesures, la FC est affectée par des facteurs intrinsèques et extrinsèques qui limitent la précision de mesure (157) ainsi que par les séquelles et traitement liés à l'AVC (24,214). La mesure de VO_2 bien qu'elle soit précise, reste coûteuse et nécessite une expertise technique (157). La PE est quant à elle peu coûteuse et très facile d'utilisation. Elle pourrait être un outil simple pour que le patient en autonomie puisse contrôler son intensité d'exercice. Cependant, cet outil est utilisé essentiellement à la fin d'exercices répétés de courte durée (ex: TM6 (215)) mais n'est pas utilisé pour évaluer l'intensité sur une séance d'AP de 30 minutes.

Dans ce contexte, l'objectif de notre troisième étude (Publication n°3) était de voir si la PE pourrait être utilisée pour contrôler l'intensité de l'AP sur une longue durée, comme par exemple lors d'une séance thérapeutique.

Des revues de la littérature mettent en avant que les méthodes les plus couramment utilisées pour évaluer le niveau d'AP chez les patients post-AVC sont l'actimétrie et les méthodes observationnelles (20,186). Selon la phase après l'AVC (aiguë, subaiguë et chronique), les

méthodes utilisées sont légèrement différentes. En effet, au cours de la phase chronique de l'AVC (≥ 6 mois) l'actimétrie est largement utilisée, alors qu'au cours de la phase subaiguë une majorité d'étude utilisent les méthodes observationnelles.

En revanche, Fini et al (20) mettent en avant que la validité de près de 2/3 des actimètres, utilisés pour évaluer l'AP, n'a pas été vérifiée chez le patient post-AVC. Concernant les actimètres dont la validité a été testée, majoritairement, elle est réalisée sur des activités très standardisées comme la marche ou pour valider des paramètres de mesure bien spécifiques, comme le temps que la personne passe sur une journée en position couché, assis et debout. Très peu d'études testent la fiabilité de mesure des actimètres pour évaluer la DE. La majorité d'entre elles utilisent le nombre de pas pour quantifier l'AP. Hors, pour pouvoir évaluer l'AP des patients le plus précisément possible, il faut que les actimètres puissent apprécier l'AP des patients dans toutes leurs AVQ. De plus, les études présentées dans l'article de Fini et al (20) comme ayant testées la validité des actimètres sont pour la quasi-totalité réalisées en phase chronique. Cependant, d'un point de vue thérapeutique et dans une continuité d'évaluation entre l'hôpital et le domicile, il faudrait s'assurer que ces actimètres sont validés en phase subaiguë.

Dans ce contexte, l'objectif de nos derniers travaux de recherche (Publication n°4) était d'étudier la fiabilité d'actimètres permettant d'évaluer l'AP des patients en phase subaiguë de l'AVC, en situation réelle de vie.

Résultats

Publication n°1:

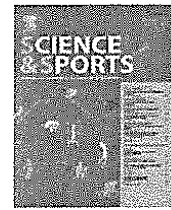
Recommendations for physical activity after stroke: Are they achieved before discharge from rehabilitation units?

Lacroix J, Daviet J-C, Bonis J, Salle J-Y, Mandigout S.
Science & Sports (2016) 31, 73–77.



Disponible en ligne sur
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com



ORIGINAL ARTICLE

Recommendations for physical activity after stroke: Are they achieved before discharge from rehabilitation units?



Les recommandations à l'activité physique post-AVC : sont-elles atteintes à la sortie du service de réadaptation ?

J. Lacroix^{a,*}, J.-C. Daviet^{a,b}, J. Bonis^a, J.-Y. Salle^{a,b},
S. Mandigout^a

^a Université de Limoges, EA 6310, HAVAE, 87060 Limoges, France

^b Pôle neuro-sciences tête et cou, service de médecine physique et de réadaptation, hôpital J.-Rebeyrol, CHU de Limoges, 87042 Limoges, France

Received 10 August 2015; accepted 15 December 2015

Available online 26 February 2016

KEYWORDS

Physical activity;
Steps;
Accelerometer;
Assessment

Summary

Objective. — After stroke, regularly physical activity of at least 30 minutes or 4600 steps per day is recommended. This study aimed to assess if post-stroke patients achieved the recommendations before leaving the physical medicine and rehabilitation unit.

Material and method. — Physical activity time and number of steps taken by subjects were estimated using a SenseWear[®] armband (BodyMedia[®], Pittsburgh, USA), which has a built-in triaxial accelerometer. Subjects wore the sensor 15 days prior to their discharge from the physical medicine and rehabilitation unit for two consecutive days on the non-paretic arm from 9 am to 4.30 pm.

Results. — A total of 21 patients (mean age: 63 ± 20 years), with a mean post-stroke period of 44 ± 38 days and a mean Barthel index of 83 ± 5/100, were enrolled in the study. The records showed that 39 ± 32 minutes on average per day were achieved by the patients, although seven patients did not achieve 30 minutes of physical activity per day. No patient achieved the recommendations with 783 ± 916 steps on average per day.

Conclusion. — This study showed that two of three patients achieved the physical activity time recommendations when they left the physical medicine and rehabilitation unit; however, no patient achieved the recommended number of steps.

© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

* Corresponding author.

E-mail address: justine.lacroix@etu.unilim.fr (J. Lacroix).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2016.01.002>

0765-1597/© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

MOTS CLÉS

Activité physique ;
Pas ;
Accéléromètre ;
Évaluation

Résumé

Objectif. — Après un accident vasculaire cérébral, une activité physique régulière d'au moins 30 minutes ou 4600 pas par jour est recommandée. Cette étude visait à évaluer si les patients hospitalisés à la suite d'un accident vasculaire cérébral atteignaient ces recommandations avant de quitter l'unité de médecine physique et de réadaptation.

Matériel et méthode. — Le temps d'activité physique et le nombre de pas réalisés par les sujets ont été estimés en utilisant un brassard SenseWear® (BodyMedia®, Pittsburgh, États-Unis), constitué d'un accéléromètre triaxial. Les sujets ont porté le capteur, dans les 15 jours maximum précédent leur départ du service de médecine physique et de réadaptation, sur deux jours consécutifs sur le bras non parétique de 9 h à 16 h 30.

Résultats. — Au total 21 patients (âge moyen : 63 ± 20 ans), avec un délai post-AVC moyen de 44 ± 38 jours et un indice de Barthel moyen de $83 \pm 5/100$, ont été inclus dans l'étude. Les enregistrements ont montré que 39 ± 32 minutes en moyenne par jour ont été atteints par les patients, bien que sept patients ne réalisent pas les 30 minutes d'activité physique par jour. Aucun patient n'a atteint le nombre de pas recommandé avec 783 ± 916 pas en moyenne par jour.

Conclusion. — Cette étude a montré que deux patients sur trois atteignent les recommandations de temps d'activité physique au moment de quitter le service de médecine physique et de réadaptation ; toutefois, aucun patient atteint le nombre de pas recommandé.

© 2016 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

1. Introduction

Recommendations for the promotion of physical activity (PA) to keep healthy and reduce relapses after stroke have been published [1,2]. Daily recommendations are commonly expressed in two forms: either in PA time or in number of steps. PA is recommended for at least 30 minutes per day [3] and must be compatible with daily lifestyle, age and the patient's general condition. The recommendations do not specifically mention that PA must be carried out in cumulated sessions of 10 consecutive minutes in the stroke population. But, in the context of global pathologies like in cardiovascular diseases [4,5], these sessions of 10 minutes of PA are necessary for the patient's health. Regarding number of steps to achieve, at least 4600 steps daily is recommended for patients with cardiovascular diseases [4,5]. Achieving these PA recommendations in the hospital seems to be primordial. We can assume that if patients do not achieve the recommendations under the supervision of competent health professionals, then they will struggle to achieve them alone at home. PA promotion is therefore important as the PA level in post-stroke patients tends to decrease when the patient returns home [6].

This study aimed to assess if post-stroke patients achieved the recommendations before leaving the physical medicine and rehabilitation (PMR) unit. This study was conducted at Limoges University Hospital Center.

2. Methods**2.1. Participants**

All volunteer patients at 15 days prior to their discharge from the PMR unit of the Jean Rebejrol Hospital (Limoges, France) and with a post-stroke period of less than six months

were included. Patients were in complete hospitalization. Before inclusion, each patient was informed about the study procedure and after a period of discussion and reflection, gave written informed consent. The procedures conformed to the World Medical Association declaration of Helsinki [7].

2.2. Equipment

PA time and number of steps were estimated using a SenseWear® armband (BodyMedia®, Pittsburgh, USA), which has a built-in triaxial accelerometer. This tool has been validated to evaluate these parameters and already used in previous studies on walking in hemiplegic patients [8–12].

For all the patients, the degree of autonomy during daily life activities was calculated using the Barthel Index (BI) on a scale of 100 where 100 represents complete autonomy [13]. An experienced medical specialist determined the BI at inclusion.

2.3. Procedure

Subjects were instructed to wear the armband during two consecutive days on the non-paretic arm continuously. The device was positioned on the upper part of the arm on the triceps (constructor recommendations) in the morning before 9 am and was removed the next day after 4.30 pm. Voluntarily, we analyzed exclusively the records registered from 9 am to 4.30 pm, which is typically the therapeutic management period. The sensor was removed for aquatic activities if necessary (shower or spa) and then replaced by the caregiver or the subject. The device powered on automatically when it came into contact with the patient's skin and stopped recording in absence of skin contact. After recording, the data was transferred to the "SenseWear Professional 7.0" software, where the characteristics of each

Table 1 Population characteristics.

Characteristics	n	%	Mean ± SD
Sex			
Male	12	57	
Female	9	43	
Age (years)			63 ± 20
Weight (kg)			65 ± 15
Height (cm)			166 ± 9
Body Mass Index			24 ± 5
Barthel Index (/100)			83 ± 5
Time since stroke (days)			44 ± 38
Stroke type			
Ischemic	17	81	
Hemorrhagic	4	19	
Side of hemiparesis			
Left	10	48	
Right	11	52	

patient were entered (age, height, weight, sex, smoking status, and right or left handed). For each recording, we selected the number of steps and PA time (expressed in minutes). Four activity levels were identified: sedentary activity < 3 METs, moderate activity ≥ 3 METs and < 6 METs, vigorous activity ≥ 6 METs and < 9 METs and very vigorous activity ≥ 9 METs. The software defined PA as including all activities ≥ 3 METs.

The collected records were then compared to the recommended 30 minutes of PA per day and 4600 steps minimum daily.

2.4. Statistical analysis

Statistical analysis was performed using the Statview 5.1 software (SAS Institute, Copyright 1992–1998). Each parameter was expressed as mean ± SD. Simple correlation tests (Pearson test) were performed to verify if relationships exist between the characteristics of the population and the PA time performed. In addition, nonparametric tests were realized using the Mann Whitney test. A value of *P* < 0.05 was considered significant.

3. Results

A total of 21 volunteer patients participated in the study. Eleven patients were able to walk unaided and 10 others needed technical assistance in order to move. All the population characteristics are resumed in Table 1.

Concerning the PA time, the average of the two days was taken as the PA level. The records showed that 39 ± 32 minutes per day were achieved by the patients, which were performed over continuous sessions of 4 ± 2 minutes. Sixty-six percent of subjects did not achieve the recommendations. Patient characteristics are presented in Table 2.

Concerning the number of steps, the results showed that 783 ± 916 steps per day were performed by the patients. No patient achieved the recommendations. There was no significant difference between the number of steps from patients

Table 2 Patient characteristics according to the achievement of the recommendations or not.

	<30 minutes of PA/day (n=7)	>30 minutes of PA/day (n=14)
Age (years)	60 ± 22	65 ± 19
Barthel Index (/100)	76 ± 16	86 ± 12
Time since stroke (days)	29 ± 24	51 ± 42
PA (minutes)	8 ± 5	54 ± 28
Consecutive session of PA (minutes)	2 ± 1	5 ± 1

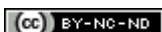
PA: physical activity. Values are expressed as mean ± standard deviation.

who were able to walk unaided and those who needed technical assistance.

Statistical analysis showed a significant correlation between PA time and BI (*P* = 0.039, *r* = 0.336). However, this correlation was not found for the number of steps. Moreover, no correlation was found between age or time since stroke with PA time and number of steps.

4. Discussion

This study highlighted that two thirds of patients achieved the recommended PA time per day. Comparative studies using actigraphy to assess the PA level of hospitalized post-stroke patients were not found in the literature. Some studies [14,15] assessed this parameter on hospitalized patients with a post-stroke period of less than 14 days using a method based on the technical analysis of patient behaviour (behavioural mapping). These studies observed the patient from 8 am to 5 pm and recorded the observed PA level and time every 10 minutes on a reference grid. The authors showed that patients spent on average 12.8% [14] and 22.7% [15] of their time in moderate and high activity, respectively. This means that all their patients achieved more than one hour of PA per day. When comparing their raw results to our study, contradictory results were found, which may be explained by several factors. The first factor is the difference in the population characteristics. Compared to our study (age: 63 ± 20 years, time since stroke: 44 ± 38 days), these studies included older patients (71 ± 13 years [14] and 68 ± 14 years [15]) and their post-stroke periods (6 ± 0.4 days [14] and 7 ± 3 days [15]) were shorter. Given the specificity of our population in terms of age and post-stroke period, we should have observed a higher PA level. One possible explanation for our population's low level of PA could be the stroke consequences; however, this hypothesis is difficult to verify due to the use of different post-stroke recovery scales in the different studies. Indeed, the Barthel Index (83 ± 5/100) was used for this study, while the other studies used the National Institute of Health Stroke Score (NIHSS) (10 ± 3/42 [14], 10 ± 8/42 [15]). The BI is commonly used in the rehabilitation unit to assess functional abilities whereas the NIHSS is used in the neurological unit to assess post-stroke neurological impairments. However, the latter defines stroke severity and therefore determines if the patient should be transferred or not into a rehabilitation unit [16]. On the other hand, the second major reason



that could explain a higher PA level in the previous studies could be the measurement method. We can legitimately say that our PA method, commonly used for post-stroke patients [17], provides a more reliable and more accurate PA assessment. Analysis of the literature showed that the activity collections based on questionnaires were subjective with important variability in the assessment that most frequently induces an overestimation of the PA level [18]. Moreover, the presence of the observer could influence the behaviours of subjects; thus, determination of the PA intensity remains very subjective [19]. We did not determine the PA intensity. In previous studies [14,15], standing or walking were automatically classed as high intensity whereas in our study, we determined PA intensity in METs, as in the literature [20].

Another major result of this study was that no patient achieved the recommended number of step per day. In the literature, most of the studies assessed this parameter at home in chronic post-stroke patients; studies in the hospital are far fewer [21]. Manns and Baldwin [22] assessed ambulatory activity of stroke survivors ($n=10$) using a step activity monitor (SAM) positioned on the ankle in hospital rehabilitation stroke units with measures made 75 days after stroke on average. This authors showed that post-stroke patients on pre-discharge achieved 5541 ± 1845 steps per day during 12 hours of monitoring on average. Another study assessed the number of steps during hospitalization also with a SAM on post-stroke patients ($n=79$) and 10 months after stroke. Patients performed 1389 ± 798 [23] steps during a 24 h monitoring period. Again, comparing the results of these studies with ours is difficult because we did not use the same scale to assess patient autonomy. The results from one study to another are therefore very controversial [21]. The wide variability of results may depend heavily from the way the patients recover and post-stroke sequels, but also the assessment method of the number of steps. Ours results seem to confirm the results of Manns and Haennel's study [10]. These authors showed that a SenseWear® armband underestimated the number of steps in the post-stroke population compared to a SAM worn on the ankle. To use a pedometer or an accelerometer positioned at another part of the body seems more accurate to assess the number of steps in the post-stroke population.

According to this analysis, adapting the measurement method based on the parameter to assess is important, for example, the SenseWear® armband is more appropriate for assessing PA time than number of steps in the post-stroke population. Moreover, regular monitoring patient activity with an appropriate method is important to ensure that patient achieves the recommended PA level before leaving the PMR unit. To do so, increasing the PA time with specific PA sessions of 10 consecutive minutes in order to achieve the recommendations appears to be necessary. Sessions could take place in workshops focusing on walking to enable patients to increase the number of steps. In parallel, patients should receive therapeutic education on physical activity throughout their rehabilitation program [24]. A recent literature review suggests that all health professionals and caregivers working with post-stroke patients should promote PA, based on theories of behaviour changes [25]. The primary objective would be to educate patients on the recommendations and the benefits of regular PA so that they

continue practicing at home and perhaps limit the risk of recurrence.

5. Conclusion

This study shows that two of three patients achieved the recommendations on PA time when they leave the PMR unit. However, no patient achieved the recommended number of steps even though the measurement method underestimated. Further works on different sites deserve to be conducted to generalize these results and to realize the importance to practice the post-stroke PA recommendations in hospitalization.

Disclosure of interest

The authors declare that they have no competing interest.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge all the research and medical staff of the PMR unit for their commitment and their involvement in this study. We also thank the study subjects for their participation in this project.

References

- [1] SOFMER. Eléments pour l'élaboration d'un programme d'éducation thérapeutique spécifique au patient après AVC. « L'activité physique »; 2011 [31 pages] <http://www.sofmer.com>.
- [2] Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: the evidence. *Can Med Assoc J* 2006;174:801–9.
- [3] Haute Autorité de santé. Guide — affection de longue durée : accident vasculaire cérébral; 2007 <http://www.has-sante.fr>.
- [4] Tudor-Locke C, Craig CL, Aoyagi Y, Bell RC, Croteau KA, Bourdeaudhuij ID, et al. How many steps/day are enough? For older adults and special populations. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2011;8:80.
- [5] Vuillemin A. Le point sur les recommandations de santé publique en matière d'activité physique. *Sci Sports* 2011;26:183–90.
- [6] Gallien P, Adrien S, Petrilli S, Duruflé A, Robineau S, Kerdoncuff V, et al. Maintien à domicile et qualité de vie à distance d'un accident vasculaire cérébral. *Ann Readapt Med Phys* 2005;48:225–30.
- [7] WMA. Declaration of Helsinki — Ethical principles for medical research involving human subjects; 2013 <http://www.wma.net>.
- [8] Colbert LH, Matthews CE, Havighurst TC, Kim K, Schoeller DA. Comparative validity of physical activity measures in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:867–76.
- [9] Hanby CL, Matthews CE, Chen K. Counting steps with four physical activity monitors. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:5117.
- [10] Manns PJ, Haennel RG. SenseWear Armband and stroke: validity of energy expenditure and step count measurement during walking. *Stroke Res Treat* 2012 [Article ID 247165: 8 pages].
- [11] Moore SA, Hallsworth K, Bluck LJC, Ford GA, Rochester L, Trenell M. Measuring energy expenditure after stroke validation of a portable device. *Stroke* 2012;43:1660–2.
- [12] Vanroy C, Vanlandewijck Y, Cras P, Feys H, Truijten S, Michielens M, et al. Is a coded physical activity diary valid for

- assessing physical activity level and energy expenditure in stroke patients? *PLoS ONE* 2014;9:e98735.
- [13] Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: the Barthel index. *Md State Med J* 1965;14:61–5.
- [14] Bernhardt J, Dewey H, Thrift A, Donnan G. Inactive and alone physical activity within the first 14 days of acute stroke unit care. *Stroke* 2004;35:1005–9.
- [15] West T, Bernhardt J. Physical activity patterns of acute stroke patients managed in a rehabilitation focused stroke unit. *BioMed Res Int* 2013 [Article ID 437679: 8 pages].
- [16] Kasner SE. Clinical interpretation and use of stroke scales. *Lancet Neurol* 2006;5:603–12.
- [17] Gebruers N, Vanroy C, Truijten S, Engelborghs S, De Deyn PP. Monitoring of physical activity after stroke: a systematic review of accelerometry-based measures. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:288–97.
- [18] Haeuber E, Shaughnessy M, Forrester LW, Coleman KL, Macko RF. Accelerometer monitoring of home- and community-based ambulatory activity after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:1997–2001.
- [19] Westterterp KR. Assessment of physical activity: a critical appraisal. *Eur J Appl Physiol* 2009;105:823–8.
- [20] Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR, Tudor-Locke C, et al. Compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1575–81.
- [21] Field MJ, Gebruers N, Shanmuga Sundaram T, Nicholson S, Mead G. Physical activity after stroke: a systematic review and meta-analysis. *ISRN Stroke* 2013 [Article ID 464176: 13 pages].
- [22] Manns PJ, Baldwin E. Ambulatory activity of stroke survivors measurement options for dose, intensity, and variability of activity. *Stroke* 2009;40:864–7.
- [23] Michael K, Macko R. Ambulatory activity intensity profiles, fitness, and fatigue in chronic stroke. *Top Stroke Rehabil* 2007;14:5–12.
- [24] Daviet J-C, Bonan I, Caire JM, Colle F, Damamme L, et al. Therapeutic patient education for stroke survivors: non-pharmacological management. A literature review. *Ann Phys Rehabil Med* 2012;55:641–56.
- [25] Morris JH, Macgillivray S, McFarlane S. Interventions to promote long-term participation in physical activity after stroke: a systematic review of the literature. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95:956–67.

Publication n°2:
*Physical Activity Level Among Stroke
Patients Hospitalized in a
Rehabilitation Unit.*

*Lacroix J, Daviet J-C, Borel B, Kammoun B, Salle J-Y,
Mandigout S.*

PM&R 8 (2016) 97-104.



Original Research—CME

Physical Activity Level Among Stroke Patients Hospitalized in a Rehabilitation Unit

Justine Lacroix, MsC, Jean-Christophe Daviet, MD, PhD, Benoit Borel, PhD, Benjamin Kammoun, MsC, Jean-Yves Salle, MD, PhD, Stéphane Mandigout, PhD

Abstract

Background: The current literature contains little information about the level of physical activity of hospitalized patients who have had a stroke. Improving knowledge in the area could help optimize rehabilitation.

Objectives: To determine the level of physical activity of hospitalized patients who have had a stroke to discover if they achieved the recommended 30 minutes of physical activity per day (equivalent to 142 kcal) during sessions of 10 consecutive minutes.

Setting: Physical and Rehabilitation Medicine Unit of the Jean Rebejrol Hospital, Limoges, France.

Participants: All patients (N = 88) who had sustained a stroke within the previous 6 months were included over a period of 7 months.

Main Outcome Measures: The duration of physical activity and related energy expenditure were estimated using a SenseWear armband (BodyMedia [Jawbone]). Subjects wore the sensor on the nonparetic arm for 2 consecutive days from 9 AM to 4:30 PM, corresponding to the period spent daily on rehabilitation. The Fisher simple correlation test and Mann-Whitney nonparametric test were performed.

Results: A total of 88 patients aged 66 ± 17 years with a mean poststroke period of 43 ± 34 days and a mean Barthel Index of $61 \pm 25/100$ were enrolled in the study. Between 9 AM and 4:30 PM, patients took part in an average of 23 ± 30 minutes of physical activity (equivalent to 91 ± 122 kcal). Correlations were found between physical activity time in the hospital and physical activity before the stroke occurred ($r = 0.345$, $P < .0001$), the Barthel Index ($r = 0.284$, $P = .0002$), body mass index ($r = -0.440$, $P < .0001$), and time to hospital release ($r = -0.183$, $P = .0194$).

Conclusion: It was found that 62% of patients did not achieve the recommended amount of physical activity. Sessions dedicated to physical activity could motivate patients who have had a stroke and help them meet recommendations before leaving the rehabilitation unit.

Introduction

Recommendations are available for the promotion of physical activity (PA) to maintain health and reduce relapses after stroke [1,2]. In 2004, Gordon et al [3] focused on 4 types of exercise: endurance, strength, stretching, and neuromuscular work. Intensity, frequency, and duration were reported for each type, along with advice on the appropriate equipment. In 2007, a French organization (Haute Autorité de Santé) reported that the recommendations should be more compatible with the daily lifestyle, age, and general condition of the patient [4]. The literature advocates that at least 30 minutes of PA be performed per day [4]

in sessions lasting 10 consecutive minutes [5]. PA should be started early after a stroke occurs if the medical parameters of the subject are stable [6]. However, these recommendations may not be feasible for a patient who is at home without qualified supervision. This situation may lead to less than optimal performance of various aspects of PA, from effort management to the utilization of the equipment. In short, there is a gap between what is safely achieved during hospitalization with the help of health professionals and what people really do at home. Indeed, Touillet et al [7] showed that 3 months after completing an exercise training program including PA education, 8 of 9 patients did not maintain their activity level after being sent home. In addition,

still in the context of the recommendations, Rand et al [8] showed that 58% of poststroke patients at home were not completing 30 minutes of PA per day. This PA duration corresponds to an active energy expenditure of 142 kcal, which is ≥ 3 metabolic equivalent of task (METs).

The question of whether patients actually reach PA recommendations during the hospitalization period has arisen. Some studies [9,10] aimed to assess the PA level of hospitalized patients who had sustained a stroke fewer than 14 days earlier. The method used, based on a technical analysis of patient behavior (behavioral mapping), was to observe the patient from 8 AM to 5 PM and to record the observed PA level and duration every 10 minutes on a grid reference. Patients spent on average 12.8% [9] and 22.7% [10] of their time in moderate- and high-level activity, respectively, corresponding to more than 1 hour of PA per day. However, the presence of the observer may have influenced the behavior of subjects, and the determination of the intensity of PA was very subjective [11]. Although the method has been validated [12], this type of analysis is specific to activities of daily living [9] and does not allow for quantification of PA > 3 METs as recommended in the literature. In comparison with direct means of measuring active energy expenditure, studies have shown that other methods, such as actigraphy, are more reliable and easy to use in ecological situations [11,13,14].

Based on this observation, we decided to determine the PA level of patients in the subacute phase of stroke during hospitalization in a physical and rehabilitation medicine (PRM) unit. In France, inpatients who require prolonged rehabilitation after neurologic care are discharged to such units, where a rehabilitation program is determined, taking into account the severity of the patient's impairments [15]. We assessed PA level using actigraphy because it shows good measurement reliability [16] and is commonly used in ecological situations [17], especially in the stroke population [8,18-21]. The main objective of our study was to determine the PA level of hospitalized patients who had sustained a stroke and discover if they reached the recommended 30 minutes per day of PA during sessions of 10 consecutive minutes. Secondary objectives were to investigate the characteristics of the population that did achieve the recommended PA and to determine the PA level in each rehabilitation session.

Methods

Participants

All patients in the PRM unit of the Jean Rebejrol Hospital in Limoges, France, who had sustained a stroke fewer than 6 months earlier (range, 9-171 days) were included over a period of 7 months. Before inclusion, each patient was informed about the study procedure, and

after a period of discussion and reflection, gave written informed consent. The procedures conformed to the World Medical Association Declaration of Helsinki [22].

Evaluations

The primary outcome of the study was the PA time, which was estimated using a triaxial accelerometer, the SenseWear armband (BodyMedia [Jawbone], San Francisco, CA). In previous studies, this tool has been used with patients who have a spinal cord injury [23] and with walking hemiplegic patients [24,25]. Although an over-estimation of energy expenditure was reported, the armband device achieved good measurement reliability compared with the measurement of oxygen using a gas analyzer ($r = 0.787$ [23]; $r = 0.715$ [24]). Data were transferred with SenseWear Professional 7.0 software and recorded with patient characteristics (age, height, weight, gender, smoking status, and right or left handedness). Activity was recorded as the energy expenditure (in kcal) and PA duration (in minutes) and calculated using a sensor software algorithm. Four activity levels were identified: sedentary activity (< 3 METs), moderate activity (between 3 and 6 METs), vigorous activity (between 6 and 9 METs) and very vigorous activity (≥ 9 METs). PA includes all activities ≥ 3 METs.

The prestroke PA of patients was estimated with the activity questionnaire developed by Ricci and Gagnon, which is commonly used in healthy subjects and in patients with cardiovascular disease [26,27]. This questionnaire is divided into 8 questions, and the score assigned to each response ranges from 1 to 5, giving a global score between 8 and 40. The first 4 questions relate to daily activities and the other 4 questions relate to sports and recreational activities. The final score allowed us to determine whether the patient was inactive (< 16), active (≥ 16) or very active (≥ 32) before the stroke event. This score also allowed us to study potential correlations between activity before and during the hospitalization.

For all the hospitalized patients, the degree of autonomy during activities of daily life after the stroke occurred was calculated using the Barthel Index (BI) on a scale of 0-100, with 100 representing complete autonomy [28]. An experienced medical specialist determined the BI score at study inclusion and upon discharge. We also expressed the degree of autonomy of the patients at inclusion of the study as a percentage of the BI determined at the end of hospitalization, using the following formula: % BI = (BI at the time of registration/BI at discharge) $\times 100$.

Procedure

Subjects were instructed to wear the armband on the nonparetic arm for 2 consecutive days. The device was

installed on the upper part of the arm and positioned on the triceps muscle (according to manufacturer recommendations) on the morning of the first day before 9 AM and removed the next day after 4:30 PM. We analyzed only records obtained between 9 AM and 4:30 PM of the same day, which is typically the time when daily rehabilitation takes place. This protocol gave us 2 daily records per patient covering 450 minutes each. The sensor was removed for aquatic activities if necessary (shower or spa) and then replaced by the caregiver or the patient. The device turns itself on automatically when in contact with the patient's skin.

On the days of record, each subject was given a "patient booklet" in which therapists noted the nature of activity and the start and finish times. This booklet provided patient monitoring throughout the day covering physiotherapy, occupational therapy, electrotherapy, speech therapy, and neuropsychology sessions.

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using StatView 5.1 software (SAS Institute, Cary, NC). Each parameter was expressed as mean \pm standard deviation (SD). Simple correlation tests (Fisher's exact test) were performed to look for links between our primary outcome PA level in the hospital and the various parameters evaluated. In addition, our secondary outcome was analyzed using nonparametric Mann-Whitney tests to compare patients who achieved the recommendations with those who did not achieve them. For all tests, a value of $P < .05$ was considered significant.

Results

Study Population

Eighty-eight patients voluntarily participated in the study. Characteristics of the population are presented in Table 1. No patient changed his or her mind during the protocol, and no patient was excluded.

Seventy-four subjects wore the armband for 2 consecutive days, and 14 subjects were unable to wear it for more than 1 day for a variety of reasons (eg, medical examinations, hospitalization checkout, or inaccurate positioning of the device). Therefore, a total of 162 records were analyzed.

PA Level of the Population

The recordings showed that, during a typical day of rehabilitation (9 AM to 4:30 PM), patients were involved in sedentary activity for 424 ± 39 minutes and in PA for 23 ± 30 minutes, distributed as follows: 22 ± 30 minutes of moderate activity and 1 ± 3 minutes of vigorous activity. This physical activity was equivalent to an active

Table 1
Characteristics of the overall population

Characteristic	N	%	Mean \pm SD
Gender	88		
Male	52	59	
Female	36	41	
Age, y			66 \pm 17
Weight, kg			71 \pm 17
Height, cm			167 \pm 10
Body mass index			26 \pm 5
Barthel Index at the time of record (/100)			61 \pm 25
Barthel Index at discharge (/100)			80 \pm 19
% Barthel Index recording			77 \pm 24
Time since stroke, d			43 \pm 34
Delay between the record and the discharge, d			31 \pm 25
Physical activity score before stroke (/40)			15 \pm 6
Stroke type			
Ischemic	63	72	
Hemorrhagic	25	28	
Side of hemiparesis			
Left	37	42	
Right	51	58	
Outcome			
Home	75	85	
Transferred (unit, place)	5	6	
Nursing home	8	9	

SD = standard deviation.

energy expenditure of 91 ± 122 kcal and was performed during continuous sessions of 4 ± 5 minutes. None of the subjects was involved in very vigorous activity. Individually, 38% of our population (age: 63 ± 18 years; BI/100: 72 ± 24 ; poststroke time: 56 ± 45 days) reached the recommended 30 minutes of PA per day. Analysis of activity questionnaire scores revealed that 46 patients were inactive before the stroke event, 25 were active, and one was very active; 16 patients were unable to answer because of aphasia. We found significant correlations with PA level, although the correlation levels were very low. The prestroke activity score was significantly correlated ($r = 0.345$, $P < .0001$) with PA duration during hospitalization. PA was also correlated with body mass index (BMI) ($r = -0.440$, $P < .0001$), time to hospital release ($r = -0.183$, $P = .0194$) and BI score ($r = 0.284$, $P = .0002$).

Population Achieving the PA Recommendations

It is important to distinguish these populations to target the type of patients who do not achieve the recommendations. Significant differences in several parameters were reported between patients who reached the recommendations and those who did not reach them (Table 2). Patients who achieved PA recommendations had the following specific characteristics: normal BMI, high score of autonomy, high level of PA before the stroke event, end of hospitalization. In this specific population, although correlations are relatively low, PA time during hospitalization was significantly correlated to

Table 2
Comparison of variables based on the achievement (or not) of physical activity recommendations

Variable	Group With <30 min of PA/d (n = 60)	Group With ≥30 min of PA/d (n = 28)	P Value
Age, y	67 ± 17	63 ± 18	Not significant
Body mass index	27 ± 5	22 ± 4	<.0001
Barthel Index (/100)	56 ± 24	72 ± 24	.0001
Time since stroke, d	37 ± 26	56 ± 45	Not significant
Delay between the record and the discharge, d	35 ± 22	24 ± 30	.0003
PA score before stroke (/40)	15 ± 5	18 ± 7	.0218
PA, min	6 ± 8	56 ± 33	<.0001
Active energy expenditure, kcal	29 ± 39	221 ± 132	<.0001

PA = physical activity.

BMI ($r = -0.272$, $P = .0483$) and prestroke activity score ($r = 0.465$, $P = .002$).

Description of the Therapeutic Activity Involved in Daily Rehabilitation

Concerning therapeutic activities that subjects participated in, 88 subjects had a prescription for physiotherapy, 82 for occupational therapy, 19 for electrotherapy, 38 for neuropsychology, and 39 for speech therapy. With regard to the "patient booklet," we were unable to obtain information for all therapeutic sessions essentially because the therapists forgot to complete it.

The mean duration of therapeutic sessions was 108 ± 41 minutes, corresponding to $24\% \pm 9\%$ of total recording time from 9 AM to 4:30 PM. Regarding this period of interest, the records showed that 21 ± 30 minutes of PA were performed by the patients for whom we had data in the booklet: 8 ± 12 minutes were accounted for in therapeutic sessions, and the remaining 62% was being performed outside the sessions. The longest period of PA was observed during physiotherapy, corresponding to 8 ± 11 minutes ($40\% \pm 32\%$ of the total PA duration during the rehabilitation session). The highest active energy expenditure was also found during physiotherapy, with 34 ± 47 kcal ($36\% \pm 33\%$ of the daily active energy expenditure from 9 AM to 4:30 PM). Overall, the PA duration and the active energy expenditure during all other therapeutic activities were well below that seen in physiotherapy (Table 3).

Discussion

This study showed that patients who had sustained a stroke and were hospitalized in a PRM unit did not achieve recommended levels of PA. Overall, they performed 23 ± 30 minutes per day instead of the recommended 30 minutes. This PA was taken part in over sessions of 4 ± 5 consecutive minutes rather than the 10-minute sessions that are recommended. To the best of our knowledge, there is no comparative study using actigraphy in an inpatient population. However,

previous work conducted during the first 14 poststroke days using behavioral analysis reported that patients had more than 1 hour of PA per day [9,10]. Compared with our study (age: 66 ± 17 years; time since stroke: 43 ± 34 days), those studies included older patients (71 ± 13 years [9] and 68 ± 14 years [10]), and the poststroke times (6 ± 0.4 days [9] and 7 ± 3 days [10]) were shorter. Given the age and poststroke period of our population, we should have observed higher levels of PA. One possible explanation for our population's low level of PA may be stroke consequences, but this hypothesis is difficult to verify because of the use of different poststroke recovery scales in the different studies. The BI ($61 \pm 25/100$) was used for our study, whereas other investigators used the National Institute of Health Stroke Score ($10 \pm 3/42$ [9], $10 \pm 8/42$ [10]). The BI is commonly used in rehabilitation units to assess functional abilities, whereas the National Institute of Health Stroke Score is used in neurological units to assess poststroke neurological impairments. According to these 2 scores, we can consider that included patients experienced mild stroke in all these studies [29].

The other major reason for a higher level of PA in the previously quoted works could be the method of measurement. We can say that our method of PA evaluation is more reliable and more accurate. An analysis of the literature indicated that activity data based on questionnaires were subjective, thus introducing methodological bias such as inter-rater variability, which will result principally in an overestimation of the PA level [30].

Lastly, this difference of PA level may also reflect the fact that the low PA level could be site specific. Changing the study design to a multicenter study, including patients with similar sequelae and time since stroke, might be judicious for generalizing these results.

Other factors may explain why patients did not reach the recommendations.

We can assume that energetic activity is not sufficient during therapeutic management. Our subjects had a mean active energy expenditure of 91 ± 122 kcal versus 142 kcal per day as reported by Rand et al [8]. Physiotherapy was the most energy-demanding activity,

Table 3
Distribution of physical activity time and active energy expenditure by activity

	No. of Patients	Time of Sessions, min	PA in Session, min	PA in Session/PA Between 9 AM to 4:30 PM, %	Active EE in Session, kcal	Active EE in Session/Active EE Between 9 AM to 4:30 PM, %
Physiotherapy	68	75 ± 23	8 ± 11	40 ± 32	34 ± 47	36 ± 33
Occupational therapy	38	53 ± 17	1 ± 4	4 ± 10	6 ± 18	3 ± 8
Electrotherapy	5	80 ± 23	1 ± 1	1 ± 2	2 ± 5	1 ± 2
Neuropsychology	18	36 ± 7	1 ± 1	3 ± 6	3 ± 5	2 ± 5
Speech therapy	16	43 ± 10	0.1 ± 0.3	1 ± 4	0.4 ± 1	1 ± 4

PA = physical activity; EE = energy expenditure.

representing $36\% \pm 33\%$ of the total active energy expenditure over the rehabilitation session. However, it is important to emphasize that only 8 ± 11 minutes of PA was recorded during physiotherapy sessions that had an average duration of 75 ± 23 minutes. This point is consistent with the results of Mackay-Lyons and Makrides [31], who assessed poststroke PA in rehabilitation with heart rate and activity monitoring. These authors showed that patients spent an average of 3 of 52 minutes of physiotherapy and 1 of 40 minutes of occupational therapy in the target heart rate zone (determined by Karnoven method), thus inducing metabolic adaptations from a cardiovascular point of view. Our results, in agreement with the literature [31,32], also demonstrated that standard physiotherapy sessions may be insufficient to induce metabolic adaptation. Letombe et al [33] reported that sessions of adapted PA should be included in a multidisciplinary rehabilitation program (physiotherapy, occupational therapy, speech therapy, and neuropsychology) to induce metabolic adaptations. For the adapted PA group, the investigators showed significant increases in autonomy and physiological parameters after only 4 weeks with 4 sessions of 40-60 minutes per week. In contrast, no significant increases in autonomy or physiological parameters were found in the multidisciplinary rehabilitation group alone. Thus these results highlight the real interest of better motivating patients to achieve a metabolic level sufficient to prepare them for new stroke-induced daily activity [34]. This latter point is reinforced by the fact that, in 484 patients who had a stroke and were followed up during a 2-year period after their discharge, 54% reported being limited with regard to higher level activities of daily living such as housework or shopping [35]. From our perspective, we believe it is necessary to increase the intensity of the sessions while preserving the quality of the movement performed. Stroke rehabilitation is therapy intensive, and one of the unresolved debates has been around the issues of quality and quantity [36]. Evidence is building that intensity of therapy is important. Intensity has been defined differently by different authors in the literature [37,38]. Exercises oriented to task-specific training should respond to 2 objectives: the quality of

course, but also intensity especially to engendered metabolic adaptations. In this way, intensity could be defined in terms of repetition of task-oriented movements. A recent meta-analysis by Lohse et al [39] concluded that intensity could be thought of in terms of repetitions of movements.

The duration of therapy sessions seems not to help explain why poststroke populations do not reach PA recommendations in our study. The mean therapy session duration proposed in the current study (108 minutes) is comparable with those reported in other European countries, with a minimum of 60 minutes in the United Kingdom and a maximum of 166 minutes in Switzerland [40]. In France, inpatient rehabilitation facilities, as defined by the French Society of Physical Medicine and Rehabilitation, must provide at least 2 hours per day with several health care professionals (physical therapist, speech therapist, occupational therapist, neuropsychologist, and even a psychomotor therapist) [15]. However, the time spent on rehabilitation during a given day is relatively short. Several investigators have shown that patients are alone for most of the day, and most often in their rooms [9,10,12,40]. An increase in the duration of rehabilitation sessions seems appropriate to increase their daily involvement and improve their functional recovery. Indeed, Kwakkel et al [41] showed that an additional 16 hours of rehabilitation during the first 6 months after a stroke occurs facilitated the achievement of daily life activities of patients and improved their walking parameters and dexterity.

In our study, we found that 38% of the population reached the recommended 30 minutes of PA per day [4]. We found relationships between characteristics of this population and the achievement of PA recommendations, but conclusions must be drawn with care because the correlations are very low. Patients with a higher PA level during hospitalization were already more active before the stroke (as assessed by the activity questionnaire of Ricci and Gagnon). Our results confirm some previous data in the literature. There may be a predisposition for patients who were already practicing PA to be naturally more active after a stroke and to have greater autonomy and better functional

recovery 3 months after sustaining a stroke [42,43]. The biometric criterion could also be involved in the explanatory factors. Indeed, our most active patients had a BMI of less than 25, corresponding to a standard and nonpathological status. This finding is in accord with the finding of Fagour et al [44], who reported a negative correlation of active energy expenditure and PA duration with BMI for diabetic patients (BMI = 30 ± 5).

According to this analysis, it would be appropriate to regularly monitor the activity of patients to ensure that they reach the recommended level of PA before leaving the PRM unit. Achieving these recommendations in the hospital seems to be critical. We can assume that if patients do not reach recommendations with supervision by competent health professionals, then they will struggle to achieve them at home. To overcome this, it appears necessary to include adapted PA specific sessions, including sessions of 10 consecutive minutes of PA, to achieve the recommendations. Adapted PA can be defined as "Movement, physical activity and sport, mainly based on the skills and motivations of people with special needs that prevent them from practicing under ordinary conditions" [45]. Adapted PA could be offered ≥ 3 days per week at 20-60 minutes per session and could be performed in group sessions or individualized activities depending on the patient's ability [6]. This approach could increase daily rehabilitation time and reduce the time patients spend alone, thus helping improve the patient's quality of life [46], as well as his or her physiological, functional, and muscular parameters [33,47-49].

Conclusion

Most of the hospitalized patients who had sustained a stroke and were assessed did not reach the recommended 30 minutes of PA per day during 10-minute sessions or an active energy expenditure of 142 kcal. The most important metabolic and energetic demand is achieved during physiotherapy sessions, but this is not enough to induce metabolic adaptation. However, the amount of time spent daily on rehabilitation remains low, and patients have greater PA and active energy expenditure outside therapy sessions. In the future it would be desirable to increase the intensity of the rehabilitation, especially by repetition of task-oriented movements, to engender metabolic adaptations while maintaining the quality of movement.

Acknowledgment

We acknowledge all the research and medical staff of the PRM unit for their commitment and their involvement in this study. We also thank the study subjects for their participation.

References

- Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: The evidence. *CMAJ* 2006;174:801-809.
- SOFMER. *Éléments pour l'élaboration d'un programme d'éducation thérapeutique spécifique au patient après AVC*. Available at: http://www.sofmer.com/download/sofmer/ETP_AVC_troubles_cognitifs.pdf. Accessed July 3, 2015.
- Gordon NF, Gulanick M, Costa F, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: An American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. *Circulation* 2004;109:2031-2041.
- Haute autorité de santé. *Guide—Affection de longue durée: Accident vasculaire cérébral*. Available at: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/07-042_traceur_guide-adl-avc.pdf. Accessed July 3, 2015.
- Vuillemin A. Le point sur les recommandations de santé publique en matière d'activité physique. *Sci Sports* 2011;26:183-190.
- Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2014;45:2532-2553.
- Touillet A, Guesdon H, Bosser G, Beis J-M, Paysant J. Assessment of compliance with prescribed activity by hemiplegic stroke patients after an exercise programme and physical activity education. *Ann Phys Rehabil Med* 2010;53:250-265.
- Rand D, Eng JJ, Tang P-F, Jeng J-S, Hung C. How active are people with stroke? Use of accelerometers to assess physical activity. *Stroke* 2009;40:163-168.
- Bernhardt J, Dewey H, Thrift A, Donnan G. Inactive and alone physical activity within the first 14 days of acute stroke unit care. *Stroke* 2004;35:1005-1009.
- West T, Bernhardt J. Physical activity patterns of acute stroke patients managed in a rehabilitation focused stroke unit. *Bio Med Res Int* 2013;2013:438679.
- Westerterp KR. Assessment of physical activity: A critical appraisal. *Eur J Appl Physiol* 2009;105:823-828.
- West T, Bernhardt J. Physical activity in hospitalised stroke patients. *Stroke Res Treat* 2012;2012:813765.
- Westerterp KR. Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: Measurement, determinants, and effects. *Front Physiol* 2013;4:90.
- Fagour C, Cherifi B, Gonzalez C, Maury E, Gin H, Rigalleau V. Mesurer la dépense énergétique en pratique clinique. *Med Mal Metab* 2013;7:525-532.
- Yelnik A-P, Schnitzler A, Pradat-Diehl P, et al. Physical and rehabilitation medicine (PRM) care pathways: "Stroke patients". *Ann Phys Rehabil Med* 2011;54:506-518.
- Gebbruers N, Vanroy C, Truijzen S, Engelborghs S, De Deyn PP. Monitoring of physical activity after stroke: A systematic review of accelerometry-based measures. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:288-297.
- Berlin JE, Storti KL, Brach JS. Using activity monitors to measure physical activity in free-living conditions. *Phys Ther* 2006;86:1137-1145.
- Haeuber E, Shaughnessy M, Forrester LW, Coleman KL, Macko RF. Accelerometer monitoring of home- and community-based ambulatory activity after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:1997-2001.
- Uswatte G, Foo WL, Olmstead H, Lopez K, Holand A, Simms LB. Ambulatory monitoring of arm movement using accelerometry: An objective measure of upper-extremity rehabilitation in persons with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:1498-1501.
- Uswatte G, Giuliani C, Winstein C, Zeringue A, Hobbs L, Wolf SL. Validity of accelerometry for monitoring real-world arm activity in

- patients with subacute stroke: Evidence from the extremity constraint-induced therapy evaluation trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:1340-1345.
21. Dobkin BH, Xu X, Batalin M, Thomas S, Kaiser W. Reliability and validity of bilateral ankle accelerometer algorithms for activity recognition and walking speed after stroke. *Stroke* 2011;42:2246-2250.
 22. World Medical Association. Declaration of Helsinki—ethical principles for medical research involving human subjects. Available at: <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>. Accessed July 3, 2015.
 23. Hiremath SV, Ding D, Farrington J, Cooper RA. Predicting energy expenditure of manual wheelchair users with spinal cord injury using a multisensor-based activity monitor. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93:1937-1943.
 24. Manns PJ, Haennel RG. SenseWear armband and stroke: Validity of energy expenditure and step count measurement during walking. *Stroke Res Treat* 2012;2012:247165.
 25. Vanroy C, Vantandewijck Y, Cras P, et al. Is a coded physical activity diary valid for assessing physical activity level and energy expenditure in stroke patients? *PLoS One* 2014;9:e98735.
 26. Pavy B, Tisseau A, Cailion M. Le patient coronarien six mois après la réadaptation cardiaque: Recherche sur l'évaluation de la réadaptation (étude RER). *Ann Cardiol Angeiol (Paris)* 2011;60:252-258.
 27. Epacka Ewane M, Mandengue S-H, Ahmadou G, Moumbe Tamba S, Dzudie A, Luma H-N. Screening for cardiovascular diseases and risk factors in a cohort of 270 Cameroon inhabitants: Effect of physical and sport activities. *Med Mal Metab* 2011;5:655-658.
 28. Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: The Barthel index. *Md State Med J* 1965;14:61-65.
 29. Kasner SE. Clinical interpretation and use of stroke scales. *Lancet Neurol* 2006;5:603-612.
 30. Casillas JM, Deley G, Salmi-Belmioub S. Indices de mesure de l'activité physique dans le domaine des affections cardiovasculaires. *Ann Readapt Med Phys* 2005;48:404-410.
 31. MacKay-Lyons MJ, Makrides L. Cardiovascular stress during a contemporary stroke rehabilitation program: Is the intensity adequate to induce a training effect? *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:1378-1383.
 32. Kuys S, Brauer S, Ada L. Routine physiotherapy does not induce a cardiorespiratory training effect post-stroke, regardless of walking ability. *Physiother Res Int* 2006;11:219-227.
 33. Letombe A, Cornille C, Delahaye H, et al. Early post-stroke physical conditioning in hemiplegic patients: A preliminary study. *Ann Phys Rehabil Med* 2010;53:632-642.
 34. Lemesle-Martin M, Benatru I, Rouaud O, et al. Épidémiologie des accidents vasculaires cérébraux: Son impact dans la pratique médicale. *EMC Neurol* 2006;3:1-16.
 35. Mayo NE, Wood-Dauphinee S, Côté R, Durcan L, Carlton J. Activity, participation, and quality of life 6 months poststroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:1035-1042.
 36. Teasell RW, Kalra L. What's new in stroke rehabilitation. *Stroke* 2004;35:383-385.
 37. Page SJ, Schmid A, Harris JE. Optimizing terminology for stroke motor rehabilitation: Recommendations from the American Congress of Rehabilitation Medicine Stroke Movement Interventions Subcommittee. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93:1395-1399.
 38. Kwakkel G, Kollen B, Twisk J. Impact of time on improvement of outcome after stroke. *Stroke* 2006;37:2348-2353.
 39. Lohse KR, Lang CE, Boyd LA. Is more better? Using metadata to explore dose-response relationships in stroke rehabilitation. *Stroke* 2014;45:2053-2058.
 40. Wit LD, Putman K, Dejaeger E, et al. Use of time by stroke patients: A comparison of four European rehabilitation centers. *Stroke* 2005;36:1977-1983.
 41. Kwakkel G, van Peppen R, Wagenaar RC, et al. Effects of augmented exercise therapy time after stroke: A meta-analysis. *Stroke* 2004;35:2529-2539.
 42. Stroud N, Mazwi TML, Case LD, et al. Prestroke physical activity and early functional status after stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2009;80:1019-1022.
 43. Ricciardi AC, López-Cancio E, Pérez de la Ossa N, et al. Prestroke physical activity is associated with good functional outcome and arterial recanalization after stroke due to a large vessel occlusion. *Cerebrovasc Dis* 2014;37:304-311.
 44. Fagour C, Pezzino S, Florenty S, et al. PO8—Les patients DT2 ont un faible niveau d'activité physique: Rôle de l'obésité. *Diabetes Metab* 2011;37(1 suppl 1):A25-A26.
 45. Fabre C, Chavignay E. Définition, formation, législation et rôle du professionnel en activité physique adaptée. *Rev Mal Respir Actual* 2010;2:628-630.
 46. Studenski S, Duncan PW, Perera S, Reker D, Lai SM, Richards L. Daily functioning and quality of life in a randomized controlled trial of therapeutic exercise for subacute stroke survivors. *Stroke* 2005;36:1764-1770.
 47. Ramas J, Courbon A, Roche F, Bethoux F, Calmels P. Effets du réentraînement à l'effort et de l'exercice chez l'hémiplégique vasculaire adulte. *Ann Readapt Med Phys* 2007;50:430-437.
 48. Tang A, Sibley KM, Thomas SG, et al. Effects of an aerobic exercise program on aerobic capacity, spatiotemporal gait parameters, and functional capacity in subacute stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2009;23:398-406.
 49. Outermaans JC, van Peppen RPS, Wittink H, Takken T, Kwakkel G. Effects of a high-intensity task-oriented training on gait performance early after stroke: A pilot study. *Clin Rehabil* 2010;24:979-987.

This journal-based CME activity is designated for 1.0 AMA PRA Category 1 Credit™ and can be completed online at www.me.aapmr.org. This activity is FREE to AAPM&R members and available to non-members for a nominal fee. For assistance with claiming CME for this activity, please contact (847) 737-6000.

Disclosure

J.L. Laboratoire HAVAE, Faculté des sciences et technique, Université de Limoges, 123, avenue Albert Thomas, 87060, Limoges, France. Address correspondence to: J.L.; e-mail: justine.lacroix@etu.unilim.fr
Disclosure: nothing to disclose

J.-C.D. Laboratoire HAVAE, Faculté des sciences et technique, Université de Limoges, 123, avenue Albert Thomas, 87060, Limoges, France
CHU Limoges, Hôpital J Reberoy, Pôle neuro-sciences tête et cou, Service de médecine physique et de réadaptation, Limoges, France
Disclosure: nothing to disclose

B.B. Laboratoire HAVAE, Faculté des sciences et technique, Université de Limoges, 123, avenue Albert Thomas, 87060, Limoges, France
Disclosure: nothing to disclose

B.K. Laboratoire HAVAE, Faculté des sciences et technique, Université de Limoges, 123, avenue Albert Thomas, 87060, Limoges, France
Disclosure: nothing to disclose

J.-Y.S. Laboratoire HAVAE, Faculté des sciences et technique, Université de Limoges, 123, avenue Albert Thomas, 87060, Limoges, France

CHU Limoges, Hôpital J Rebeyrol, Pôle neuro-sciences tête et cou, Service de médecine physique et de réadaptation, Limoges, France
Disclosure: nothing to disclose

Peer reviewers and all others who control content have no financial relationships to disclose.

Submitted for publication August 19, 2014; accepted June 13, 2015.

S.M. Laboratoire HAVAE, Faculté des sciences et technique, Université de Limoges, 123, avenue Albert Thomas, 87060, Limoges, France
Disclosure: nothing to disclose

CME Question

In this study of post-stroke patients, the recommended physical activity of ≥ 30 minutes of exercise per day significantly correlated with which of the following parameters?

- a. Younger age
- b. Fewer days since stroke
- c. Higher level of physical activity before stroke
- d. Longer delay between recording and discharge

Answer online at me.aapmr.org

Publication n°3:

Effort assessment of stroke patients after physiotherapy session by actigraphy and perceived exertion. Preliminary study.

*Lacroix J, Mandigout S, Bonis J, SALLE J-Y, Borel B,
Daviet J-C.*

*Soumis à European Journal of Physical and
Rehabilitation Medicine (en correction suite au premier
retour des reviewers)*

Title: Effort assessment of stroke patients in physiotherapy session by actigraphy and perceived exertion. Preliminary study.

Authors:

Justine Lacroix^{1*}, Stéphane Mandigout¹, Joëlle Bonis¹, Jean-Yves SALLE¹⁻², Benoit Borel¹, Jean-Christophe Daviet¹⁻².

Affiliation:

1: Université de Limoges, EA 6310, HAVAE - Institut GEIST - Limoges, F-87060, France.

2: CHU Limoges, Hôpital J Rebejrol, Pôle neuro-sciences tête et cou, Service de médecine physique et de réadaptation, Limoges, F-87042, France.

* Corresponding author:

Justine Lacroix

Laboratoire HAVAE

Faculté des sciences et techniques

123, avenue Albert Thomas, 87060 LIMOGES CEDEX

FRANCE

Personal tel: 0033 5 55 45 76 32

Email: justine.lacroix@etu.unilim.fr

Declaration of interest:

The authors have no competing interests to declare.

ABSTRACT

BACKGROUND: The guidelines recommend the control of physical activity intensity because it might be high enough to be beneficial to health, but not as high as to put at risk the patient. However, the intensity is not necessarily controlled in rehabilitation and find a simple tool that could incite to do so.

AIM: To determine whether perceived exertion (PE), estimated by post-stroke patients, could correlate with effort intensity measured with actigraphy. This would allow us to use PE to regulate task intensity during physiotherapy (PT) sessions. Moreover, we wished to assess whether estimates of PE would correlate with the cerebral hemisphere involved in the stroke.

DESIGN: Evaluative study

SETTING: Physical and Rehabilitation Medicine Unit of the Jean Rebeyrol Hospital, Limoges, France.

POPULATION: Patients who had sustained a stroke within the previous 6 months.

METHODS: Effort intensity was evaluated during PT sessions using the SenseWear armband device. At the end of a PT session, PE rating was self-evaluated using the modified Borg CR10 scale.

RESULTS: 57 subacute stroke patients participated. We identified no significant correlation between PE rating and measured effort intensity (mean ($r = -0.04$, $p = 0.78$) or peak ($r = -0.05$, $p = 0.70$)). However, a significant difference ($p < 0.02$) in PE ratings was apparent depending on the side of the brain where the stroke occurred. Patients with left-hand side lesions rated their PE as 4.4 ± 1.7 , whereas patients with right-hand side lesions rated their PE as 5.4 ± 1.5 .

CONCLUSION: While we found no relationship between PE and effort intensity measured with actigraphy, we did identify consistent variations in PE estimates according to the side of the body that sustained the cerebral lesion.

CLINICAL REHABILITATION IMPACT: The use of PE in the physical activity assessment on routine exercises, in post-stroke patients, does not seem to be a sufficiently accurate method. The health's professional that use the perceived exertion in the stroke population should take into account the side of body that sustained the cerebral lesion.

Keywords: Borg scale, physical activity, accelerometer, rehabilitation.

Introduction

Currently, the physical activity (PA) benefits of post-stroke health are documented and published in the form of guidelines for individuals who've suffered a stroke.^{1, 2} These recommendations are organized around three parameters: duration of activity, frequency, and intensity. While the first two are objective and relatively easy to measure, intensity is more subjective and is therefore more difficult to quantify. However the intensity of PA is very important, efforts should be made to standardize this parameter. The intensity of an activity must be high enough to be beneficial to health, but not so high as to pose a risk to the patient. To control this intensity, the guidelines suggest an assessment of heart rate, oxygen consumption, or a rating of perceived exertion (PE).¹

While it is recommended that PA should commence as soon as possible following stabilization of the patient parameter's³, it is also essential that therapists appropriately regulate activity for their patients. Of the possible methodologies that could be used, the rating of PE is the easiest and least expensive. To rate PE, Borg's scale is frequently used in post-stroke rehabilitation programs at the completion of a standardized task.⁴⁻⁶ In terms of achieving our goal of assisting therapists to control session intensity, as well as PA during daily life, it would be of interest to use PE in the evaluation of PT sessions.

The stroke itself, and its sequelae, could also impact estimates of PE. For example, depending on the location of the stroke, judgment could be altered. Critchley et al. showed that the right hemisphere could enable awareness of visceral responses, leading to the possibility that any functional impairment could alter the subjective perception of a given experience.⁷ In terms of the stroke patient, fatigue, depression, or cognitive disorders, could all play a role in influencing the subjective rating of PE.

In this context, the aim of our study was to see if PE ratings could be used to control post-stroke work intensity by the therapist or patient. Recent work has shown that, during a typical day of rehabilitation (9 am to 4:30 pm) for a subacute stroke patient, the most valuable exercise for which a PE rating would be useful is PT.⁸ Therefore, we targeted this activity. To assess the intensity of PT, accelerometry was selected as our measurement method. This metric is reliable and has been validated for the monitoring of patient PA at all stroke phases.⁹ The accelerometer's advantages are that the assessment of PA intensity is not based on the patient's cognitive skills, and data can be collected over time periods ranging from several minutes to several days. In addition, these measurements are non-invasive and do not interfere with activities.¹⁰ There are multiple accelerometers available, including the SenseWear armband device (SWA). This sensor uses a triaxial accelerometer and has been used in studies

with patients in manual wheelchairs¹¹ and with hospitalized post-stroke patients to control levels of physical activity during recovery.¹² The SWA has already generated good results compared to reference methods in studies of post-stroke populations. For example, Mann et al. showed, on two six-minute walk tests, an acceptable correlation ($r = 0.70$) between energy expenditure data from a gas analyzer and a SWA positioned on the non-hemiplegic arm (as in this study).¹³ Moore et al. also evaluated the validity of the SWA, comparing its data with that collected using the doubly labeled water technique. Again, a substantial correlation ($r = 0.85$) between the two tools in measuring energy expenditure was reported.¹⁴

The principal objective of this study was to determine whether a post-stroke, self-assessed PE rating, could correlate with effort intensity as measured with actigraphy. The PE rating would then serve to assess the intensity of tasks such as PT. We hypothesized that the PE rating would be higher for patients that exhibited the highest effort intensity, and for those with the lowest levels of functional independence. The second objective was to see if there is a difference in PE rating according to the cerebral hemisphere where the stroke occurred. Our hypothesis was that the PE rating would correlate with lesion side.

Methods

Participants

Patients participating in this study were hospitalized in the Physical Medicine and Rehabilitation Unit for stroke within six months of their episode. Non-inclusion criteria included a cardiorespiratory decompensation, cognitive impairments that prevented understanding of the protocol, or aphasia.

Each patient was informed about the study procedure and aims. Then, after a period of discussion and reflection, each patient either enrolled voluntarily and provided written informed consent or declined to participate. All procedures conformed to the World Medical Association declaration of Helsinki.¹⁵

Measures

The Barthel Index (BI) was used to assess the level of independence of the patient during daily life. The BI is assessed on a scale of 0-100, where 100 represents complete autonomy.¹⁶

The walk-functional capacity of each patient was evaluated using the Functional Ambulation Classification (FAC) that categorizes patients into six groups (0-5) according to their walking independence. A score of 0 indicates a patient who cannot walk, or needs help

from more than one person. A score of 1 indicates the permanent need for helper assistance; 2, intermittent helper assistance; 3, verbal support without physical assistance; 4, the patient walks independently, but needs help with stairs, slopes, or rough terrain; 5, complete independence, irrespective of terrain.^{17, 18}

Effort intensity (in MET units) was evaluated with the SenseWear armband device (BodyMedia, Pittsburgh, USA), which was positioned on the triceps muscle (as per the manufacturers' recommendations). The SWA is a wireless pattern-recognition device that integrates motion sensor data with a variety of heat-related sensors and demographic variables to estimate energy expenditure. The device automatically initiates recording on contact with skin, and ceases recording when that contact is broken. The sensor software could differentiate four activity intensities: sedentary intensity (< 3 METs), moderate intensity (≥ 3 and < 6 METs), vigorous intensity (≥ 6 and < 9 METs), and very vigorous intensity (≥ 9 METs).

The patients reported their PE based on the modified Borg CR10 scale, which has a scale of 0 to 10 (Figure 1). According to Ritchie, PE ratings were equivalent to the following exercise intensities: 2 = low intensity, 3-4 = moderate intensity, and 5-6 = high intensity.¹⁹

Procedure

The SWA was fitted at the start of each PT session to the upper part of the non-paretic arm, and was removed at the end of each session. During PT sessions stroke patients worked with transfers, articular mobility (especially the affected limb), balance (sitting and standing), walking (level), and walking up and down stairs. Sessions were adapted to functional capacity. To evaluate PE at the end of PT sessions, health professionals asked patients the following question: “How would you rate the intensity of the effort you provided during the session, based on this scale?”

Statistical analyses

Statistics were performed with the Statview 5.1 software (SAS Institute, Copyright 1992-1998). Unless otherwise stated, each parameter was expressed as the mean \pm SD for descriptive analyses of patient characteristics and sessions. The Spearman Correlation was applied to evaluate our initial hypothesis that PE might be linked to session intensity or to the level of patient autonomy. In addition, non-parametric Mann Whitney tests were performed to determine differences in PE estimates between patients with left hemispheric (LH) and right hemispheric (RH) lesions. A value of $p < 0.05$ was considered significant.

Results

Fifty-seven patients voluntarily participated in this study. The characteristics of our patient cohort are presented in Table 1. No patient subsequently withdrew, or was excluded.

On average, the PT sessions lasted 72 ± 23 min. Session intensities and PEs are shown in Table 2. The mean effort intensity of the PT sessions recorded by the armband device corresponded to sedentary intensity, with the peak value indicating a moderate intensity level. In contrast, the mean PE rating was 5 (on a scale of 0 to 10), which corresponds to a high intensity level.

The overall population results showed no significant correlation between PE rating and effort intensity (mean and peak) reached during the sessions. In addition, no significant correlation was observed between PE rating and BI; the minimum and maximum BIs were 5 and 100, respectively, on a scale of 0 to 100. Moreover, statistical tests showed no significant correlation between the level of patient autonomy (BI) and session intensity (mean and peak), as measured with actigraphy. All correlates are shown in Table 3.

Interestingly, the self-rated PE for patients with RH lesions was significantly higher than that for patients with LH lesions ($p = 0.02$). The two patient groups exhibited comparable characteristics, with no significant difference in terms of their age ($p = 0.61$), BI ($p = 0.75$), FAC ($p = 0.77$), or time since stroke ($p = 0.54$). Moreover, session intensities were comparable (Table 2). Nevertheless, patients with RH lesions reported high exercise intensities, and patients with LH lesions declared moderate exercise intensities during PT sessions. In contrast, within the two groups, no significant correlation was found between the PE rating and either the mean intensity reached during the sessions (LH: $r = 0.03$, $p = 0.88$; RH: $r = -0.05$, $p = 0.85$), or the peak intensity (LH: $r = -0.09$, $p = 0.62$; RH: $r = 0.07$, $p = 0.77$).

Discussion

In our study, patient reported PE ratings failed to correlate with effort intensities as measured with actigraphy during PT sessions. Therefore, our results reject the original hypothesis proposing that the highest PE rating might be expressed by patients with the highest effort intensity, and by those with the least autonomy. According to the ranges published by Ritchie, our patients reported high intensity activity on the Borg scale (PE rating of 5) when actigraphy measurements revealed only sedentary mean session intensities and a moderate peak session intensity.¹⁹ Our results are consistent with the work of Hampton et al. who found that post-stroke patients had more difficulty in assessing PE than healthy subjects.²⁰

This lack of correlation could not be explained by the intensity of the sessions. Wu et al. showed that there was a very weak relationship between PE (evaluated after each activity) and the measurement of VO_2 ($r = 0.33$, $p < 0.001$) during low intensity rehabilitation sessions.²¹ However, Sage et al. observed a decrease in the number of patients who could perceive their effort correctly, with increased exercise intensity (measuring VO_2 peak).²² For example, in that study population, when effort equaling 60% of the peak VO_2 was required on a cycle ergometer, 76.2% of the population indicated the correct zone on the PE scale; this fell to 38.9% of the population when the effort required rose to 80% of VO_2 peak. These studies illustrate that, regardless of intensity, patients recovering from strokes had difficulty in assessing PE.

The lack of correlation in our results could not be explained by the tool selected to assess exercise intensity. Armband devices, although validated for this population, showed a tendency to overestimate PA compared to a gas analyzer.¹³ However, despite the armband overestimation, the gap would increase between the intensity measured by the sensor and the intensity perceived by the patients, because the maximum intensity detected by the sensor was moderate.

The three main factors that might explain the lack of correlation between the patient self-assessed PE and measured effort intensity include exercise duration, methodology, and structural sequelae that arise as a result of the stroke. In terms of exercise duration, according to current recommendations, the Borg scale should be used at the end of each exercise, rather than at the end of a rehabilitation session, as was the case in this study. In previous studies, which identified correlations between measured effort and PE, the exercises were performed over relatively short periods. For example, a maximal exercise test or a six-minute walking test.^{22,6} No previous study has evaluated stress over longer periods, such as those assessed in the current study (some sessions exceeded an hour). Our results suggest that the Borg scale may not be suitable for assessing tests of longer duration or sessions that last longer than one hour. This finding may only pertain to patients recovering from stroke given that some studies have shown that the Borg scale could be used at the end of a 1.5-h soccer training session.²³

The second factor that might explain the lack of correlation between perceived and measured exertion could be related to the methodology of rating PE. A health professional's mood could potentially influence patient rating. An analysis of the literature has highlighted the potential subjectivity of activity-related data, with observer variability most frequently resulting in overestimations of physical activity.²⁴ To limit this variability, a single health professional should perform the evaluations for all patients.

Our second objective, to see if there was a difference in PE rating according to the cerebral hemisphere where the stroke occurred, could be the third factor in explaining the lack of correlation. Our hypothesis that PE rating would depend on the lesion side was confirmed by our data. Results showed that the lesion side could influence the patient's PE. Our study established that patients with RH lesions had significantly higher self-reported PE levels than patients with LH lesions. The major difference between the RH and LH lesion is the nature of the cognitive impairment. Compared to LH lesions, RH lesions involve more cognitive disorders in attention, neglect, spatial perception, meta-cognition, and anosognosia, which could interfere with self-perception. Moreover, multiple lines of evidence have indicated that primates have a distinct cortical image, based on homeostatic afferent activity, which reflects all aspects of the physiological condition of the body. This interoceptive system, associated with autonomic motor control, is distinct from the exteroceptive system (cutaneous mechanoreception and proprioception). Results from functional imagery have indicated that the right anterior insula supports a representation of the visceral responses of which we are aware, which provides the basis for subjective states of feeling. The dorsal cingulate gyrus and the dorsomedial prefrontal cortex are specifically involved in processing cardiac sensations.²⁵ Different impairments in these cognitive functions may partly explain the differences in PE reporting among patients that could lead to high intra-individual variability. Therefore, studies that evaluate PE in patients recovering from stroke should take the lesion side into account, in addition to levels of fatigue, depression, and other impairments.

A major limitation of this study is its lack of detail concerning stroke sequelae. In this context, it would be appropriate to design a follow-on study to evaluate the previously mentioned parameters with the aim of pinpointing which element(s) might provoke or influence the data reported in the present study.

In conclusion, although we failed to find any correlate between self-assessed PE and effort intensity measured with actigraphy, we did identify a significant difference in PE between patients with lesions on different sides of the brain. As yet, we can provide no definitive assessment of the suitability of PE for establishing PA intensity in post-stroke rehabilitation, but this method does not seem to be a sufficiently accurate. The Borg scale is inexpensive and simple to use, and remains an attractive option. Further work is now needed to refine this scale for the assessment of PE for patients recovering from subacute stroke, and, combined with the inclusion of stroke sequelae, would provide a more robust assessment of the potential of PE.

References

1. Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, Eng JJ, Franklin BA, Johnson CM et al. Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2014;45:2532–53.
2. Gordon NF, Gulanick M, Costa F, Fletcher G, Franklin BA, Roth EJ et al. Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors An American Heart Association Scientific Statement From the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. *Circulation* 2004;109:2031–41.
3. SOFMER. Eléments pour l'élaboration d'un programme d'éducation thérapeutique spécifique au patient après AVC. Available from: http://www.sofmer.com/download/sofmer/ETP_AVC_troubles_cognitifs.pdf. Accessed July 3, 2016.
4. Danielsson A, Willen C, Sunnerhagen KS. Physical Activity, Ambulation, and Motor Impairment Late after Stroke. *Stroke Res Treat* 2012; Article ID 818513: 5 pages.
5. Ng SS, Tsang WW, Cheung TH, Chung JS, To FP et Yu PC. Walkway Length, But Not Turning Direction, Determines the Six-Minute Walk Test Distance in Individuals With Stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92:806–11.
6. Touillet A, Guesdon H, Bossier G, Beis JM et Paysant J. Assessment of compliance with prescribed activity by hemiplegic stroke patients after an exercise programme and physical activity education. *Ann Phys Rehabil Med* 2010;53:250–65.
7. Critchley HD, Wiens S, Rotshtein P, Öhman A et Dolan RJ. Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nat Neurosci* 2004;7:189–95.
8. Lacroix J, Daviet JC, Borel B, Kammoun B, Salle JY et Mandigout S. Physical Activity Level Among Stroke Patients Hospitalized in a Rehabilitation Unit. *PM&R* 2016;8:97–104.
9. Gebruers N, Vanroy C, Truijen S, Engelborghs PP et De Deyn S. Monitoring of Physical Activity After Stroke: A Systematic Review of Accelerometry-Based Measures. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:288–97.
10. Westerterp KR. Assessment of physical activity: a critical appraisal. *Eur J Appl Physiol* 2009;105:823–8.

11. Hiremath SV, Ding D, Farrington J et Copper RA. Predicting Energy Expenditure of Manual Wheelchair Users With Spinal Cord Injury Using a Multisensor-Based Activity Monitor. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93:1937–43.
12. Vanroy C, Vanlandewijck Y, Cras P, Feys H, Truijen S, Michielsen M, et Vissers D. Is a Coded Physical Activity Diary Valid for Assessing Physical Activity Level and Energy Expenditure in Stroke Patients? *PLoS ONE* 2014; 9:e98735.
13. Manns PJ et Haennel RG. SenseWear Armband and Stroke: Validity of Energy Expenditure and Step Count Measurement during Walking. *Stroke Res Treat* 2012 Article ID 247165: 8 pages.
14. Moore SA, Hallsworth K, Bluck LJC, Ford GA, Rochester L, Trenell MI. Measuring Energy Expenditure After Stroke Validation of a Portable Device. *Stroke* 2012;43:1660–2.
15. World Medical Association. Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects [Internet]. Available at: <http://www.wma.net/fr/30publications/10policies/b3/>. Accessed July 3, 2016.
16. Mahoney FI et Barthel DW. Functional evaluation: the Barthel index. *Md State Med J* 1965;14:61–5.
17. Brun V, Mousbeh Z, Jouet-Pastre B, Benaim C, Kunnert JE, Dhoms G et al. Évaluation clinique de la marche de l'hémiplégique vasculaire : proposition d'une modification de la functional ambulation classification. *Ann Réadapt Médecine Phys* 2000;43:14–20.
18. Gellez-Leman M-C, Colle F, Bonan I, Bradai N, Yelnik A. Évaluation des incapacités fonctionnelles chez le patient hémiplégique : mise au point. *Ann Réadapt Médecine Phys* 2005;48:361–8.
19. Ritchie C. Rating of Perceived Exertion (RPE). *J Physiother* 2012;58:62.
20. Hampton S, Armstrong G, Shah MV et Sheng L. Quantification of perceived exertion during isometric force production using Borg scale in healthy individuals and in chronic stroke patients. *Top Stroke Rehabil* 2014;21:33–9.
21. Wu T, Dong Y, Hu X, Li J et Shi Z. Exercise intensity criteria for routine rehabilitation therapy for stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2015;27(3):645–7.
22. Sage M, Middleton LE, Tang A, Sibley KM Brooks D et McIlroy W. Validity of rating of perceived exertion ranges in individuals in the subacute stage of stroke recovery. *Top Stroke Rehabil* 2013;20:519–27.

23. Fanchini M, Ghielmetti R, Coutts AJ, Schena F et Impellizzeri FM. Effect of Training Session Intensity Distribution on Session-RPE in Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform* 2014;28:426–430.
24. Casillas JM, Deley G, Salmi-Belmioub S. Indices de mesure de l'activité physique dans le domaine des affections cardiovasculaires. *Ann Réadapt Médecine Phys* 2005;48:404–10.
25. Pollatos O, Schandry R, Auer DP et Kaufmann C. Brain structures mediating cardiovascular arousal and interoceptive awareness. *Brain Res* 2007;13:178–87.

Figure 1: Borg CR10 scale.

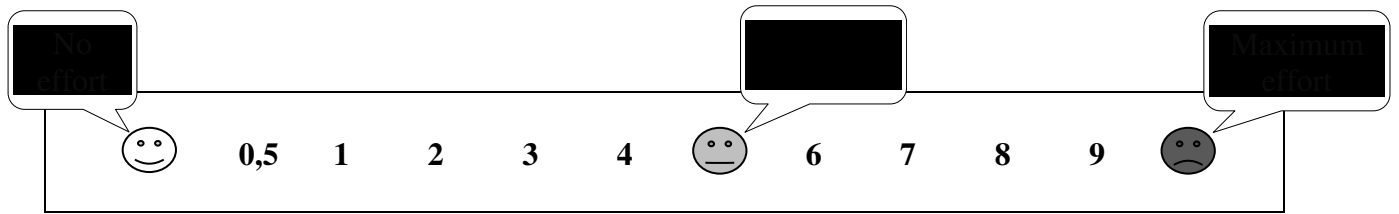


Table 1: Characteristics of the overall population.

Characteristics	N	%	Mean ± SD
Sex	57		
Man	34	60	
Woman	23	40	
Age (years)			66 ± 17
Weight (kg)			71 ± 16
Height (cm)			167 ± 10
Body mass index			25 ± 5
Barthel Index (/100)			58 ± 25
Time since stroke (days)			38 ± 30
Stroke type			
Ischemic	43	75	
Hemorrhagic	14	25	
Side of lesion			
Left	36	63	
Right	21	37	

SD: standard deviation

Table 2: Perceived exertion and effort intensity measured in physiotherapy sessions in patients recovering from a stroke.

Characteristics physiotherapy sessions	Total population (n = 57)	Sample with LH lesions (n = 36)	Sample with RH lesions (n = 21)	Difference between LH lesions and RH lesions
Time session (minute)	72 ± 23	70 ± 23	77 ± 25	p = 0.54
Mean intensity measured by Armband (MET)	1.5 ± 0.5	1.6 ± 0.5	1.4 ± 0.4	p = 0.45
Peak intensity measured by Armband (MET)	3.8 ± 1.4	3.9 ± 0.5	3.7 ± 1.6	p = 0.30
Borg scale score (/10)	4.7 ± 1.7	4.4 ± 1.7	5.4 ± 1.5	p = 0.02

MET: metabolic equivalent of task; LH: left hemispheric; RH: right hemispheric.

Values are expressed as the mean ± standard deviation.

Table 3: Correlations between different parameters recorded in physiotherapy sessions.

	PE	Mean intensity	Peak intensity
PE		$r = -0.04, p = 0.78$	$r = -0.05, p = 0.70$
BI	$r = 0.08, p = 0.58$	$r = 0.21, p = 0.13$	$r = -0.16, p = 0.23$
FAC	$r = 0.03, p = 0.84$	$r = 0.15, p = 0.25$	$r = -0.18, p = 0.19$

PE: Perceived exertion, BI: Barthel Index, FAC: Functional Ambulation Classification.

Publication n°4:

*Etude de la validité, de la mesure de la
dépendance énergétique de 4 actimètres au
cours de l'exécution d'activités
écologiques chez des patients post-AVC
en phase subaiguë.*

S.Mandigout, J.Lacroix, M.Compagnat, J-C Daviet.

Soumis à Plos One

Etude de la validité, de la mesure de la dépense énergétique de 4 actimètres au cours de l'exécution d'activités écologiques chez des patients post-AVC en phase subaiguë.

S.Mandigout¹, J.Lacroix¹, M.Compagnat¹, J-C Daviet¹⁻².

1- Laboratoire HAVAE (EA 6310). Université de Limoges.

2- Laboratoire AGIM - Université de Grenoble - Grenoble - France

Adresse de correspondance

Stéphane Mandigout, PhD

Laboratoire HAVAE

Faculté des Sciences et Techniques

123 Avenue Albert Thomas

87060 Limoges

Tel : 33 5 55 45 73 32

Email : stephane.mandigout@unilim.fr

Résumé

Objectif: L'objectif de ce travail était de comparer la dépense énergétique (DE) évaluée par calorimétrie indirecte, au cours d'un scénario composé d'activités de la vie quotidienne (ex: marche, transfert), à celle estimée par différents capteurs chez des patients post-AVC de moins de 6 mois.

Méthode: 24 patients (âge 68.2 ± 13.9 ; délai post-AVC 34 ± 25 jours) du service de médecine physique et de réadaptation de Limoges ont participé à cette étude. Chaque patient a réalisé un scénario composé de différentes tâches (transfert, marche, déplacement). Pendant la réalisation, les patients portaient des capteurs d'activités (Armband, Actigraph GT3X, Actical, podomètre) afin de recueillir une estimation de la DE. La dépense énergétique réelle (DEr) était déterminée par calorimétrie indirecte (Métamax 3B).

Résultats: A l'exception du Armband côté non-plégique, les résultats de notre étude montrent une différence significative entre les valeurs de DE estimés par les différents capteurs et la DEr lorsque le scénario est pris dans son intégralité. Une corrélation significative entre la DE estimée et la DEr est obtenue uniquement pour le Armband côté plégique ($r=0.61$ $p=0.003$) et non plégique ($r=0.45$ $p=0.04$) Le test de Bland et Altman n'a pu être réalisé que pour le Armband côté non-plégique. Une concordance moyenne (ICC= 0.56) et un biais important ont été retrouvés.

Discussion: Il apparaît donc que pour une succession de tâches de la vie quotidienne les capteurs sous-estiment les valeurs de DEr et ne présentent donc pas une bonne fiabilité. Plusieurs facteurs sont susceptibles de confondre les résultats : Types d'activité, les équations de prédiction de la DE, la position du capteur, le côté de l'hémiplégie. De nombreux travaux restent à réaliser aussi bien sur le plan technologique que clinique avant que ces outils puissent être utilisés en pratique courante.

Introduction

Chez les patients AVC, la littérature scientifique montre l'importance de pratiquer une activité physique (AP) régulière (1) et surtout de limiter le temps d'inactivité dans la journée (2). Cependant, plusieurs travaux montrent qu'en retour à domicile, les patients diminuent ce temps d'AP et surtout augmentent leur temps d'inactivité (3). Dans la plupart des cas, les simples recommandations à l'activité ne sont pas respectées. Kono et al (4) montrent par ailleurs une augmentation du risque de récurrence d'AVC pour les patients faisant moins de 6000 pas par jours.

L'arrivée sur le marché des capteurs d'AP (podomètres, accéléromètres, GPS) a permis de faciliter considérablement la mesure du niveau d'AP des personnes saines ou malades (5). La validité de ces capteurs est largement décrite dans la littérature (6). Toutefois dans bon nombre d'études, ces outils ont été validés dans des conditions d'exercices très standardisées (course, vélo, marche...) chez des sujets sains. Dans les activités quotidiennes, la fiabilité de ces capteurs reste à démontrer (7-9). En effet, une sous-estimation de la dépense énergétique (DE) de 20% en moyenne, est observée (7). Pedisic et al (10) concluent qu'étant donnée les preuves actuelles, il semble que l'utilisation généralisée des accéléromètres spécifiquement pour les systèmes de surveillance de l'AP peut être prématurée. Malgré ces résultats, l'actimétrie est régulièrement utilisée dans le suivi de l'activité chez le patient post-AVC (11-14). Fini et al (11) dans une revue de littérature récente, montrent la difficulté à obtenir des résultats suffisamment fiables pour être utilisés en pratique courante. Leurs tableaux de synthèse rapportent un ICC compris entre 0.19 et 0.99 pour le nombre de pas, et entre 0.70 et 0.85 pour la dépense énergétique (DE). Il faut également souligner le faible nombre de travaux réalisés chez des patients en phase subaiguë après un AVC. Enfin, pour évaluer au mieux le niveau d'AP des patients en retour à domicile, il est nécessaire de bien apprécier non seulement les activités de type marche, vélo (15) mais également les activités spontanées

quotidiennes de la personne. En effet, une journée à domicile, sera la plupart du temps composée d'activités de déambulations, de transferts, de déplacements d'objets. Les capteurs actuels nous permettent-ils d'évaluer de manière objective la DE de ces activités ?

L'objectif de ce travail était donc de comparer la dépense énergétique évaluée par calorimétrie indirecte, au cours d'un scénario composé d'activités de la vie quotidienne (marche, transfert..), à celle estimée par différents capteurs chez des patients post-AVC de moins de 6 mois.

Les objectifs secondaires étaient de comparer d'une part les valeurs de DE estimées par les capteurs en fonction du côté de l'AVC et d'autre part les valeurs de DE en fonction du positionnement du capteur (poignet, hanche, cheville).

Méthode

Population d'étude

Notre population d'étude était composée de sujets ayant subi un AVC pris en charge dans le service de MPR du CHU de Limoges (Hospitalisation ou consultation de suivi).

Les critères d'inclusion des patients étaient : sujets d'un âge supérieur à 18 ans ; en capacité de réaliser un transfert seul et un déplacement seul et atteints d'un AVC ischémique ou hémorragique datant de moins de 6 mois.

Les critères de non inclusion des patients étaient : troubles cognitifs gênant la participation à l'étude ; pathologies cardiaques contre indiquant l'effort ; toute pathologie entraînant une déficience autre que séquelle AVC entravant la participation à l'évaluation (pathologie ostéo-articulaire invalidante / autres pathologies neurologiques).

Le recrutement des patients était effectué par un médecin spécialisé en MPR. Il jugeait de l'autonomie pour les transferts et le déplacement du sujet. Il donnait de manière orale toutes les modalités concernant l'évaluation. Le consentement était recueilli de manière orale et

écrite. Le protocole de recherche a été accepté par le comité d'éthique de l'Université Joseph Fourier (CERNI, n°2015-01-13-57).

Protocole expérimental

L'évaluation initiale des patients comprenait : le type d'AVC, la localisation de la lésion cérébrale, son ancienneté, l'Index Moteur de Demeurisse (pour la déficience motrice), de déambulation (Functional Ambulation Classification modified = FACm) et d'autonomie (Barthel Index), le type de déambulation (avec ou sans aide technique).

La validité des capteurs a été évaluée lors de situations écologiques préalablement déterminées. Les tests ont été réalisés dans l'appartement thérapeutique du service de MPR du centre hospitalier. Cette évaluation, d'environ une heure, a eu lieu durant l'hospitalisation en MPR sous la direction du médecin spécialiste. Chaque patient a réalisé un scénario composé de différentes tâches à une intensité similaire à celle qu'il aurait eu à domicile. Le scénario proposait les tâches suivantes :

1) Repos de 3 min en position couché au lit. Cela correspondait à la position de référence

2) Tâches de transferts sans aide humaine :

- Position de départ allongée au lit. Hauteur du lit à 60cm
- Lever du lit pour réalisation d'un transfert couché debout sans aide humaine
- Déplacement aux WC (7m) (hauteur des WC à 40cm)
- Réalisation d'un transfert debout assis (WC)
- Transfert assis debout pour retour sur une chaise (10m)

3) Repos de 3 min en position assise

4) Tâche de rangement : rangement de vaisselle (assiettes, verres, coupelles)

Le patient était positionné devant un plan de travail avec un placard. La tâche était réalisée en position debout. La hauteur du placard était réglable. Nous la disposions à hauteur d'épaule pour chaque patient. Un plan de travail se situait sous le placard également à une hauteur

réglable. Nous disposions une hauteur de 60 cm entre le plan de travail et le placard pour chaque sujet. Le patient avait pour consigne de ranger la vaisselle dans le placard puis une fois rangée de la sortir du placard pour la mettre sur le plan de travail. L'opération était répétée, si besoin, plusieurs fois pour obtenir une durée totale de tâche de 3 minutes.

5) Repos de 3 min en position assise

6) Tâche de déplacement : Un test de marche de 6 minutes était demandé à chaque patient (6MWT). Il était demandé au patient de déambuler à allure de confort sur un circuit de 50 mètres. La distance parcourue était relevée à l'issue des 6 minutes.

7) Repos de 4 min en position assise

8) Tâche de montée/descente d'escaliers: Il était demandé au patient de monter et descendre un étage (28 marches d'une hauteur de 14 cm). Le patient était libre d'utiliser une rampe ou une aide technique.

9) Repos de 3 min en position assise

Un repos de 3 ou 4 min était respecté entre chaque tâche afin de retrouver le niveau de dépense énergétique d'avant tâche. Ce repos se faisait en position assise sur une chaise ou sur le fauteuil roulant du sujet.

Matériels

Les capteurs choisis sont couramment utilisés dans la littérature pour évaluer le niveau d'activité physique de différentes catégories de personnes en situation réelle de vie (16,17). Le placement utilisé était celui recommandé par le constructeur. Pour plusieurs de ces capteurs, le constructeur propose plusieurs positions (hanche, cheville, poignet). Dans ce cas de figure, nous avons donc disposé plusieurs capteurs du même fabricant sur le patient.

En règle générale, le capteur est disposé du côté sain. Toutefois dans notre étude, les capteurs étaient portés du côté parétique et non-parétique. En effet, plusieurs travaux ont montré une différence de DE entre le côté parétique et non-parétique mais uniquement lors d'une tâche

standardisée de type marche. Aucune étude n'a réalisé cette comparaison lors de tâches de la vie quotidienne.

Chaque accéléromètre est équipé d'un logiciel pour le paramétrage et l'exploitation des données. Il est demandé dans chaque logiciel le poids, la taille et l'âge du sujet. Pour l'Actigraph, il est demandé en plus la localisation poignet ; cheville ; hanche.

Pour mettre en valeur la précision et la fiabilité du capteur pour nos tâches de courte durée, nous avons choisi la fréquence d'enregistrement la plus importante possible afin de nous mettre aux capacités maximales de performance de chaque appareil.

Les accéléromètres étudiés sont :

Actigraph GT3X+B : C'est un accéléromètre triaxial. Cet appareil permet de recueillir le nombre de pas, la dépense énergétique et la dépense énergétique active (kcal), l'activité sédentaire, modérée, vigoureuse et très vigoureuse exprimée en minutes. L'Actigraph GT3X-BT peut se porter à six endroits différents au niveau du corps : à la cuisse, à la cheville, dans une poche de pantalon, à la taille, au poignet, à un cordon au niveau du cou. L'initialisation du dispositif dans le logiciel Actilife nécessite de préciser l'emplacement de l'appareil pour assurer une collecte précise des données. Il faut également prévoir un temps de début et un temps d'arrêt pour l'enregistrement. L'appareil se déclenche et s'arrête donc à l'heure programmée. Devant le type de tâches réalisées et pour des raisons de facilité technique, nous avons retenu les placements à la cheville, à la taille, au poignet aussi bien sur le côté parétique que non-parétique.

Actical : Le système Actical est un accéléromètre biaxial. Il permet de collecter des données détaillées sur l'AP du sujet (sédentaire, légère, modérée, vigoureuse exprimée en minute), le nombre de pas et le niveau de dépense énergétique active (kcal). Le dispositif peut se positionner au niveau du poignet, de la taille ou de la cheville. L'enregistrement des données de l'Actical se déclenche à l'heure programmée au niveau du logiciel, au moment où le profil

de la personne est créé. Ce dernier se termine lorsque l'appareil est connecté à l'ordinateur afin d'extraire les données. Tout comme pour l'Actigraph GT3X+B, nous avons retenu les placements à la cheville, à la taille, au poignet aussi bien sur le côté parétique que non-parétique.

Armband Sensewear® (Bodymedia) : C'est un accéléromètre triaxial. Ce système estime la dépense énergétique et la dépense énergétique active (kcal), le temps passé à chaque niveau d'activité (minutes) et le nombre de pas effectué. Le brassard se porte normalement sur le bras non-dominant, au niveau du triceps. Une fois le brassard configuré et en contact avec la peau, l'enregistrement commence et se termine au moment où le brassard est retiré. L'extraction des données se fait grâce à un logiciel spécifique à ce type de matériel. Pour l'étude, nous avons disposé deux Armbands, un sur chaque bras du patient.

Podomètre (PE320, Oregon scientific) : Le podomètre retenu pour cette étude est l'ONStep 400 conçu par Géonaute. Il peut se porter soit au niveau de la taille, dans la poche du pantalon ou alors au niveau du cou accroché à un collier. Les données enregistrées par le podomètre et retenues pour l'étude sont le nombre de pas et la DE. Celles-ci sont directement observables sur l'appareil lui-même. Ce dispositif ne nécessite pas de logiciel spécifique. L'enregistrement se déclenche lorsque le sujet initie le premier pas et se termine quand le sujet n'est plus en mouvement. Pour cette évaluation nous avons utilisé la longueur de pas préenregistrée dans l'appareil.

Tous les appareils ont été programmés sur le même ordinateur avec le même horaire de référence selon les recommandations du constructeur.

Calorimétrie indirecte (VO_2)

Durant toute la durée de l'évaluation, les patients ont porté un analyseur de gaz portatif (Metamax 3B, Cortex) afin de recueillir leur consommation d'oxygène (VO_2) réelle (18). Ce recueil permet d'acquérir les valeurs de DE réelles (DEr) durant toute la durée du scénario.

Avant chaque recueil de données, l'analyseur de gaz portable a été calibré selon les recommandations du constructeur.

La synchronisation entre le début et fin du scénario était réalisée par marquage manuel sur le logiciel d'acquisition du Metamax 3B.

La D_{Er} a été calculée en considérant qu'un litre d'O₂ consommé correspond à 4,825 kcal selon les études de McArdle et al (6,19). L'unité utilisée sera le Kcal. Pour les capteurs, la dépense énergétique totale en Kcal est directement disponible dans le fichier de données de l'appareil.

Analyse statistique

La valeur de DE pour l'ensemble du scénario était relevée. Les estimations de DE données par les différents capteurs étaient comparées à la D_{Er} calculée à partir de la mesure de VO₂. Cette comparaison est faite pour chaque capteur.

Les résultats des variables quantitatives sont présentés sous la forme moyenne \pm écart-type, minimum, maximum,

La vérification des normalités des distributions des variables quantitatives a été réalisée par la méthode de Shapiro-Wilk.

Les distributions des variables quantitatives ont été comparées par des tests de Wilcoxon pour séries appariées, les variables considérées ne suivant pas une distribution normale. L'effet de la position du capteur (hanche, poignet et cheville) pour l'Actical et l'Actigraph a été évalué à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis. Lorsque la différence était significative, les distributions des variables ont été comparées deux à deux à l'aide d'un test de rang de Wilcoxon.

La relation entre la DE estimée par les capteurs et la D_{Er} a été déterminée à l'aide d'un test de corrélation de Pearson.

Des calculs de coefficients de corrélation intra-classes et des graphiques de Bland et Altman

ont été réalisés afin de quantifier la concordance entre les valeurs de DEr et les différentes valeurs mesurées simultanément à l'aide des capteurs.

Le seuil de significativité choisi pour l'ensemble des analyses statistiques est de 0,05.

Le logiciel utilisé est SPSS v 23 (SPSS, IBM, France).

Résultats

24 patients, post-AVC de moins de 6 mois ont participé à l'étude. Les caractéristiques de notre échantillon de patient sont présentées dans le tableau 1.

Le tableau 2 rapporte les valeurs de DE estimées par les capteurs (Actical, Actigraph, Armband, podomètre) et la DEr en fonction du côté de l'hémiplégie et fonction de la position du capteur. A l'exception du Armband côté non-plégique, il existait une différence très significative entre la valeur de DEr et les DE estimées par les capteurs, quel que soit la position ou le côté de l'AVC. Par ailleurs, il n'existait aucune différence de DE en fonction du côté de l'AVC.

Des résultats divergents apparaissaient lorsque l'on comparait les valeurs de DE en fonction de la position des capteurs (Tableau 3). Pour le podomètre, aucune différence n'était observée entre la DE estimée au niveau de la hanche et autour du cou. Pour l'Actical, des différences significatives étaient observées entre la DE estimé au niveau de la hanche et celle du poignet et de la cheville, quel que soit le côté de l'AVC. Une différence significative était également observée entre la DE poignet et la DE cheville uniquement du côté plégique.

Pour l'Actigraph, des différences significatives étaient obtenues uniquement entre la DE hanche et poignet et la DE hanche et cheville, quel que soit le côté plégique.

Le tableau 4 présente les analyses de corrélation effectuées entre la DEr et la DE estimée par chaque capteur. Nos résultats rapportaient uniquement des corrélations significatives entre la

DEr et la DE du Armband côté plégique ($r=0.61$ $p=0.003$) et non-plégique ($r=0.45$ $p=0.04$).

Pour l'ensemble des capteurs, à l'exception du Armband, les coefficients de corrélation intra classe ICC) étaient très mauvais. La concordance entre les valeurs de DEr et celle du Armband côté non-plégique était faible (ICC = 0.56, IC :0.02 - 0.80). Un résultat similaire est obtenu avec le côté plégique (ICC = 0.52, IC :-0.22 – 0.81). Le graphique de Bland et Altman n'a pu être réalisé que pour le côté non-plégique car le test sur la différence des moyennes était non significatif ($p=0.06$) uniquement pour ce côté. Le graphique de Bland et Altman est présenté à la figure 1. Une sous-estimation de la DE est observée pour le Armband (- 7.43 kcal). L'ensemble des sujets est dans les limites d'agrément. Toutefois les biais sont importants avec une dispersion importante des points.

Discussion

L'objectif de notre étude était de vérifier la fiabilité de la mesure de la DE des capteurs d'activité au cours d'un scénario complet comprenant différentes tâches de la vie quotidienne (transfert, déplacement, tâches de rangement, montée d'escalier). A l'exception du Armband côté non-plégique, les résultats de notre étude montrent une différence significative entre les valeurs de DE estimées par les différents capteurs et la DEr lorsque le scénario est pris dans son intégralité. Il apparaît donc que pour une succession de tâches de la vie quotidienne les capteurs sous-estiment les valeurs de DEr et ne présentent donc pas une bonne fiabilité. De plus à l'exception du Armband, aucune corrélation n'a été retrouvée entre la DE estimée par les capteurs et la DEr. Par ailleurs, la concordance entre Armband et calorimétrie indirecte était très moyenne.

Nos résultats sont difficiles à traiter au regard de ceux de la littérature actuelle. En effet, la majorité des études évaluant le niveau d'activité des patients post-AVC, s'est intéressé à l'évaluation du nombre de pas (20). L'analyse du niveau d'activité chez le patient post-AVC à

partir de l'étude de la DE n'a été réalisée que dans trois études (14,21,22). Pour ces trois études, il s'agissait de patients en phase chronique d'AVC (> 6 mois). De plus, seul Moore et al (22) évaluaient le niveau d'activité en situation réelle de vie et comparaient la DE du Sensewear à celle mesurée par la méthode de l'eau doublement marquée. Cette étude a montré une faible différence de DE entre les deux méthodes (94kcal par jour, 3,8%) avec une sous-estimation pour le Sensewear ; une très bonne corrélation entre la DE des deux méthodes ($r=0.85$, $p=0.004$) et 8 patients sur 9 dans les limites d'agrément (fixés dans l'étude à plus ou moins 300kcal). Nos résultats pris dans leur globalité sont différents. En effet la majorité des capteurs utilisés lors de notre scénario, fournissent des valeurs de DE très éloignées de celles mesurées réellement. Seul le Armband (Sensewear), côté non-plégique, présente des résultats similaires à l'étude de Moore et al (22).

Contrairement aux travaux actuels qui montrent généralement une bonne fiabilité des capteurs dans l'estimation de la DE (7,9) avec cependant une validité plutôt moyenne (10,23) chez les sujets sains, nos résultats mettent en évidence une mauvaise fiabilité chez le sujet post-AVC. Par conséquent, quelle que soit la population d'étude (saine ou pathologique) les résultats indiquent que l'accéléromètre conventionnel manque de validité dans l'analyse de la DE quotidienne de la population. Cette difficulté est d'autant plus marquée chez le patient post-AVC car ces capteurs ne sont pas en mesure de prendre en considération les asymétries de marche. La boiterie induit moins de déplacement vertical du centre de gravité et donc des dépenses d'énergie plus faible que pour une marche normale (24).

Les différences de DE observées entre la calorimétrie indirecte et les capteurs, mais également entre les capteurs peuvent être expliquées par plusieurs facteurs :

- Le type d'activité réalisé. De nombreuses études ont validé l'estimation de la DE des capteurs chez des sujets sains à partir de tâches simples (marche ou course). Chez le sujet post-AVC, comme nous l'avons précisé, seule trois études portaient sur l'estimation de la DE

lors de différentes activités. Dans le cadre de cette étude il nous semblait intéressant de standardiser un scénario sur la base de tâches courantes et d'identifier la DE sur l'intégralité du scénario. En effet, l'intérêt d'utiliser ces outils permet en premier lieu de déterminer la DE journalière des patients afin de savoir s'ils respectent au moins les recommandations à l'AP. Si l'estimation de la DE est fautive, la prise en charge du patient ne sera pas adaptée. Ce constat est d'autant plus marqué chez le patient en phase subaiguë d'AVC qui a besoin d'être suivi et incité dans son activité quotidienne. Ces résultats mettent en avant l'importance de définir avec précision les types d'activités pour lesquels chaque capteur est en mesure de fournir une bonne estimation de la DE notamment lors d'un usage routinier impliquant de multiples activités.

- Les équations de prédiction de la DE. Ces équations de prédiction ont souvent été établies à partir de tâches simples (marche ou course) (25). Chez le patient post-AVC, les équations de prédiction du constructeur sont utilisées. Nous pensons que ces équations ne sont pas adaptées pour ce type de patient, mais également pour le type d'activité qu'ils seront amenés à réaliser au quotidien. Plusieurs études peuvent nous permettre d'appuyer nos propos. Crouter et al (25) ont comparé, chez le sujet sain, les valeurs de DE estimées par différentes équations de prédiction avec la DE évaluée par calorimétrie indirecte au cours de 18 activités allant d'une faible intensité à une intensité vigoureuse. Les résultats montrent clairement que les capteurs fournissent une bonne estimation de la DE pour des activités de marche lente et de marche rapide. Pour toutes les autres activités l'estimation de la DE est très variable d'une équation à l'autre. Des travaux encourageant ont été réalisés, notamment par Mannini et al (26) montrant qu'il est possible d'identifier un algorithme capable de différencier chez le sujet sain 4 classes d'activités à partir de l'enregistrement de 26 activités de la vie quotidienne au moyen de deux accéléromètres disposés sur la cheville et au poignet.

Valenti et al (27) déterminent une équation de prédiction de la DE spécifiquement chez le sujet obèse. Ils ajoutent également que l'équation de prédiction de la DE pourrait être influencée par le genre. D'autres travaux seront donc à mener pour confirmer ces résultats et surtout les adapter au sujet post-AVC.

- La position du capteur est également un facteur qui pourrait confondre les résultats. Dans notre étude, que ce soit pour l'actigraph ou l'actical, la DE est significativement différente entre les positions recommandées par le constructeur (poignet, hanche, cheville). Ces résultats sont confirmés par l'étude de Kim et al (28) réalisée chez des sujets jeunes et sains. Ils montrent d'ailleurs que les capteurs placés au niveau de la cheville seraient plus précis pour estimer la DE lors d'activité de faible (<3 METs) et de haute intensité (>6METs) et que les capteurs placés à la hanche seraient plus précis pour les activités modérées (3<METs<6).

- Le côté de l'hémiplégie peut également être un facteur confondant. Dans notre étude nous ne rapportons aucune différence de DE entre le membre plégique et non-plégique lorsque le scénario est pris dans son intégralité et ce quel que soit le capteur. Ce résultat est en désaccord avec les travaux de Narai et al (29) qui montrent un nombre de pas plus important sur le bras non-plégique suite à un enregistrement de l'activité de 24h chez des patients post-AVC. Cependant nos résultats sont en accord avec le travail de Manns et al (21) qui montre une absence de différence de DE évalué à partir du Armband (Sensewear) et ce quel que soit le côté de l'AVC. Les facteurs susceptibles d'expliquer cette différence sont liés à: 1- un problème de vascularisation du membre plégique (30), expliqué par une diminution du flux sanguin du coté plégique ; 2- au balancement des bras, Manns et al (21) montrant que le capteur côté non-plégique présenterait une meilleure précision dans l'évaluation de la DE ; 3-

à la vitesse de déplacement, les capteurs ayant tendance à sous-estimer de manière plus importante la DE pour des vitesses de déplacement faible (31).

Application pratique:

En phase subaiguë d'AVC, la surveillance de l'activité ambulatoire à l'aide de capteurs peut avoir des applications cliniques pertinentes, notamment en tant qu'outil d'évaluation de la mobilité, de la motricité et du niveau d'activité physique. La plupart du temps, les professionnels de santé utilisent des outils de mesure conventionnels de la mobilité et de classification de la dépendance fonctionnelle (questionnaire, échelle). Des mesures plus objectives sont également réalisées (analyse biomécanique de la marche, test de marche de 6min) mais elles permettent de quantifier la récupération et la capacité de performance du patient. Aucune de ces méthodes n'évalue l'activité du patient en situation réelle de vie. L'utilisation de ces capteurs pourrait s'avérer utile, dans le cadre d'une réadaptation ambulatoire, pour mieux suivre et contrôler l'évolution des capacités motrices du patient en phase subaiguë d'AVC. L'un des premiers critères serait notamment d'apporter une aide au patient afin qu'il respecte les recommandations à l'activité physique définies notamment par l'American Heart Association / American Stroke Association (32). En effet, La plupart des survivants d'AVC sont inactifs et présentent un déconditionnement cardiovasculaire important (2,3) qui peut accélérer l'athérosclérose et qui augmente le risque d'événements cardiovasculaires récurrents.

La limite majeure de notre étude concerne l'absence d'évaluation de la DE en fonction des différentes tâches réalisées par les patients. Aucune étude, à notre connaissance, n'a réalisé ce type d'analyse. L'intérêt de notre étude était de pouvoir avoir une vue d'ensemble et d'estimer la DE sur l'intégralité d'un scénario comme si nous devions estimer la DE journalière d'un patient.

Conclusion

L'accélérométrie peut être utilisée dans différents contextes (à la maison, l'hôpital, ou dans les collectivités) et tout au long des différentes étapes de réadaptation du patient après son AVC (aiguë, subaiguë, chronique). Toutefois, chez le patient post-AVC en phase subaiguë, nous montrons que quel que soit la position du capteur (cheville, hanche, poignet, côté plégique ou non), à l'exception du Armband (Sensewear) côté non-plégique, aucun d'entre eux nous donne une valeur précise de la DE pour des tâches courantes prises dans leur globalité. Sur le plan technologique, les futures recherches devront s'attacher à lever certains verrous tels que la précision des équations de prédiction de la DE lors d'activités multitâches, l'utilisation d'un réseau de capteurs communiquant mais également un système permettant de mieux reconnaître les tâches réalisées par le patient. Sur le plan clinique, probablement que ces outils devraient apporter aux professionnels une aide précieuse dans la prise en charge du patient post-AVC. Toutefois leur utilité reste encore à démontrer.

Bibliographie

1. Calugi S, Taricco M, Rucci P, Fugazzaro S, Stuart M, Dallolio L, et al. Effectiveness of adaptive physical activity combined with therapeutic patient education in stroke survivors at twelve months: a non-randomized parallel group study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2016 Feb;52(1):72–80.
2. English C, Healy GN, Coates A, Lewis L, Olds T, Bernhardt J. Sitting and Activity Time in People With Stroke. *Phys Ther*. 2015 Jun 25;
3. English C, Manns PJ, Tucak C, Bernhardt J. Physical activity and sedentary behaviors in people with stroke living in the community: a systematic review. *Phys Ther*. 2014 Feb;94(2):185–96.
4. Kono Y, Kawajiri H, Kamisaka K, Kamiya K, Akao K, Asai C, et al. Predictive

impact of daily physical activity on new vascular events in patients with mild ischemic stroke. *Int J Stroke Off J Int Stroke Soc.* 2015 Feb;10(2):219–23.

5. Evenson KR, Goto MM, Furberg RD. Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2015;12(1):159.
6. Hills AP, Mokhtar N, Byrne NM. Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures. *Front Nutr.* 2014;1:5.
7. Calabro MA, Kim Y, Franke WD, Stewart JM, Welk GJ. Objective and subjective measurement of energy expenditure in older adults: a doubly labeled water study. *Eur J Clin Nutr.* 2014 Nov 5;
8. Dannecker KL, Sazonova NA, Melanson EL, Sazonov ES, Browning RC. A comparison of energy expenditure estimation of several physical activity monitors. *Med Sci Sports Exerc.* 2013 Nov;45(11):2105–12.
9. Brazeau A-S, Beaudoin N, Bélisle V, Messier V, Karelis AD, Rabasa-Lhoret R. Validation and reliability of two activity monitors for energy expenditure assessment. *J Sci Med Sport Sports Med Aust.* 2016 Jan;19(1):46–50.
10. Pedišić Ž, Bauman A. Accelerometer-based measures in physical activity surveillance: current practices and issues. *Br J Sports Med.* 2015 Feb;49(4):219–23.
11. Fini NA, Holland AE, Keating J, Simek J, Bernhardt J. How is physical activity monitored in people following stroke? *Disabil Rehabil.* 2015;37(19):1717–31.
12. Vanroy C, Vissers D, Vanlandewijck Y, Feys H, Truijten S, Michielsen M, et al. Physical activity in chronic home-living and sub-acute hospitalized stroke patients using objective and self-reported measures. *Top Stroke Rehabil.* 2016 Jan 9;1–8.
13. Vanroy C, Vissers D, Cras P, Beyne S, Feys H, Vanlandewijck Y, et al. Physical activity monitoring in stroke: SenseWear Pro2 activity accelerometer versus Yamax Digi-Walker SW-200 pedometer. *Disabil Rehabil.* 2014;36(20):1695–703.

14. Haeuber E, Shaughnessy M, Forrester LW, Coleman KL, Macko RF. Accelerometer monitoring of home- and community-based ambulatory activity after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004 Dec;85(12):1997–2001.
15. Wetten AA, Batterham M, Tan SY, Tapsell L. Relative validity of 3 accelerometer models for estimating energy expenditure during light activity. *J Phys Act Health.* 2014 Mar;11(3):638–47.
16. Green LB. Assessment of habitual physical activity and paretic arm mobility among stroke survivors by accelerometry. *Top Stroke Rehabil.* 2007 Dec;14(6):9–21.
17. Gebruers N, Vanroy C, Truijten S, Engelborghs S, De Deyn PP. Monitoring of physical activity after stroke: a systematic review of accelerometry-based measures. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010 Feb;91(2):288–97.
18. Macfarlane DJ, Wong P. Validity, reliability and stability of the portable Cortex Metamax 3B gas analysis system. *Eur J Appl Physiol.* 2012 Jul;112(7):2539–47.
19. Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, et al. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2013 Nov 12;128(20):2259–79.
20. Block VAJ, Pitsch E, Tahir P, Cree BAC, Allen DD, Gelfand JM. Remote Physical Activity Monitoring in Neurological Disease: A Systematic Review. *PLoS ONE* [Internet]. 2016 Apr 28 [cited 2016 Oct 2];11(4). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4849800/>
21. Manns PJ, Haennel RG. SenseWear Armband and Stroke: Validity of Energy Expenditure and Step Count Measurement during Walking. *Stroke Res Treat.* 2012;2012:247165.
22. Moore SA, Hallsworth K, Bluck LJC, Ford GA, Rochester L, Trenell MI. Measuring energy expenditure after stroke: validation of a portable device. *Stroke J Cereb Circ.* 2012

Jun;43(6):1660–2.

23. Ferguson T, Rowlands AV, Olds T, Maher C. The validity of consumer-level, activity monitors in healthy adults worn in free-living conditions: a cross-sectional study. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2015;12:42.
24. Sieminski DJ, Cowell LL, Montgomery PS, Pillai SB, Gardner AW. Physical activity monitoring in patients with peripheral arterial occlusive disease. *J Cardpulm Rehabil.* 1997 Feb;17(1):43–7.
25. Crouter SE, Churilla JR, Bassett DR. Estimating energy expenditure using accelerometers. *Eur J Appl Physiol.* 2006 Dec;98(6):601–12.
26. Mannini A, Intille SS, Rosenberger M, Sabatini AM, Haskell W. Activity recognition using a single accelerometer placed at the wrist or ankle. *Med Sci Sports Exerc.* 2013 Nov;45(11):2193–203.
27. Valenti G, Camps SGJA, Verhoef SPM, Bonomi AG, Westerterp KR. Validating measures of free-living physical activity in overweight and obese subjects using an accelerometer. *Int J Obes* 2005. 2014 Jul;38(7):1011–4.
28. Kim H-J, Shin J-I. A study of the correlation between BSID-III and KICDT for children with developmental delay. *J Phys Ther Sci.* 2015 Jan;27(1):269–71.
29. Narai E, Hagino H, Komatsu T, Togo F. Accelerometer-Based Monitoring of Upper Limb Movement in Older Adults With Acute and Subacute Stroke. *J Geriatr Phys Ther* 2001. 2015 Sep 30;
30. Wanklyn P, Forster A, Young J, Mulley G. Prevalence and associated features of the cold hemiplegic arm. *Stroke J Cereb Circ.* 1995 Oct;26(10):1867–70.
31. Hill K, Dolmage TE, Woon L, Goldstein R, Brooks D. Measurement properties of the SenseWear armband in adults with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax.* 2010 Jun;65(6):486–91.

32. Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, Eng JJ, Franklin BA, Johnson CM, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke J Cereb Circ.* 2014 Aug;45(8):2532–53.
33. McCarthy M, Grey M. Motion Sensor Use for Physical Activity Data: Methodological Considerations. *Nurs Res.* 2015 Aug;64(4):320–7.
34. Bhammar DM, Sawyer BJ, Tucker WJ, Lee J-M, Gaesser GA. Validity of SenseWear(®) Armband v5.2 and v2.2 for estimating energy expenditure. *J Sports Sci.* 2016 Feb 8;1–9.
35. Pin-Barre C, Laurin J. Physical Exercise as a Diagnostic, Rehabilitation, and Preventive Tool: Influence on Neuroplasticity and Motor Recovery after Stroke. *Neural Plast.* 2015;2015:608581.

Tableau 1: Caractéristiques de la population d'étude

Echantillon (N=24)	Moyenne	Min - max
Age (année)	68.2 ± 13.9	(37 – 85)
Poids (kg)	75.4 ± 16.9	(47 – 116)
Taille (cm)	169 ± 8	(148- 183)
Indice de masse corporelle (kg.m ⁻²)	26.2 ±5.4	(16.9 – 42.6)
Délai post-AVC (jours)	34 ± 25	(4 – 111)
Indice de Barthel	61 ± 20	(25 – 100)
Indice de Demeurisse	74 ± 28	(0 – 100)

Tableau 2: Comparaison des valeurs de dépense énergétique mesurées par le Metamax et estimées par les différents capteurs durant toute la durée du test.

	DE (kcal)		Min-Max
Calorimétrie indirecte	65.08 ±13.33		42.16 – 92.82
Actical hanche	9.83 ±9.39	***	0 - 28.02
Actical poignet côté plégique	22.23 ±13.84	***	0 - 43.01
Actical poignet côté non-plégique	20.93 ±14.89	***	0 - 43.95
Actical cheville côté plégique	16.80 ±12.29	***	0 - 45.70
Actical cheville côté non-plégique	22.27 ±17.39	***	0 - 69.93
Podomètre hanche	10.37 ±9.78	***	0 – 27
Podomètre cou	9.66 ±9.7	***	0 – 26
Armband côté plégique	49.08 ±16.4	***	14 – 85
Armband côté non-plégique	57.69 ±18.83		15 – 90
Actigraph hanche	8.12 ±6.71	***	0 - 28.02
Actigraph poignet côté plégique	33.64 ±21.56	***	2.58 - 88.70
Actigraph poignet côté non-plégique	31.59 ±21.65	***	1.96 - 91.14
Actigraph cheville côté plégique	27.45 ±20.49	***	2.38 - 70.51
Actigraph cheville côté non-plégique	35.45 ±20.15	***	1.77 - 74.65

DE: dépense énergétique

Valeurs exprimées (moyenne ± ET, min – max)

Différence entre dépense énergétique et mesurée *** p<0.001.

Tableau 3: Effet de la position du capteur. P: poignet, H: hanche, C:cheville.

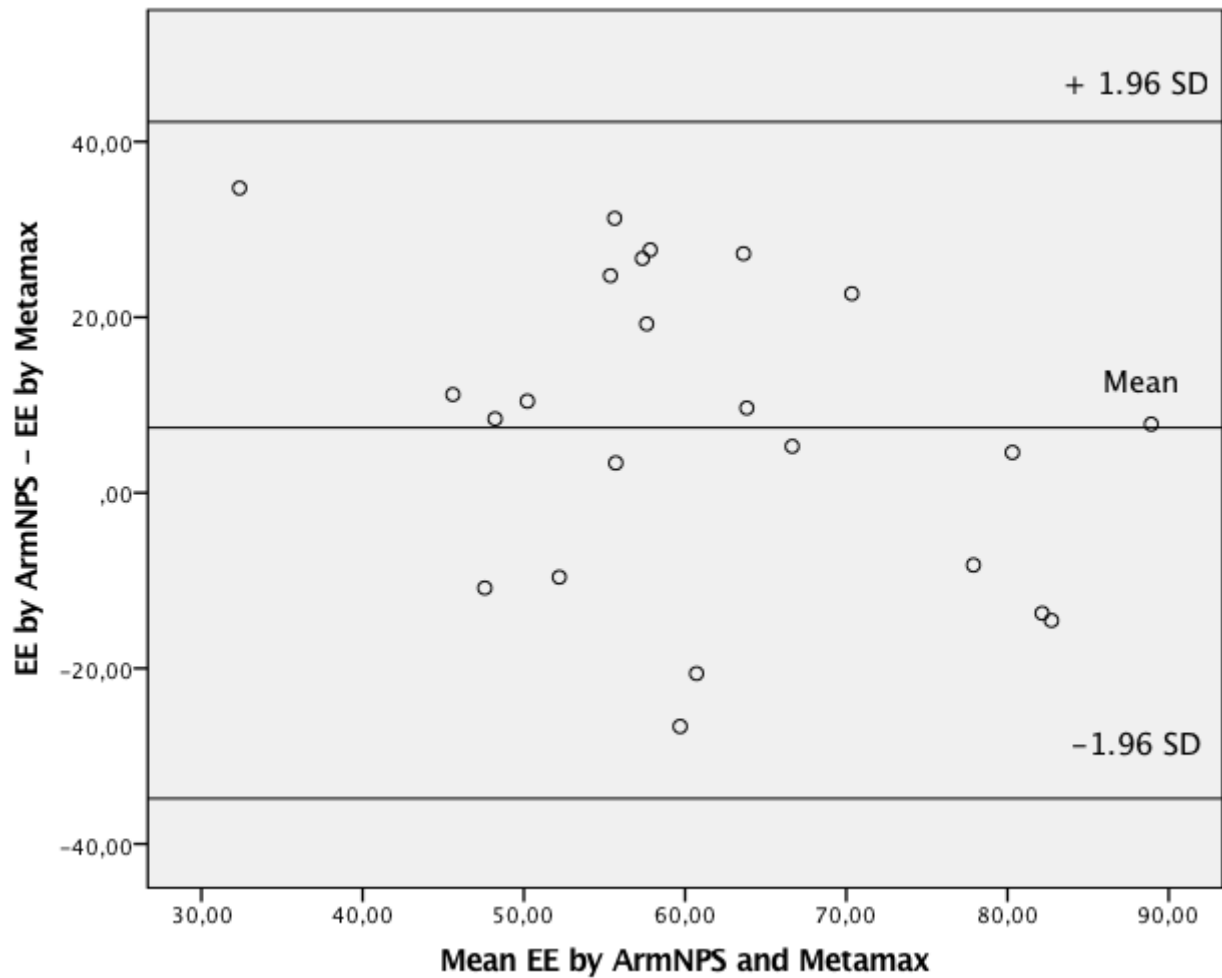
	ANOVA		P		
	(sens unique)		P-H	H-C	P-C
	F	p			
Actical côté plégique	6.281	0.000	0.000	0.049	0.09
Actical côté non-plégique	5.188	0.000	0.001	0.02	0.881
Actigraph côté plégique	13.762	0.003	0.000	0.000	0.275
Actigraph côté non-plégique	17.086	0.008	0.000	0.000	0.905

Tableau 4: Coefficient de corrélation entre la dépense énergétique réelle (Metamax 3B) et la dépense énergétique estimée par les autres capteurs.

	DE (kcal)	
	R	P
Actical hanche	-0.01	0.94
Actical poignet côté plégique	-0.19	0.35
Actical poignet côté non-plégique	-0.27	0.23
Actical cheville côté plégique	0.30	0.16
Actical cheville côté non-plégique	0.20	0.36
Podomètre hanche	-0.07	0.74
Podomètre coup	-0.16	0.43
Armband côté plégique	0.61	0.003
Armband côté non-plégique	0.45	0.04
Actigraph hanche	0.04	0.84
Actigraph poignet côté plégique	0.08	0.71
Actigraph poignet côté non-plégique	0.20	0.34
Actigraph cheville côté plégique	0.21	0.31
Actigraph cheville côté non-plégique	0.19	0.38

DE: dépense énergétique

Figure 1: Bland-Altman de la dépense énergétique estimée par l'armband sensewear du côté non-plégique et évaluée par calorimétrie indirecte en utilisant l'analyse de O2/CO2.
 EE: energy expenditure; ArmNPS: armband non-plegic side; Metamax: calorimétrie indirecte en utilisant l'analyse de O2/CO2



Discussion

I. L'ÉVALUATION DES RECOMMANDATIONS A L'ACTIVITE PHYSIQUE CHEZ LE PATIENT POST-AVC HOSPITALISE

Le premier objectif de ce travail était de déterminer si la prise en charge proposée aux patients post-AVC hospitalisés en soins de suite et de réadaptation spécialisée était suffisamment sollicitante pour atteindre les recommandations à l'AP

Les résultats de la publication n°1 ont mis en avant, qu'un tiers des patients, dans les 15 jours précédant leur retour à domicile, n'atteint pas les 30 minutes d'AP journalières recommandées, en réalisant en moyenne 8 ± 5 minutes d'AP modérée (≥ 3 METs) par jour. Alors qu'ils vont quitter le service de rééducation, pour un patient sur trois, la prise en charge thérapeutique ne permet pas d'atteindre les recommandations à l'AP.

Parmi le peu d'études utilisant l'actimétrie comme méthode d'évaluation en hospitalisation, il s'avère que le principal paramètre mesuré chez le patient post-AVC est le nombre de pas (20). Néanmoins, l'étude de Manns et Baldwin (216) regroupe des caractéristiques méthodologiques correspondant aux nôtres. Ces auteurs ont évalué le temps d'AP de 10 patients hospitalisés en phase subaiguë de l'AVC, avant qu'ils quittent le service de rééducation. Pour cela, les patients ont porté pendant deux jours (hors temps de sommeil) un accéléromètre à la cheville du côté non-plégique. En moyenne, les patients ont porté l'accéléromètre pendant 774 minutes par jour, soit environ 12h. Sur ce temps d'enregistrement, les patients ont réalisé 183 ± 39 minutes d'AP dont environ 63% à une faible intensité, 31% à une intensité modérée et 6% à une haute intensité. Rapporté au temps d'enregistrement, les patients ont pratiqué par jour environ 68 minutes d'AP modérée à intense. Bien que les auteurs aient évalué le temps d'AP chez les patients hospitalisés en phase subaiguë de l'AVC, les jours précédant leur retour à domicile, leurs résultats sont difficilement comparables aux nôtres. L'objectif de notre étude était de déterminer si la prise en charge thérapeutique journalière était suffisamment sollicitante pour atteindre les recommandations à l'AP. De ce fait, notre enregistrement a été réalisé uniquement de 9h à 16h30 soit environ 7h30 contre 12h pour Manns et Baldwin (216). Cela pourrait expliquer la

différence de temps d'AP entre nos deux populations. De plus, dans le cas de notre étude (publication n°1), nous cherchions à déterminer si tous les patients atteignaient les recommandations. Sur la globalité de notre population, le temps d'AP journalier était de 39 ± 32 minutes soit au-dessus des recommandations. Cependant au cas par cas, un patient sur trois ne les atteignait pas. Ainsi nous ne pouvons pas savoir si tous les patients dans l'étude de Manns et Baldwin (216) atteignaient réellement les recommandations.

Par conséquent, suite au manque d'étude dans la littérature et la difficulté de comparer nos résultats, nous ne pouvons pas généraliser que les patients qui retournent à leur domicile tendent à atteindre, ou non, les recommandations à l'AP en hospitalisation.

Cependant, dans le cas de notre étude, un tiers des patients est rentré à domicile alors qu'il n'atteignait pas les recommandations. Hors, il y a un intérêt majeur à pratiquer une AP à hauteur des recommandations dès la phase subaiguë de l'AVC et dès l'hospitalisation, afin de diminuer le déconditionnement à l'effort des individus qui les restreint dans la réalisation des AVQ (217). Le but étant de rendre les patients les plus autonomes possible et qu'ils ne soient pas limités dans leur quotidien.

Les résultats de nos études ont fait ressortir deux raisons qui pourraient expliquer que nos patients n'atteignaient pas les recommandations à l'AP pendant le créneau de rééducation. La première serait que la prise en charge proposée n'était pas suffisamment sollicitante d'un point de vue énergétique pour permettre d'engendrer des adaptations métaboliques. La seconde raison serait que le temps d'occupation du patient était relativement faible sur une journée.

A. La sollicitation énergétique au cours de la prise en charge thérapeutique

Les résultats de la publication n°2 ont montré que les patients en moyenne réalisaient 23 ± 30 minutes d'AP journalière, équivalentes à une DE active (DEA) (≥ 3 METs) de 91 ± 122 kcals. Les livrets de suivi (*Annexe 1*) des patients, nous ont permis de savoir que ces patients passaient en moyenne 108 ± 41 minutes dans les activités thérapeutiques pendant le créneau de rééducation (9h à 16h30). Sur ce temps de prise en charge, la kinésithérapie était l'activité la plus sollicitante. Elle représentait $36 \pm 33\%$ de la DEA journalière du patient. La majorité de la DEA était réalisée en dehors de séances thérapeutiques, les quatre autres activités (ergothérapie, orthophonie, électrothérapie et neuropsychologie) n'excédant pas chacune $3 \pm 8\%$ de la DEA. Tout en étant l'activité thérapeutique la plus sollicitante, seulement 8 ± 11

minutes d'AP ont été enregistrées au cours des séances de kinésithérapie, durant en moyenne 75 ± 23 minutes. Ce résultat montre qu'au cours d'une séance de kinésithérapie, les patients sont peu sollicités.

En accord avec les travaux de Mackay-Lyons et Makrides (218), ces auteurs ont montré que pendant la rééducation (2 à 14 semaines après l'AVC), les patients passaient en moyenne 2.8 ± 0.9 minutes en kinésithérapie et 0.7 ± 0.2 minute en ergothérapie dans une zone de travail efficace au niveau cardiovasculaire, sur des séances qui duraient respectivement 52 et 40 minutes. Ces données peuvent s'expliquer en partie par le fait que les thérapeutes sont plus attentifs à la qualité du mouvement qu'à la quantité et l'intensité de l'AP réalisée. Nos résultats, en accord avec les travaux de la littérature (218,219), confirment qu'un travail de kinésithérapie classique ne sollicite pas assez le patient pour engendrer une DE suffisamment importante (≥ 3 METs) et induire des adaptations métaboliques bénéfiques pour la santé.

B. Le temps d'occupation sur une journée de prise en charge

Les résultats de la publication n°2 ont montré, que les patients en moyenne passaient 108 ± 41 minutes dans les activités thérapeutiques, représentant $24 \pm 9\%$ du temps total d'enregistrement de 9h à 16h30.

Ce temps de prise en charge thérapeutique est comparable avec celui d'autres pays européens avec en moyenne 1h48 de rééducation (minimum 1h au Royaume-Uni et maximum 2h46 en Suisse) (18). En revanche, il met en avant que le patient n'est pas pris en charge pendant environ 75% du temps. Dans le cas de cette étude (publication n°2), il était noté sur le livret de suivi des patients uniquement les horaires des activités thérapeutiques, ainsi nous ne pouvons pas fournir d'information sur l'occupation des sujets en dehors de ces séances. Cependant, il a été montré dans la littérature que, la majorité du temps, les patients se retrouvent seuls et le plus souvent dans leur chambre (18,155,205,220). De plus, sur une journée de rééducation de 7h à 17h, le patient est principalement couché ou assis (18). Dans ce sens, Kunkel et al (19) ont évalué les actions que réalisaient les patients post-AVC en rééducation. Les patients ont été enregistrés tout au long de la prise en charge thérapeutique journalière soit environ 6h30. Les auteurs ont montré, que sur ce temps d'enregistrement, les patients passaient 94% du temps couchés ou assis. Ces données de la littérature montrent, qu'en dehors des activités thérapeutiques, le patient est très peu actif.

De ces constats, il faudrait trouver un moyen de solliciter le patient à être plus actif afin de réduire son comportement sédentaire, mais également de le solliciter d'un point de vue énergétique pour engendrer des adaptations métaboliques qui seront bénéfiques à sa santé. Pour augmenter le niveau d'AP des patients, Letombe et al (140) suggèrent de mettre en place au sein de la prise en charge thérapeutique, une séance dédiée à l'AP adaptée (APA) et encadrée par un professionnel de l'APA. Cependant, cette mise en place nécessiterait une restructuration de la prise en charge et d'embaucher du personnel qualifié en APA. Un autre moyen, pour les professionnels, serait de pouvoir évaluer le niveau d'AP journalier des patients, et plus particulièrement en dehors du temps d'occupation thérapeutique. Ce contrôle leurs permettrait de réguler leur prise en charge. Si le niveau d'activité n'est pas suffisant, les professionnels pourraient inciter le patient à bouger d'avantage ou augmenter la sollicitation de sa prise en charge. Ainsi l'évaluation de l'AP peut être utilisée comme un outil de motivation et de changement de comportement sédentaire de cette population.

II. LES METHODES D'INCITATION A L'ACTIVITE PHYSIQUE POST-AVC

Notre second objectif était de déterminer quelles sont les méthodes utilisables pour évaluer l'AP en phase subaiguë de l'AVC et leur utilité dans la prise en charge thérapeutique du patient.

Plusieurs méthodes subjectives et objectives (mentionnées précédemment) existent pour évaluer l'AP.

Parmi les méthodes subjectives, l'observation du comportement est la méthode la plus utilisée pour évaluer l'AP en hospitalisation (20). Toutefois, cette méthode est contraignante à mettre en place car elle nécessite beaucoup de temps et de main d'œuvre (157). Parmi les autres méthodes subjectives, l'utilisation d'une échelle de PE est recommandée pour contrôler l'intensité de l'AP (6).

Dans les méthodes objectives, l'actimétrie est la méthode la plus utilisée chez le patient AVC, en phase chronique et à domicile (20,186).

Cependant, ces méthodes d'évaluation peuvent-elle être utilisées dans un contexte d'incitation à l'AP chez des patients en phase subaiguë de l'AVC?

A. L'utilisation d'une échelle de perception de l'effort comme méthode d'incitation à l'activité physique

Parmi les méthodes subjectives, les sociétés savantes préconisent notamment, d'utiliser la PE pour contrôler l'intensité de l'AP (5,6) Pour évaluer la PE, l'échelle de Borg est fréquemment utilisée dans les programmes de réadaptation post-AVC pour évaluer l'effort à la fin de tâches encadrées et standardisées telles que des tests de marche ou des tests d'effort incrémentaux (10,215,221). Cependant, la PE pourrait-elle être utilisable comme moyen d'incitation à l'AP (soit par le thérapeute pour contrôler la sollicitation de sa prise en charge, soit par le patient pour autogérer son AP) ?

Nos résultats (Publication n°3) n'ont montré aucune corrélation significative entre l'intensité moyenne ($r = - 0.04$, $p = 0.78$) ou l'intensité pic ($r = - 0.05$, $p = 0.70$) d'une séance de kinésithérapie, évaluée par actimétrie et l'intensité évaluée par l'échelle de Borg CR10 (notée

/10). En revanche, nos résultats ont mis en avant que les patients, dont la lésion de l'AVC était dans l'hémisphère droit, avaient une PE significativement plus élevée ($p = 0,02$) que celle des patients du côté gauche. Cette différence existait alors que les deux groupes étaient comparables.

Des résultats de la littérature avancent que les patients post-AVC arrivent à percevoir l'augmentation de l'effort significativement ($p < 0,001$) (222). Cependant, les relations bien que significatives entre PE et FC et PE et VO_2 sont très faibles (respectivement $r = 0,46$, $p < 0,05$ (223) et $r = 0,33$, $p < 0,001$ (224)). De plus, Sage et al (211) ont mis en avant que plus l'effort augmentait et moins de patients arrivaient à estimer correctement leur PE. Par exemple, dans cette population d'étude, lorsque l'effort réalisé sur un cyclo-ergomètre correspondait à 60% de VO_{2pic} , 76% de la population arrivait à estimer correctement leur PE (par rapport à une zone cible déterminée). En revanche, ce pourcentage de la population diminuait à 39% lorsque l'effort à atteindre était 80% de VO_{2pic} . Ces auteurs concluaient que la PE était un bon indicateur de l'effort modéré (60 à 70% de VO_{2pic}). Wu et al (224), quant à eux, ont trouvé une relation très faible entre la PE et VO_{2moy} ($r = 0,33$, $p < 0,001$) sur une séance de rééducation à faible intensité. Ces différents résultats traitant de la PE chez les patients AVC montrent que la relation entre la PE et l'intensité de l'effort réel n'est pas encore bien établie.

Comme les travaux de Wu et al (224), nous avons évalué la PE des patients post-AVC au cours d'une séance de rééducation. Ces auteurs ont montré une relation significative très faible, entre le PE et la mesure du VO_{2moy} ($r = 0,33$, $p < 0,001$) pendant une séance de rééducation de faible intensité. De notre côté, aucune corrélation significative n'a été obtenue alors que l'intensité moyenne de la séance de kinésithérapie était également faible ($1,5 \pm 0,5$). Cette absence de corrélation dans nos résultats peut s'expliquer par le fait que Wu et al (224) ont évalué la PE à la fin de chaque tâche alors que nous avons procédé à une évaluation unique à la fin de la séance de kinésithérapie. En effet, à notre connaissance aucune étude n'a utilisé la PE chez les patients post-AVC sur une durée d'exercice aussi longue (72 ± 23 minutes). Les études l'utilisent à la fin de tâche de courte durée tel qu'un test d'endurance sur cyclo-ergomètre d'environ 5 ± 3 minutes (225) ou un TM6 (215). Chez le sujet sain, Fanchini et al (226) ont montré que la PE était utilisable à la suite d'un entraînement entier de foot. Dans le cadre de la prise en charge du patient post-AVC, l'utilisation de la PE sur une longue durée pourrait aider le professionnel à contrôler et ajuster son intervention comme par

exemple lors de séance de rééducation. Pour le patient, la PE pourrait être un outil facile d'utilisation pour contrôler l'intensité de son effort au quotidien et l'aider dans l'autogestion de son AP.

Les résultats de la publication n°3 ont montré une différence d'évaluation de la PE selon l'hémisphère cérébral où l'AVC s'est produit. Notre étude a établi que les patients atteints d'une lésion dans l'hémisphère droit du cerveau avaient une PE significativement supérieure à ceux des patients atteints du côté gauche.

La principale différence entre la lésion des deux hémisphères est la nature de la déficience cognitive. Comparativement aux lésions à gauche, celles de droite impliquent plus de troubles cognitifs dans l'attention, la négligence, la perception spatiale, la métacognition et l'anosognosie, ce qui pourrait interférer avec la PE et expliquer cette différence au niveau de nos résultats (67). De plus, la littérature a montré que les primates ont une image corticale distincte, basée sur l'activité afférente homéostatique, qui reflète tous les aspects de l'état physiologique du corps. Ce système interoceptif, associé à la commande motrice autonome, est distinct du système exteroceptif (mécanoréception cutanée et proprioception). Les résultats de l'imagerie fonctionnelle ont indiqué que l'insula antérieure droite supporte une représentation des réponses viscérales dont nous sommes conscients, qui fournit la base des états subjectifs de sentiment. Le gyrus cingulaire dorsal et le cortex préfrontal dorsomédial sont spécifiquement impliqués dans le traitement des sensations cardiaques et l'expression des émotions négatives. (227) Ainsi, ces résultats montrent que la lésion neurologique à droite va pouvoir influencer les représentations de la personne, mais également au niveau physiologique, jouer sur la fréquence cardiaque. Ces conséquences liées à la localisation de la lésion pourraient expliquer en partie, la différence de PE entre les deux hémisphères que nos résultats ont mis en avant. A notre connaissance, aucune étude n'a mis en avant cette différence de PE par rapport à la localisation de l'AVC et pris en compte cette différenciation dans le traitement des données. Dans le cas de notre étude (publication n°3), bien que l'effectif de la population soit faible (36 patients pour la lésion du côté gauche et 21 pour la lésion du côté droit), nous avons réalisé des sous-groupes, par rapport à la localisation de l'AVC. Comme pour la population globale, nos résultats n'ont montré aucune corrélation significative à l'intérieur des deux groupes entre la PE et l'intensité mesurée par actimétrie.

Suite à ces premiers résultats, la PE ne semble pas utilisable sur une AP de longue durée et de faible intensité. Cependant, nous ne pouvons pas donner un avis définitif quant à la pertinence de la PE dans la prise en charge du patient post-AVC. Des travaux supplémentaires avec une population d'étude plus importante que la nôtre, en prenant notamment en compte la localisation de la lésion, sont nécessaires pour affiner l'évaluation de la PE chez les patients post-AVC.

B. L'actimétrie comme méthode d'incitation à l'activité physique

L'actimétrie est présentée dans la littérature comme la méthode la plus utilisée pour évaluer l'AP post-AVC (20,186). L'évaluation de l'AP par cette méthode objective, peut donner un feedback sur le niveau de sollicitation du patient permettant ainsi d'ajuster la prise en charge et d'inciter si nécessaire le patient. Comme mentionné précédemment, les actimètres sont principalement utilisés en phase chronique de l'AVC et sur des paramètres locomoteurs tel que le nombre de pas. Cependant, dans l'objectif d'évaluer la sollicitation énergétique des patients hospitalisés en phase subaiguë de l'AVC, notamment pour vérifier l'atteinte des recommandations, il faut pouvoir apprécier dans quelle mesure ces actimètres sont valides et précis pour mesurer la DE quotidienne des patients au cours de cette phase.

Notre publication n°4 a mis en avant, que les actimètres n'étaient pas suffisamment précis pour mesurer la DE des patients post-AVC en phase subaiguë, sur un scénario regroupant différents AVQ. En comparaison à la DE mesurée par calorimétrie indirecte, la mesure de la DE calculée par les actimètres est significativement sous-estimée par tous les capteurs et quel que soit leur positionnement, à l'exception du armband côté non-plégique.

Au regard de la littérature, il est difficile de comparer nos résultats car très peu d'études se sont intéressées à la validité des actimètres pour estimer la DE. Parmi elles, seul Moore et al (191) ont testé la validité d'un actimètre dans des conditions réelles de vie. Les auteurs ont comparé l'évaluation de la DET par l'armband, porté sur le côté non-plégique pendant 10 jours consécutifs, à la méthode de l'EDM. Aucune différence significative, entre la DET journalière estimée par l'armband (2380 ± 551 kcals) et celle évaluée par l'EDM (2473 ± 468 kcals), n'a été trouvée. Une forte corrélation significative existait entre les deux méthodes de mesure ($r = 0,850$, $p = 0,004$) et 8 patients sur 9 étaient dans les limites d'agrément (fixés dans l'étude à plus ou moins 300 kcals). Cependant, la population d'étude était relativement faible. Nos résultats concordent avec ceux de Moore et al (191). En effet, dans notre étude

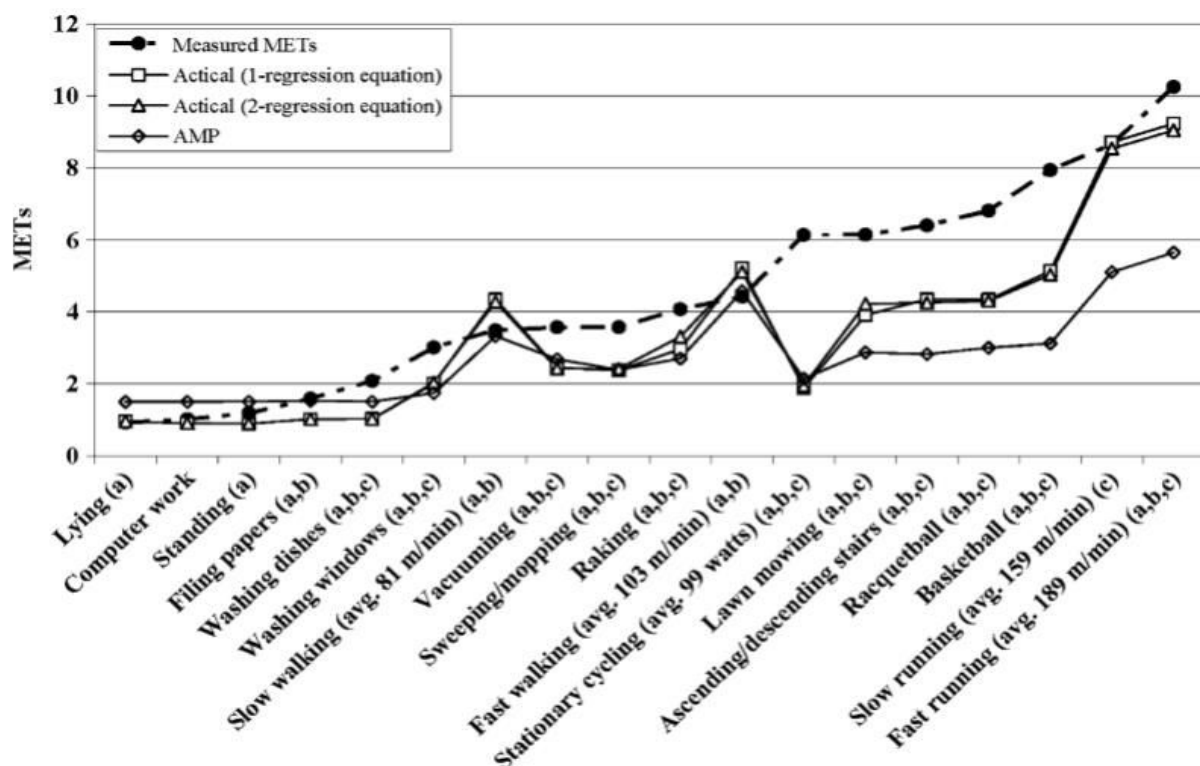
(publication n°4), seul l'armband porté du côté non-plégique ne montrait pas de différence significative par rapport à la mesure par calorimétrie indirecte (respectivement 58 ± 19 kcals et 65 ± 13 kcals). Egalement, nous avons montré en accord avec Moore et al (191), que l'armband tendait à sous-estimer la DET ($-7,4$ kcal ou environ 11%). Cependant, bien qu'elle soit significative, la corrélation entre les deux méthodes de mesure était faible ($r = 0,45$) ainsi que le coefficient de corrélation intra-classe (ICC) ($ICC = 0,56$). Les travaux, de Moore et al (191) ainsi que les nôtres, montrent qu'il n'y a pas de différence significative de mesure entre l'armband et la calorimétrie indirecte mais que dans un scénario avec des AVQ ou en situation réelle de vie celui-ci sous-estime la DET. A l'exception du armband du côté non-plégique, tous les autres capteurs utilisés lors de notre scénario, fournissent des valeurs de DE très éloignées de celles mesurées réellement.

Plusieurs raisons peuvent expliquer cette grande différence d'estimation de la DE par les actimètres.

Les conditions de validité et le paramètre ciblé peuvent influencer la précision de mesure. En effet, l'article de Fini et al (20) montre que la majorité des actimètres sont testés pour déterminer leur validité à évaluer le nombre de pas chez les patients post-AVC dans un environnement clinique. Parmi les actimètres utilisés dans notre étude (publication n°4), l'armband est le seul, rapporté dans l'étude de Fini et al (20), dont la validité a été testée pour évaluer la DE en situation réelle de vie. De ce fait, bien que Moore et al (191) aient testé la validité du armband du côté non-plégique chez seulement 9 patients, le fait qu'il n'y avait pas de différence significative par rapport à l'EDM dans leur étude, pourrait expliquer en partie que l'armband dans la nôtre soit le seul à ne présenter aucune différence significative par rapport à la DE mesurée.

Le positionnement du capteur pourrait également influencer la DE. En effet, les résultats de notre étude (publication n°4) sur un scénario de la vie quotidienne, montrent qu'il y a des différences significatives d'estimation de la DE pour un même capteur en fonction de son positionnement. A notre connaissance, la différence de mesure d'un même actimètre en fonction de son positionnement n'a pas été étudiée chez le sujet post-AVC. Cependant, nos résultats sont en accord avec ceux trouvés chez les sujets sains. Kim et al (184) ont montré que la DE estimée à différents seuils d'intensité, par l'accéléromètre triaxial Fitmeter, n'était pas la même en fonction du positionnement (poignet, hanche, cheville et haut du bras). Ces

auteurs ont également montré l'importance de la localisation de l'actimètre en fonction de l'AP enregistrée et préconisaient de porter le dispositif à la cheville pour des activités de type marche ou course. Concernant l'évaluation de l'activité en situation quotidienne de vie, il est recommandé de porter les actimètres au niveau de la hanche (183,185). Nos résultats ne vont pas dans ce sens. Le seul actimètre qui n'a pas montré de différence significative, dans l'estimation de la DE sur des AVQ, était le armband porté en haut du bras. Cependant, comme déjà mentionné, chez le patient AVC il existe très peu d'études ayant testé la validité des actimètres pour estimer la DE en situation réelle de vie. De ce fait, la précision de mesure en fonction du positionnement et de l'AP enregistrée, reste encore à montrer.



Graphique 3: Comparaison de la mesure (par analyseur de gaz) et l'estimation (équations de l'Actical et de l'Activity Monitoring Pod (AMP) 331) de la dépense énergétique (en MET) sur 18 activités différentes, classées par ordre de dépense énergétique. Différence significative ($p < 0,05$) pour chaque activité, entre la mesure (par analyseur de gaz) et a) Actical 1, b) Actical 2, c) AMP. (180)

Les équations de prédiction de la DE peuvent fausser la précision de mesure. Chez le sujet sain, Crouter et al (180) ont montré l'importance du choix de l'équation de prédiction proposée par le fabricant par rapport à l'activité enregistrée et la différence de mesure que cela peut engendrer (dans ce cas l'Actigraph) (cf *Graphique 2* (p.59)). Les auteurs ont

également rapporté des différences d'estimation de la DE à partir des équations de prédiction de l'Actical et de l'Activity Monitoring Pod (AMP) par rapport à la mesure de la DE par calorimétrie indirecte (*Graphique 3*). Le *graphique 3* met en avant qu'il y a aussi des différences d'estimation de la DE en fonction des dispositifs. En effet, sur l'activité de course lente ($159 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) la DE estimée par l'AMP est significativement différente de celle mesurée, alors que pour les deux DE estimées à partir de l'Actical aucune différence n'est constatée. Dans ce sens, Berntsen et al (182) mentionnent, sur 4 actimètres testés (Actigraph, Armband, Ikal et Actireg), que d'un dispositif à l'autre la DE varie considérablement (sur ou sous-estimation). La précision de la mesure va donc dépendre du choix de l'équation de régression mais également du capteur choisi, sachant qu'ils n'utilisent pas tous la même équation de prédiction. Cela pourrait donc expliquer, en partie, les différences significatives que nous avons trouvé entre la DE des actimètres et celle mesurée, d'autant que deux de nos actimètres sont ceux utilisés dans l'étude de Crouter et al (180).

En complément sur les équations de prédiction, Serra et al (188) suggèrent que celles prédéfinies par les actimètres ne sont pas adaptées aux patients post-AVC. Les auteurs ont évalué la DE estimée (en MET) par l'Actical, sur 9 AVQ d'intensité croissante. A partir d'un analyseur de gaz, la consommation d'oxygène a été déterminée pour chaque tâche et convertie en MET. Les résultats de cette étude ont fait ressortir que le MET prédéfini par l'Actical était supérieur pour toutes les tâches par rapport au MET physiologique. Ainsi les auteurs concluaient que les seuils d'intensité (léger, modéré, intense) devraient être revus à la baisse chez le patient post-AVC.

En revanche, il semblerait que le port de l'actimètre du côté plégique ou non-plégique n'influence pas l'estimation de la DE. En effet, nos résultats n'ont pas mis en avant de différence en fonction du côté lésé pour aucun des capteurs. En accord avec la littérature, il semblerait qu'il n'y a pas de différence de mesure entre le côté plégique et non-plégique que le capteur soit porté à la cheville, au poignet ou au bras (189,190,192,228). Cependant, de meilleures corrélations (mais ce n'est pas significatif) sont rapportées, par rapport à la méthode de référence utilisée dans chacune des études, du côté non-plégique. Manns et Haennel (228) préconisent tout de même de porter l'actimètre (dans ce cas l'armband) du côté non-plégique pour deux principales raisons. La première est la vascularisation du bras côté plégique. Les auteurs mentionnent que la température du bras hémiplegique est inférieure à celle de l'autre bras et pourrait influencer l'estimation de la DE sachant que l'armband dispose de récepteurs sensibles à la température corporelle. Cependant, ceux ne sont que des

spéculation étant donné que le fabricant ne précise pas comment est estimée la DE. La seconde raison est l'oscillation du bras. L'oscillation du bras du côté non-plégique se rapproche d'une oscillation plus «normale» du bras et donc permettrait d'avoir une meilleure précision pour estimer la DE par rapport aux références de l'actimètre. La troisième raison est la vitesse de déplacement qui est réduite chez le patient hémiplegique par rapport au sujet sain (229). Cette vitesse plus lente de déplacement peut tendre à sous-estimer la DE (228) et pour limiter les imprécisions de mesure il est conseillé de porter le capteur du côté non-plégique (189).

Ainsi notre publicitaion n°4 a mis en avant, qu'à l'exception du armband porté du côté non-plégique, les actimètres ne fournissent pas une estimation précise de la DE du patient post-AVC en phase subaiguë, sur un scénario regroupant des AVQ. Cette sous-estimation de la DE pourrait s'expliquer par les conditions de validité des dispositifs, les équations de prédiction utilisées ou encore par la différence de positionnement. Cependant, d'un point de vue thérapeutique, dans l'état actuel des choses, l'actimétrie ne semble pas suffisamment précise pour évaluer l'AP du patient en phase subaiguë de l'AVC.

Conclusion

Ce travail de thèse, portant sur l'évaluation de l'AP en phase subaiguë de l'AVC, nous a montré l'intérêt d'évaluer l'AP au cours de cette phase mais également la difficulté de l'évaluer précisément.

Bien que les bénéfices de l'AP soient établis et que des recommandations à l'AP post-AVC dès la phase subaiguë soient élaborées, nous avons montré que les recommandations ne sont pas respectées. En effet, nos travaux de recherche ont mis en avant que la prise en charge thérapeutique proposée en hospitalisation ne permet pas à l'ensemble de la population post-AVC en phase subaiguë, d'atteindre les recommandations à l'AP journalière. Ce non-respect des recommandations, pour les patients concernés, s'explique notamment par une prise en charge qui n'est pas suffisamment sollicitante d'un point de vue énergétique et un temps d'occupation du patient relativement faible. Pour y remédier, l'évaluation de l'AP du patient en phase subaiguë, aurait pour intérêt d'aider le thérapeute à contrôler sa prise en charge, notamment au travers de l'atteinte des recommandations et à l'ajuster si besoin.

Ces travaux nous ont cependant éclairé sur la difficulté à évaluer précisément l'AP chez les patients en phase subaiguë de l'AVC. Concernant l'évaluation subjective de l'AP, nos résultats n'ont montré aucune relation entre l'intensité perçue par les patients et l'intensité objectivement mesurée. Nous avons expliqué cette absence de résultat, en partie, par la différence de PE trouvée par rapport à la localisation de l'AVC et par la longueur de la séance d'évaluation. Dans l'état actuel des choses, la PE semble difficilement utilisable pour évaluer l'intensité de l'effort tout au long d'une séance thérapeutique, chez le patient en phase subaiguë de l'AVC.

La PE par sa simplicité et son coût, serait pourtant un outil que le thérapeute pourrait utiliser facilement pour contrôler sa prise en charge. Des travaux supplémentaires sont nécessaires, en déterminant un nouveau cadre d'utilisation (temps d'évaluation et différenciation des côtés), pour valider ou invalider l'utilisation de la PE chez le patient en phase subaiguë de l'AVC. Concernant l'évaluation objective de l'AP, nos résultats ont montré que l'actimétrie, à l'exception du armband, n'était pas précise pour évaluer de DE en situation réelle de vie, chez le patient en phase subaiguë de l'AVC. Cette différence a été en partie expliquée par les conditions de validité des dispositifs, l'estimation de la DE par les équations de prédiction ou

encore le positionnement des capteurs. L'actimétrie n'est pas pour autant inutilisable au cours de cette phase car elle a montré sa validité pour mesurer d'autres paramètres. En revanche, pour l'utiliser comme méthode de mesure de la DE en phase subaiguë de l'AVC, certains verrous restent à lever au niveau technologique et des travaux restent à mener pour justifier son utilité sur le plan clinique.

Ce travail de recherche a permis de montrer que l'évaluation de l'AP a un intérêt dans la prise en charge du patient en phase subaiguë de l'AVC, pour notamment contrôler la réalisation des recommandations. En revanche, les méthodes existantes, qu'elles soient subjectives ou objectives, ne semblent pas suffisamment précises dans les conditions de mesures actuelles et nécessitent des travaux de recherche supplémentaires pour pouvoir être utilisables et obtenir une mesure fiable chez le patient en phase subaiguë de l'AVC.

Perspectives

Au regard des résultats de notre travail, plusieurs perspectives de recherche sont envisageables:

- Tout au long de ce travail de thèse nous avons mentionné que la mise en place de l'évaluation de l'AP en hospitalisation pourrait être un moyen d'incitation pour atteindre les recommandations. Pour que le patient maintienne un AP après la sortie de l'hospitalisation, une des solutions serait de rassurer le patient dès l'hospitalisation en lui faisant réaliser une AP à hauteur des recommandations, non respectées à domicile, et de programmer avec lui une AP sur le long terme pour l'inciter à continuer. Pour vérifier l'atteinte des recommandations, il serait pertinent de mettre en place un monitoring de l'AP tout au long de la rééducation pour déterminer le niveau d'AP des patients et ajuster la prise en charge. De plus, pour vérifier si la mise en place de l'atteinte des recommandations dès l'hospitalisation permet d'inciter les patients à les réaliser à domicile, il serait judicieux de mettre en place une évaluation continue entre l'hospitalisation et le domicile.

- Notre travail sur la PE a montré qu'il n'y avait pas de relation entre l'intensité perçue et l'intensité mesurée par actimétrie, sur une séance de rééducation, mais qu'une différence de PE par rapport à la localisation hémisphérique de l'AVC existait. A notre connaissance, aucune étude n'a pris en compte ce paramètre. Ainsi il serait pertinent de tester la validité de la PE en fonction de la localisation hémisphérique de l'AVC. Pour connaître si la PE est utilisable lors de la prise en charge thérapeutique, il faudrait, sur une population plus importante, tester de nouveau la validité de la PE après chaque tâche mais également après une séance complète de rééducation, en prenant en compte le côté de la lésion.

- Concernant l'actimétrie, notre travail de recherche a soulevé plusieurs interrogations. Sur le plan technologique, des recherches sur l'adaptation des équations de prédiction pour calculer la DE, spécifiques à la population AVC, semblent pertinentes pour augmenter la précision de mesure des actimètres. Ainsi, il faudrait créer des équations de prédiction pour la population AVC en redéfinissant les différents seuils d'intensité (légère, modérée et vigoureuse). Cela permettrait d'affiner la précision de mesure pour estimer la DE. Sur le plan clinique, de nouveaux travaux sont nécessaires pour tester la fiabilité de mesure des

actimètres, en fonction de leur positionnement et de l'activité réalisée en situation réelle de vie. De plus, pour optimiser régulièrement la prise en charge, il faudrait que les actimètres soient à même de donner au thérapeute une évaluation rapide et objective de l'AP post-AVC. Pour cela, de manière optimale, il faudrait que les techniciens et les cliniciens travaillent ensemble pour améliorer la prise en charge du patient post-AVC.

Bibliographie

1. Ministère du travail, de l'emploi et de la santé. Livre des plans de santé publique . Prévention et sécurité sanitaire. 3^{ème} édition, Mai 2011. Disponible sur: http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Livre_des_plans_sante_publique_2011_BD.pdf
2. De Peretti C, Grimaud O, Tuppin P, Woimant F. Prévalence des accidents vasculaires cérébraux et de leurs séquelles et impact sur les activités de la vie quotidienne : apports des enquêtes déclaratives Handicap-santé-ménages et Handicap-santé-institution, 2008-2009. Bulletin épidémiologique hebdomadaire. 2012 n°1.
3. Ministère de la santé et des sports. La prévention et la prise en charge des accidents vasculaires cérébraux en France : Synthèse du rapport à Madame la ministre de la santé et des sports. 2009. Disponible sur: http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/avc_-_synthese_seule_rapport_final_-_vf.pdf
4. Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, Kilrane M, Greig CA, Brazzelli M, et al. Physical fitness training for stroke patients. Cochrane Database Systematic Reviews. 2016;3:CD003316.
5. Gordon NF, Gulanick M, Costa F, Fletcher G, Franklin BA, Roth EJ, et al. Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors An American Heart Association Scientific Statement From the Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; the Council on Cardiovascular Nursing; the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the Stroke Council. Circulation. 2004;109(16):2031-41.
6. Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, Eng JJ, Franklin BA, Johnson CM, et al. Physical Activity and Exercise Recommendations for Stroke Survivors A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke. 2014;45(8):2532-53.
7. Haute Autorité de Santé. Guide- Affectation de longue durée: Accident vasculaire cérébral. 2007. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-07/avc_prise_en_charge_precoce_-_recommandations.pdf
8. English C, Healy GN, Coates A, Lewis LK, Olds T, Bernhardt J. Sitting time and physical activity after stroke: physical ability is only part of the story. Top Stroke Rehabil. févr 2016;23(1):36-42.

9. English C, Healy GN, Coates A, Lewis L, Olds T, Bernhardt J. Sitting and Activity Time in People With Stroke. *Phys Ther.* 2016;96:193-201.
10. Touillet A, Guesdon H, Bosser G, Beis J-M, Paysant J. Assessment of compliance with prescribed activity by hemiplegic stroke patients after an exercise programme and physical activity education. *Ann Phys Rehabil Med.* 2010;53(4):250-65.
11. Rand D, Eng JJ, Tang P-F, Jeng J-S, Hung C. How Active Are People With Stroke? Use of Accelerometers to Assess Physical Activity. *Stroke.* 2009;40(1):163-8.
12. Damush TM, Plue L, Bakas T, Schmid A, Williams LS. Barriers and Facilitators to Exercise Among Stroke Survivors. *Rehabil Nurs.* 2007;32(6):253-62.
13. Nicholson S, Sniehotta FF, van Wijck F, Greig CA, Johnston M, McMurdo MET, et al. A systematic review of perceived barriers and motivators to physical activity after stroke. *Int J Stroke.* 2013;8(5):357-64.
14. Rimmer JH, Wang E, Smith D. Barriers associated with exercise and community access for individuals with stroke. *JRRD.* 2008;45(2):315-322.
15. Boysen G, Krarup L-H, Zeng X, Oskedra A, Kõrv J, Andersen G, et al. ExStroke Pilot Trial of the effect of repeated instructions to improve physical activity after ischaemic stroke: a multinational randomised controlled clinical trial. *BMJ.* 2009;339:b2810.
16. Mansfield A, Knorr S, Poon V, Inness EL, Middleton L, Biasin L, et al. Promoting Optimal Physical Exercise for Life: An Exercise and Self-Management Program to Encourage Participation in Physical Activity after Discharge from Stroke Rehabilitation-A Feasibility Study. *Stroke Research and Treatment.* 2016;2016:9476541.
17. Stonerock GL, Blumenthal JA. Role of Counseling to Promote Adherence in Healthy Lifestyle Medicine: Strategies to Improve Exercise Adherence and Enhance Physical Activity. *Prog Cardiovasc.* 2016 (sous presse) Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033062016301050>
18. Wit LD, Putman K, Dejaeger E, Baert I, Berman P, Bogaerts K, et al. Use of Time by Stroke Patients A Comparison of Four European Rehabilitation Centers. *Stroke.* 2005;36(9):1977-83.
19. Kunkel D, Fitton C, Burnett M, Ashburn A. Physical inactivity post-stroke: a 3-year longitudinal study. *Disabil Rehabil.* 2015;37(4):304-10.
20. Fini NA, Holland AE, Keating J, Simek J, Bernhardt J. How is physical activity monitored in people following stroke? *Disabil Rehabil.* 2014;1-15.

21. Haute Autorité de Santé. Accident vasculaire cérébral : prise en charge précoce (alerte, phase préhospitalière, phase hospitalière initiale, indications de la thrombolyse). 2009. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-07/avc_prise_en_charge_precoce_-_recommandations.pdf
22. Bourgeois AL, Guay V, Laroudie F, Marsal C, Thevenin-Lemoine E. Informations et programme d'exercices dans les suites d'un AVC. Livret destiné aux patients, aux aidants et aux rééducateurs. 2009:120 pages.
23. Brugerolle B. Les accidents vasculaires cérébraux. Disponible sur: http://moteurline.apf.asso.fr/IMG/pdf/avc_BB_170-175.pdf
24. Camden MC, Verreault S. L'AVC cardioembolique. La sémiologie et l'investigation étiologique. *Le clinicien*. 2008:61-66.
25. Grau AJ, Weimar C, Bugge F, Heinrich A, Goertler M, Neumaier S, et al. Risk Factors, Outcome, and Treatment in Subtypes of Ischemic Stroke The German Stroke Data Bank. *Stroke*. 2001;32(11):2559-66.
26. Collectif MJ-L, Bousser M.-G. , Bogousslavsky J. Accidents vasculaires cérébraux. Doin; 1993.
27. Crassard I. Les facteurs de risque d'infarctus cérébral Stroke and risk factors. *Correspondances en Risque CardioVasculaire*. 2006, 4(4): 134-138.
28. Bogousslavsky J. Prévention des récives d'accident vasculaire cérébral. *Accident vasculaire cérébral et médecine physique et de réadaptation: actualités en 2010*. Springer-Verlog France. 2010: 19-25.
29. Lemesle-Martin M, Benatru I, Rouaud O, Contegal F, Maugras C, Fromont A, et al. Épidémiologie des accidents vasculaires cérébraux : son impact dans la pratique médicale. *EMC - Neurology*. 2006;3(1):1-16.
30. Appelros P, Stegmayr B, Terént A. Sex Differences in Stroke Epidemiology A Systematic Review. *Stroke*. 2009;40(4):1082-90.
31. Calmels P, Defay C, Yvanes-Thomas M, Laporte S, Fayolle-Minon I, Béthoux F, et al. L'âge très élevé constitue-t-il un facteur pronostique du devenir après un premier accident vasculaire cérébral ? *Ann Readapt Med Phys*. 2005;48(9):675-81.
32. Hankey GJ. Potential New Risk Factors for Ischemic Stroke What Is Their Potential? *Stroke*. 2006;37(8):2181-8.
33. Niclot P, Crassard I, Cohen A et Bousser MG. Prévention des accidents vasculaires cérébraux. *EMC-Neurologie*. 17-046-A-60, 2003, 20 p.

34. Gremeaux V, Sosner P. Activité physique et hypertension. *Lett Méd Phys Réadapt.* 2012;28(1):12-20.
35. Sacco RL, Wolf PA, Gorelick PB. Risk factors and their management for stroke prevention: outlook for 1999 and beyond. *Neurology.* 1999;53(7 Suppl 4):S15-24.
36. Contegal F, Osseby G-V, Menassa M, Rouaud O, Benatru I, Giroud M, et al. La relation entre hypertension artérielle et accidents vasculaires cérébraux : une équation modifiable. *La Lettre du Cardiologue.* 2005;(381):26-9.
37. Glasser SP, Mosher A, Howard G, Banach M. What is the association of lipid levels and incident stroke? *International Journal of Cardiology.* 2016;220:890-4.
38. De Caterina R, Scarano M, Marfisi R, Lucisano G, Palma F, Tatasciore A, et al. Cholesterol-Lowering Interventions and Stroke: Insights From a Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American College of Cardiology.* 2010;55(3):198-211.
39. Amarenco P, Labreuche J. Lipid management in the prevention of stroke: review and updated meta-analysis of statins for stroke prevention. *The Lancet Neurology.* 2009;8(5):453-63.
40. Stegmayr DB, Asplund K. Diabetes as a risk factor for stroke. A population perspective. *Diabetologia.* 1995;38(9):1061-8.
41. Béjot Y, Touzé E, Jacquin A, Giroud M, Mas J-L. Épidémiologie des accidents vasculaires cérébraux. *Médecine/Sciences.* 2009;25(8-9):727-32.
42. Sztajzel R et Devuyst G. L'accident vasculaire cérébral chez la femme. *Rev Med Suisse.* 2002;n°2390.
43. Gillum L, Mamidipudi S, Johnston S. Ischemic stroke risk with oral contraceptives: A meta-analysis. *JAMA.* 2000;284(1):72-8.
44. Qureshi AI, Malik AA, Adil MM, Suri MFK. Oral contraceptive use and incident stroke in women with sickle cell disease. *Thrombosis Research.* 2015;136(2):315-8.
45. Poulter NR, Chang CL, Farley TM, Meirik O, Marmot MG. Ischaemic stroke and combined oral contraceptives: results of an international, multicentre, case-control study. WHO Collaborative Study of Cardiovascular Disease and Steroid Hormone Contraception. *Lancet.* 1996;348(9026):498-505.
46. Poulter NR, Chang CL, Farley TM, Meirik O, Marmot MG. Haemorrhagic stroke, overall stroke risk, and combined oral contraceptives: results of an international, multicentre,

- case-control study. WHO Collaborative Study of Cardiovascular Disease and Steroid Hormone Contraception. *Lancet*. 1996;348(9026):505-510.
47. Kurth T, Winter AC, Eliassen AH, Dushkes R, Mukamal KJ, Rimm EB, et al. Migraine and risk of cardiovascular disease in women: prospective cohort study. *BMJ*. 2016;353:i2610.
 48. Tzourio C, Tehindrazanarivelo A, Iglesias S, Alperovitch A, Chedru F, Anglejan-Chatillon J d', et al. Case-control study of migraine and risk of ischaemic stroke in young women. *BMJ*. 1995;310(6983):830-3.
 49. Katzmarzyk PT, Reeder BA, Elliott S, Joffres MR, Pahwa P, Raine KD, et al. Body Mass Index and Risk of Cardiovascular Disease, Cancer and All-cause Mortality. *Can J Public Health*. 2012;103(2):147-51.
 50. Suk S-H, Sacco RL, Boden-Albala B, Cheun JF, Pittman JG, Elkind MS, et al. Abdominal Obesity and Risk of Ischemic Stroke The Northern Manhattan Stroke Study. *Stroke*. 2003;34(7):1586-92.
 51. Abbott RD, Donahue RP, MacMahon SW, Reed DM, Yano K. Diabetes and the risk of stroke: The Honolulu heart program. *JAMA*. 1987;257(7):949-52.
 52. Abbott RD, Behrens GR, Sharp DS, Rodriguez BL, Burchfiel CM, Ross GW, et al. Body mass index and thromboembolic stroke in nonsmoking men in older middle age. The Honolulu Heart Program. *Stroke*. 1994;25(12):2370-6.
 53. Sacco RL. Risk factors for TIA and TIA as a risk factor for stroke. *Neurology*. 2004;62(8 suppl 6):S7-11.
 54. ANAES. Prise en charge diagnostique et traitement immédiat de l'accident ischémique transitoire de l'adulte : Mai 2004. *J Mal Vasc*. 2005;30(2):107-13.
 55. Blomstrand A, Blomstrand C, Ariai N, Bengtsson C, Björkelund C. Stroke incidence and association with risk factors in women: a 32-year follow-up of the Prospective Population Study of Women in Gothenburg. *BMJ Open*. 2014;4(10):e005173.
 56. Lee CD, Folsom AR, Blair SN. Physical Activity and Stroke Risk A Meta-Analysis. *Stroke*. 2003;34(10):2475-81.
 57. Hu G, Sarti C, Jousilahti P, Silventoinen K, Barengo NC, Tuomilehto J. Leisure Time, Occupational, and Commuting Physical Activity and the Risk of Stroke. *Stroke*. 1 sept 2005;36(9):1994-9.

58. Stroud N, Mazwi TML, Case LD, Brown RD, Brott TG, Worrall BB, et al. Prestroke physical activity and early functional status after stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2009;80(9):1019-22.
59. Ricciardi AC, López-Cancio E, Pérez de la Ossa N, Sobrino T, Hernández-Pérez M, Gomis M, et al. Prestroke Physical Activity Is Associated with Good Functional Outcome and Arterial Recanalization after Stroke due to a Large Vessel Occlusion. *Cerebrovasc Dis*. 2014;37(4):304-11.
60. Haute Autorité de Santé. Accident vasculaire cérébral: méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. Méthode « Recommandations pour la pratique clinique ». 2012. Disponible sur http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-11/11irp01_reco_avc_methodes_de_reeducation.pdf
61. Woimant F, De Broucker T, Vassel P. Prise en charge des accidents vasculaires cérébraux en France métropolitaine. Résultats de 3 enquêtes nationales. *Rev Neurol (Paris)* 2003 ; 159 : 5, 543-551.
62. Yelnik A-P, Schnitzler A, Pradat-Diehl P, Sengler J, Devailly J-P, Dehail P, et al. Physical and rehabilitation medicine (PRM) care pathways: « Stroke patients ». *Ann Phys Rehabil Med*. 2011;54(8):506-18.
63. Ramas J, Courbon A, Fayolle-Minon I, Calmels P. Réentraînement à l'effort chez l'hémiplégique vasculaire : revue de la littérature. *Ann Readapt Med Phys*. 2007;50(1):28-41.
64. Gadidi V, Katz-Leurer M, Carmeli E, Bornstein NM. Long-Term Outcome Poststroke: Predictors of Activity Limitation and Participation Restriction. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(11):1802-8.
65. Nowak DA. The impact of stroke on the performance of grasping: Usefulness of kinetic and kinematic motion analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. 2008;32(8):1439-50.
66. Decq P. Physiopathologie de la spasticité. *Société de neurochirurgie*. 2003, vol.49 (2): 163-184.
67. Daviet JC, Dudognon PJ, Salle JY, Munoz M, Lissandre JP, Rebeyrotte I, Borie MJ. Rééducation des accidentés vasculaires cérébraux. Bilan et prise en charge. *Enclly Méd Chir*. 26-455-A-10, 2002, 24 p.
68. Hackett ML, Yapa C, Parag V, Anderson CS. Frequency of Depression After Stroke A Systematic Review of Observational Studies. *Stroke*. 2005;36(6):1330-40.
69. House A. Depression after stroke. *British Medical Journal*. 1987(294): 76-78.

70. Koh DJ, Kim NY, Kim YW. Predictors of Depressive Mood in Patients With Isolated Cerebellar Stroke: A Retrospective Study. *Ann Rehabil Med*. 2016;40(3):412-9.
71. Campbell Burton CA, Murray J, Holmes J, Astin F, Greenwood D, Knapp P. Frequency of anxiety after stroke: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Int J Stroke*. 2013;8(7):545-59.
72. Aström M. Generalized Anxiety Disorder in Stroke Patients A 3-Year Longitudinal Study. *Stroke*. 1996;27(2):270-5.
73. Carota A, Dieguez S, Bogousslavsky J. Psychopathologie des accidents vasculaires cérébraux. *Psychol Neuropsychiatr Vieil*. 2005;3(4):235-49.
74. Kessomtini W. Les douleurs de l'hémiplégie vasculaire du diagnostic à la prise en charge thérapeutique. *Douleurs: Evaluation - Diagnostic - Traitement*. 2015;16(1):32-7.
75. Rodier G, Derouiche F, Bronner P, Schlück E, Cohen E. Accident vasculaire cérébral et douleur. *Sang Thrombose Vaisseaux*. 2001;13(7):403-7.
76. Klit H, Finnerup NB, Jensen TS. Central post-stroke pain: clinical characteristics, pathophysiology, and management. *Lancet Neurology*. 2009;8(9):857-68.
77. Aïach P, Baumann M. L'aphasie, principal facteur aggravant du vécu d'un AVC par les proches. *Médecine*. 2007;3(3):130-5.
78. Orfei MD, Robinson RG, Prigatano GP, Starkstein S, Rüsç N, Bria P, et al. Anosognosia for hemiplegia after stroke is a multifaceted phenomenon: a systematic review of the literature. *Brain*. 2007;130(12):3075-90.
79. Appelros P, Karlsson GM, Seiger A, Nydevik I. Neglect and anosognosia after first-ever stroke: incidence and relationship to disability. *J Rehabil Med* 2002; 34: 215–220
80. Flamand-Roze C, Roze E, Denier C. Troubles du langage et de la déglutition à la phase aiguë des accidents vasculaires cérébraux : outils d'évaluation et intérêt d'une prise en charge précoce. *Rev Neurol (Paris)*. 2012;168(5):415-24.
81. Daviet J-C, Bonan I, Caire JM, Colle F, Damamme L, Froger J, et al. Therapeutic patient education for stroke survivors: Non-pharmacological management. A literature review. *Ann Phys Rehabil Med*. déc 2012;55(9–10):641-56.
82. Mann G, Hankey GJ, Cameron D. Swallowing Function After Stroke Prognosis and Prognostic Factors at 6 Months. *Stroke*. 1999;30(4):744-8.
83. Daviet J-C, Borie MJ, Salle JY, Popielarz S, Verdié C, Munoz M, et al. Épidémiologie et signification pronostique des troubles vésicosphinctériens après un premier accident vasculaire cérébral hémisphérique. *Ann Readapt Med Phys*. 2004;47(8):531-6.

84. Petrilli S, Durufle A, Nicolas B, Pinel JF, Kerdoncuff V, Gallien P. Hémiplégie vasculaire et retour à domicile. *Ann Readapt Med Phys.* 2002;45(2):69-76.
85. Gallien P, Adrien S, Petrilli S, Durufle A, Robineau S, Kerdoncuff V, et al. Maintien à domicile et qualité de vie à distance d'un accident vasculaire cérébral. 2005;48(5):225-30.
86. Harari D, Norton C, Lockwood L, Swift C. Treatment of Constipation and Fecal Incontinence in Stroke Patients Randomized Controlled Trial. *Stroke.* 2004;35(11):2549-55.
87. Chaudhuri A, Behan PO. Fatigue in neurological disorders. *The Lancet.* 2004;363(9413):978-88.
88. Colle F, Bonan I, Gellez Leman M-C, Bradai N, Yelnik A. Fatigue après accident vasculaire cérébral. *Ann Readapt Med Phys.* 2006;49(6):272-6.
89. Godefroy O. *The Behavioral and Cognitive Neurology of Stroke.* Cambridge University Press. 2013;455 p.
90. MacKay-Lyons MJ, Makrides L. Longitudinal changes in exercise capacity after stroke¹. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(10):1608-12.
91. Chen J-K, Chen T-W, Chen C-H, Huang M-H. Preliminary Study of Exercise Capacity in Post-acute Stroke Survivors. *Kaohsiung J Med Sci.* 2010;26(4):175-81.
92. MacKay-Lyons MJ, Makrides L. Exercise capacity early after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(12):1697-702.
93. Kelly JO, Kilbreath SL, Davis GM, Zeman B, Raymond J. Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients¹. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(12):1780-5.
94. Eng JJ, Dawson AS, Chu KS. Submaximal exercise in persons with stroke: test-retest reliability and concurrent validity with maximal oxygen consumption¹. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(1):113-8.
95. Kervio G, Ville N, Carré F. Le test de marche de 6 minutes chez le sujet sain : reproductibilité et intensité relative. *Science & Sports.* 2003;18(1):40-2.
96. Bohannon RW. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing.* 1997;26(1):15-9.
97. Eng JJ, Chu KS, Dawson AS, Kim CM, Hepburn KE. Functional Walk Tests in Individuals With Stroke Relation to Perceived Exertion and Myocardial Exertion. *Stroke.* 2002;33(3):756-61.

98. Corcoran PJ, Jebsen RH, Brengelmann GL, Simons BC. Effects of plastic and metal leg braces on speed and energy cost of hemiparetic ambulation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1970;51(2):69-77.
99. Pélissier J, Pérennou D, Laassel E. Analyse instrumentale de la marche de l'hémiplégique adulte: revue de la littérature. *Ann Readapt Med Phys.* 1997;40(5):297-313.
100. Scherbakov N, Sandek A, Doehner W. Stroke-Related Sarcopenia: Specific Characteristics. *J Am Med Dir Assoc.* 2015;16(4):272-6.
101. Scherbakov N, Haehling S von, Anker SD, Dirnagl U, Doehner W. Stroke induced Sarcopenia: Muscle wasting and disability after stroke. *Int J Cardiol.* 2013;170(2):89-94.
102. Kortebein P, Ferrando A, Lombeida J, Wolfe R, Evans WJ. Effect of 10 days of bed rest on skeletal muscle in healthy older adults. *JAMA.* 2007;297(16):1772-4.
103. Jorgensen L, Jacobsen BK. Changes in muscle mass, fat mass, and bone mineral content in the legs after stroke: a 1 year prospective study. *Bone.* 2001;28(6):655-9.
104. English C, McLennan H, Thoires K, Coates A, Bernhardt J. Reviews: Loss of skeletal muscle mass after stroke: a systematic review. *Int J Stroke.* 2010;5(5):395-402.
105. Marilyn J. MacKay-Lyons PhD, Jonathan Howlett MD F. Exercise Capacity and Cardiovascular Adaptations to Aerobic Training Early After Stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2005;12(1):31-44.
106. Hopman WM, Verner J. Quality of Life During and After Inpatient Stroke Rehabilitation. *Stroke.* 2003;34(3):801-5.
107. Cofemer. Qualité de vie. Medical Outcome Study Short Form-36 (MOS SF-36). 6 p. Disponible sur <http://www.cofemer.fr/UserFiles/File/ECH.1.11.1.MOSSF.pdf>
108. Crichton SL, Bray BD, McKevitt C, Rudd AG, Wolfe CDA. Patient outcomes up to 15 years after stroke: survival, disability, quality of life, cognition and mental health. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2016; 87:1091–1098.
109. Leplège A, Ecosse E, Coste J, Pouchot J, Perneger T. Le questionnaire MOS SF-36: manuel de l'utilisateur et guide d'interprétation des scores. Editions Estem. 2001;166 p.
110. Yelnik A. Évolution des concepts en rééducation du patient hémiplégique. *Ann Readapt Med Phys.* 2005;48(5):270-7.
111. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985;100(2):126-31.

112. Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: the evidence. *Can Med Assoc J.* 2006;174(6):801-9.
113. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2007;39(8):1435-45.
114. Haskell WL, Lee I-M, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2007;39(8):1423-34.
115. Vuillemin A. Le point sur les recommandations de santé publique en matière d'activité physique. *Science & Sports.* 2011;26(4):183-90.
116. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ et al. Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2000;32(supp9).
117. Tudor-Locke C, Craig CL, Aoyagi Y, Bell RC, Croteau KA, Bourdeaudhuij ID, et al. How many steps/day are enough? For older adults and special populations. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2011;8(1):80.
118. Alzahrani MA, Ada L, Dean CM. Duration of physical activity is normal but frequency is reduced after stroke: an observational study. *J Physiother.* 2011;57(1):47-51.
119. Billinger SA, Mattlage AE, Ashenden AL, Lentz AA, Harter G, Rippee MA. Aerobic Exercise in Subacute Stroke Improves Cardiovascular Health and Physical Performance. *J Neurol Phys Ther .* 2012;36(4):159-65.
120. Kim D-Y, Jung S-Y, Seo B-D. Effect of Exercise Intervention on Changes in Free Fatty Acid Levels and Metabolic Risk Factors in Stroke Patients. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(2):275-9.
121. Bernhardt J. Efficacy and safety of very early mobilisation within 24 h of stroke onset (AVERT): a randomised controlled trial. *The Lancet.* 2015;386(9988):46-55.
122. Awad AJ, Kellner CP, Mascitelli JR, Bederson JB, Mocco J. No Early Mobilization After Stroke: Lessons Learned from the AVERT Trial. *World Neurosurgery.* 2016;87:474.

123. Yelnik A, Andriantsifanetra C, Reinert P, Evrard M, Marneff H, Wanepain M, et al. Active mobility early after stroke. A randomised controlled trial (AMOBES). *Ann Phys Rehabil Med.* 2016;59(supp:e67).
124. Ramas J, Courbon A, Roche F, Bethoux F, Calmels P. Effets du réentraînement à l'effort et de l'exercice chez l'hémiplégique vasculaire adulte. *Ann Readapt Med Phys.* 2007;50(6):430-7.
125. Kim S, Cho H, Kim YL, Lee S. Effects of stationary cycling exercise on the balance and gait abilities of chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(11):3529-31.
126. Bang D-H, Cho H-S. Effect of body awareness training on balance and walking ability in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(1):198-201.
127. Saunders DH, Sanderson M, Brazzelli M, Greig CA, Mead GE. Physical fitness training for stroke patients (Review). *Cochrane.* 2013, Issue 10. Art.No.: CD003316.
128. Kim H, Choi W, Lee K, Song C. Virtual dual-task treadmill training using video recording for gait of chronic stroke survivors: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci.* déc 2015;27(12):3693-7.
129. Potempa K, Lopez M, Braun LT, Szidon JP, Fogg L, Tincknell T. Physiological Outcomes of Aerobic Exercise Training in Hemiparetic Stroke Patients. *Stroke.* 1995;26(1):101-5.
130. Globas C, Becker C, Cerny J, Lam JM, Lindemann U, Forrester LW, et al. Chronic Stroke Survivors Benefit From High-Intensity Aerobic Treadmill Exercise A Randomized Control Trial. *Neurorehabilitation Neural Repair.* 2012;26(1):85-95.
131. Lennon O, Carey A, Gaffney N, Stephenson J, Blake C. A pilot randomized controlled trial to evaluate the benefit of the cardiac rehabilitation paradigm for the non-acute ischaemic stroke population. *Clinical Rehabilitation.* 2008;22(2):125-33.
132. Ouellette MM, LeBrasseur NK, Bean JF, Phillips E, Stein J, Frontera WR, et al. High-Intensity Resistance Training Improves Muscle Strength, Self-Reported Function, and Disability in Long-Term Stroke Survivors. *Stroke.* 2004;35(6):1404-9.
133. Chen M-D, Rimmer JH. Effects of Exercise on Quality of Life in Stroke Survivors A Meta-Analysis. *Stroke.* 2011;42(3):832-7.
134. Eng JJ, Reime B. Exercise for depressive symptoms in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation.* 2014;0269215514523631.

135. Aidar FJ, de Oliveira RJ, Silva AJ, de Matos DG, Mazini Filho ML, Hickner RC, et al. The Influence of Resistance Exercise Training on the Levels of Anxiety in Ischemic Stroke. *Stroke Research and Treatment*. 2012, Article ID 298375, 6 pages.
136. Zedlitz AMEE, Rietveld TCM, Geurts AC, Fasotti L. Cognitive and Graded Activity Training Can Alleviate Persistent Fatigue After Stroke A Randomized, Controlled Trial. *Stroke*. 2012;43(4):1046-51.
137. Sandberg K, Kleist M, Falk L, Enthoven P. Effects of Twice-Weekly Intense Aerobic Exercise in Early Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;doi: 10.1016/j.apmr.2016.01.030.
138. Han EY, Im SH, Kim BR, Seo MJ, Kim MO. Robot-assisted gait training improves brachial-ankle pulse wave velocity and peak aerobic capacity in subacute stroke patients with totally dependent ambulation: Randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(41):e5078.
139. Huh JS, Lee Y-S, Kim C-H, Min Y-S, Kang M-G, Jung T-D. Effects of Balance Control Training on Functional Outcomes in Subacute Hemiparetic Stroke Patients. *Ann Rehabil Med*. 2015;39(6):995.
140. Letombe A, Cornille C, Delahaye H, Khaled A, Morice O, Tomaszewski A, et al. Early post-stroke physical conditioning in hemiplegic patients: A preliminary study. *Ann Phys Rehabil Med*. déc 2010;53(10):632-42.
141. Outermans JC, van Peppen RPS, Wittink H, Takken T, Kwakkel G. Effects of a high-intensity task-oriented training on gait performance early after stroke: a pilot study. *Clinical Rehabilitation*. 2010;24(11):979-87.
142. Mead GE, Greig CA, Cunningham I, Lewis SJ, Dinan S, Saunders DH, et al. Stroke: A Randomized Trial of Exercise or Relaxation. *JAGS*. 2007;55(6):892-9.
143. Lai S-M, Studenski S, Richards L, Perera S, Reker D, Rigler S, et al. Therapeutic Exercise and Depressive Symptoms After Stroke. *JAGS*. 2006;54(2):240-7.
144. Eich H-J, Mach H, Werner C, Hesse S. Aerobic treadmill plus Bobath walking training improves walking in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2004;18(6):640-51.
145. Duncan P, Studenski S, Richards L, Gollub S, Lai SM, Reker D, et al. Randomized Clinical Trial of Therapeutic Exercise in Subacute Stroke. *Stroke*. 2003;34(9):2173-80.

146. Katz-Leurer M, Shochina M, Carmeli E, Friedlander Y. The influence of early aerobic training on the functional capacity in patients with cerebrovascular accident at the subacute stage1. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(11):1609-14.
147. Da Cunha Jr IT, Lim PA, Qureshy H, Henson H, Monga T, Protas EJ. Gait outcomes after acute stroke rehabilitation with supported treadmill ambulation training: A randomized controlled pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(9):1258-65.
148. Han EY, Im SH, Kim BR, Seo MJ, Kim MO. Robot-assisted gait training improves brachial-ankle pulse wave velocity and peak aerobic capacity in subacute stroke patients with totally dependent ambulation: Randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* oct 2016;95(41):e5078.
149. Studenski S, Duncan PW, Perera S, Reker D, Lai SM, Richards L. Daily Functioning and Quality of Life in a Randomized Controlled Trial of Therapeutic Exercise for Subacute Stroke Survivors. *Stroke.* 2005;36(8):1764-70.
150. Gjellesvik TI, Brurok B, Hoff J, Tørhaug T, Helgerud J. Effect of High Aerobic Intensity Interval Treadmill Walking in People With Chronic Stroke: A Pilot Study With One Year Follow-Up. *Top Stroke Rehabil.* 2012;19(4):353-60.
151. Flansbjerg U-B, Lexell J, Brogårdh C. Long-Term Benefits of Progressive Resistance Training in Chronic Stroke: A 4-year Follow-Up. *J Rehabil Med.* 2012;44(3):218-21.
152. Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, Hanley D, Sorkin JD, Katzel LI, et al. Treadmill Exercise Rehabilitation Improves Ambulatory Function and Cardiovascular Fitness in Patients With Chronic Stroke A Randomized, Controlled Trial. *Stroke.* 2005;36(10):2206-11.
153. Macko RF, Smith GV, Dobrovolny CL, Sorkin JD, Goldberg AP, Silver KH. Treadmill training improves fitness reserve in chronic stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(7):879-84.
154. Hornnes N, Larsen K, Boysen G. Little change of modifiable risk factors 1 year after stroke: a pilot study. *International Journal of Stroke.* 2010;5(3):157-62.
155. Bernhardt J, Dewey H, Thrift A, Donnan G. Inactive and Alone Physical Activity Within the First 14 Days of Acute Stroke Unit Care. *Stroke.* 2004;35(4):1005-9.
156. Sherwood L. *Physiologie humaine: A Human Perspective.* De Boeck Supérieur. 2006;774p.

157. Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, et al. Guide to the Assessment of Physical Activity: Clinical and Research Applications. *Circulation*. 2013;128(20):2259-79.
158. Aquatias S, Arnal J-F, Rivière D, Bilard J, Callède J-P, Casillas J-M, et al. Activité physique : contextes et effets sur la santé. 2008;826p. Disponible sur: <http://lara.inist.fr/handle/2332/1447>
159. Bonomi AG, Westerterp KR. Advances in physical activity monitoring and lifestyle interventions in obesity: a review. *International Journal of Obesity*. 2012;36(2):167-77.
160. Jequier E, Acheson K, Schutz Y. Assessment of Energy Expenditure and Fuel Utilization in Man. *Ann Rev Nutr*. 1987;7(1):187-208.
161. Hills AP, Mokhtar N, Byrne NM. Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures. *Frontier in nutrition*. 2014;1:5.
162. Piper MDW, Selman C, Speakman JR, Partridge L. Using Doubly-Labeled Water to Measure Energy Expenditure in an Important Small Ectotherm *Drosophila melanogaster*. *JGG*. 2014;41(9):505-12.
163. Westerterp KR. Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: measurement, determinants, and effects. *Frontier in Physiology*. 2013;Volume 4(90).
164. Jacobi D, Maillot F, Couet C. Mesure de la dépense énergétique : principes et techniques, intérêt diagnostique et limites. *Médecine des Maladies Métaboliques*. 2008;2(2):130-4.
165. Dauncey MJ. Metabolic effects of altering the 24 h energy intake in man, using direct and indirect calorimetry. *Br J Nutr*. 1980;43(2):257-69.
166. Leonard WR. Laboratory and field methods for measuring human energy expenditure. *American Journal of Human Biology*. 2012;24(3):372-84.
167. Couturier P. Place de l'actimétrie dans la gestion médicale du sujet âgé fragile. *Gérontologie Société*. 2009;(113):13-23.
168. Maddison R, Ni Mhurchu C. Global positioning system: a new opportunity in physical activity measurement. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2009;6:73.
169. Noury-Desvaux B, Abraham P, Mahé G, Sauvaget T, Leftheriotis G, Faucheur AL. The Accuracy of a Simple, Low-Cost GPS Data Logger/Receiver to Study Outdoor Human Walking in View of Health and Clinical Studies. *Plos one*. 2011;6(9):e23027.

170. Paysant J, Beyaert C, Datie A, Martinet N, André J-M. Évaluation des capacités et des performances : contribution des monitorages de la locomotion en situation d'exercice et de vie réelle. *Ann Readapt Med Phys*. 2007;50(3):156-64.
171. Oppert J-M. Méthodes d'évaluation de l'activité physique habituelle et obésité. *Science & Sports*. 2006;21(2):80-4.
172. Abel MG, Peritore N, Shapiro R, Mullineaux DR, Rodriguez K, Hannon JC. A comprehensive evaluation of motion sensor step-counting error. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2011;36(1):166-70.
173. Elsworth C, Dawes H, Winward C, Howells K, Collett J, Dennis A, et al. Pedometer step counts in individuals with neurological conditions. *Clinical Rehabilitation*. 2009;23(2):171-5.
174. Fulk GD, Combs SA, Danks KA, Nirider CD, Raja B, Reisman DS. Accuracy of 2 Activity Monitors in Detecting Steps in People With Stroke and Traumatic Brain Injury. *Phys Ther*. 2014;94(2):222-9.
175. Chen KY, Bassett DR. The Technology of Accelerometry-Based Activity Monitors: Current and Future. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;Vol. 37, No. 11(Suppl):490-500.
176. Spierer DK, Hagins M, Rundle A, Pappas E. A comparison of energy expenditure estimates from the Actiheart and Actical physical activity monitors during low intensity activities, walking, and jogging. *European Journal of Applied Physiology*. 2010;111(4):659-67.
177. Plasqui G, Bonomi AG, Westerterp KR. Daily physical activity assessment with accelerometers: new insights and validation studies. *Obesity Reviews*. 2013;14(6):451-62.
178. Godfrey A, Conway R, Meagher D, ÓLaighin G. Direct measurement of human movement by accelerometry. *Medical Engineering & Physics*. 2008;30(10):1364-86.
179. Mathie MJ, Coster ACF, Lovell NH, Celler BG. Accelerometry: providing an integrated, practical method for long-term, ambulatory monitoring of human movement. *Physiol Meas*. 2004;25:1-20
180. Crouter SE, Churilla JR, Bassett DR. Estimating energy expenditure using accelerometers. *European Journal of Applied Physiology*. 2006;98(6):601-12.
181. Westerterp KR. Physical activity assessment with accelerometers. *International Journal of Obesity*. 1999;23(Supp 3):45-49.

182. Berntsen S, Hageberg R, Aandstad A, Mowinckel P, Anderssen SA, Carlsen K-H, et al. Validity of physical activity monitors in adults participating in free-living activities. *Br J Sports Med.* 2010;44(9):657-64.
183. Altini M, Penders J, Vullers R, Amft O. Estimating Energy Expenditure Using Body-Worn Accelerometers: A Comparison of Methods, Sensors Number and Positioning. *Journal of Biomedical and Health Informatics.* 2015;19(1):219-26.
184. Kim DY, Jung Y-S, Park R-W, Joo N-S. Different Location of Triaxial Accelerometer and Different Energy Expenditures. *Yonsei Med J.* 2014;55(4):1145.
185. Cleland I, Kikhia B, Nugent C, Boytsov A, Hallberg J, Synnes K, et al. Optimal Placement of Accelerometers for the Detection of Everyday Activities. *Sensors.* 2013;13(7):9183-200.
186. Field MJ, Gebruers N, Shanmuga Sundaram T, Nicholson S, Mead G. Physical Activity after Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *ISRN Stroke.* 2013;2013:1-13.
187. Gebruers N, Vanroy C, Truijen S, Engelborghs S, De Deyn PP. Monitoring of Physical Activity After Stroke: A Systematic Review of Accelerometry-Based Measures. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(2):288-97.
188. Serra MC, Balraj E, DiSanzo BL, Ivey FM, Hafer-Macko CE, Treuth MS, et al. Validating accelerometry as a measure of physical activity and energy expenditure in chronic stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2016;0(0):1-6.
189. Mudge S, Stott NS, Walt SE. Criterion Validity of the StepWatch Activity Monitor as a Measure of Walking Activity in Patients After Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(12):1710-5.
190. Uswatte G, Giuliani C, Winstein C, Zeringue A, Hobbs L, Wolf SL. Validity of Accelerometry for Monitoring Real-World Arm Activity in Patients With Subacute Stroke: Evidence From the Extremity Constraint-Induced Therapy Evaluation Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(10):1340-5.
191. Moore SA, Hallsworth K, Bluck LJC, Ford GA, Rochester L, Trenell MI. Measuring Energy Expenditure After Stroke Validation of a Portable Device. *Stroke.* 2012;43(6):1660-2.
192. Kuys S, Clark C, Morris NR. Portable Multisensor Activity Monitor (SenseWear) Lacks Accuracy in Energy Expenditure Measurement during Treadmill Walking Following Stroke. *Int J Neurorehabilitation.* 2014;1: 101.

193. Williams K, Frei A, Vetsch A, Dobbels F, Puhan MA, Rüdell K. Patient-reported physical activity questionnaires: A systematic review of content and format. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2012;10:28.
194. Vuillemin A, Speyer E, Simon C, Ainsworth B, Paineau D. Revue critique des questionnaires d'activité physique administrés en population française et perspectives de développement. *Cahier de Nutrition et de Diététique*. 2012;47(5):234-41.
195. Staten LK, Taren DL, Howell WH, Tobar M, Poehlman ET, Hill A et al. Validation of the Arizona Activity Frequency Questionnaire using doubly labeled water. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001;33(11):1959–1967.
196. Maddison R, Ni Mhurchu C, Jiang Y, Vander Hoorn S, Rodgers A, Lawes CM, et al. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) and New Zealand Physical Activity Questionnaire (NZPAQ): A doubly labelled water validation. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2007;4:62.
197. Arvidsson D, Slinde F, Hulthén L. Physical activity questionnaire for adolescents validated against doubly labelled water. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2004;59(3):376-83.
198. Mahabir S. Comparison of energy expenditure estimates from 4 physical activity questionnaires with doubly labeled water estimates in postmenopausal women 1–3. 2006. Disponible sur: <https://naldc.nal.usda.gov/download/2103/PDF>
199. Béghin L, Michaud L, Turck D, Gottrand F. Technique et intérêt de la mesure de la dépense énergétique et de l'activité physique en recherche clinique chez les patients atteints de mucoviscidose. *Archives de Pédiatrie*. 2005;12(7):1139-44.
200. Sylvia LG, Bernstein EE, Hubbard JL, Keating L, Anderson EJ. A Practical Guide to Measuring Physical Activity. *J Acad Nutr Diet*. 2014;114(2):199-208.
201. Rush EC, Valencia ME, Plank LD. Validation of a 7-day physical activity diary against doubly-labelled water. *Annals of Human Biology*. 2008;35(4):416-21.
202. Koebnick C, Wagner K, Thielecke F, Moeseneder J, Hoehne A, Franke A, et al. Validation of a simplified physical activity record by doubly labeled water technique. *International Journal of Obesity*. 2005;29(3):302-9.
203. Hale LA, Pal J, Becker I. Measuring Free-Living Physical Activity in Adults With and Without Neurologic Dysfunction With a Triaxial Accelerometer. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(9):1765-71.

204. Fagour C, Cherifi B, Gonzalez C, Maury E, Gin H, Rigalleau V. Mesurer la dépense énergétique en pratique clinique. *Médecine des Maladies Métaboliques*. 2013;7(6):525-32.
205. West T, Bernhardt J. Physical Activity in Hospitalised Stroke Patients. *Stroke Research and Treatment*. 2011;Volume 2012, Article ID 813765, 13 pages.
206. Delignières D. La perception de l'effort et de la difficulté. In J.P. Famose (Ed.), *Cognition et performance*, 1993:183-218.
207. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1982;14(5):377-81.
208. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health*. 1990;16:55-8.
209. Day ML, Mcguigan MR, Brice G, Foster C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2004, 18(2), 353–358.
210. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*. 2013;113(1):147-55.
211. Sage M, Middleton LE, Tang A, Sibley KM, Brooks D, McIlroy W. Validity of rating of perceived exertion ranges in individuals in the subacute stage of stroke recovery. *Top Stroke Rehabil*. 2013;20(6):519-27.
212. Kramer SF, Cumming T, Churilov L, Bernhardt J. Measuring Activity Levels at an Acute Stroke Ward: Comparing Observations to a Device. *BioMed Research International*. 2013;Volume 2013, Article ID 460482, 8 pages.
213. Carroll SL, Greig CA, Lewis SJ, McMurdo ME, Sniehotta FF, Johnston M, et al. The Use of Pedometers in Stroke Survivors: Are They Feasible and How Well Do They Detect Steps? *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(3):466-70.
214. Bejot Y, Caillier M, Rouaud O, Benatru I, Maugras C, Osseby G-V, et al. Épidémiologie des accidents vasculaires cérébraux: Impacts sur la décision thérapeutique. *Presse Médicale*. 2007;36(1, Part 2):117-27.
215. Danielsson A, Willen C, Sunnerhagen KS. Physical Activity, Ambulation, and Motor Impairment Late after Stroke. *Stroke Research and Treatment*. 2011;Volume 2012, Article ID 818513, 5 pages.

216. Manns PJ, Baldwin E. Ambulatory Activity of Stroke Survivors Measurement Options for Dose, Intensity, and Variability of Activity. *Stroke*. 2009;40(3):864-7.
217. Saunders DH, Greig CA, Mead GE. Physical Activity and Exercise After Stroke Review of Multiple Meaningful Benefits. *Stroke*. 2014;45(12):3742-7.
218. MacKay-Lyons MJ, Makrides L. Cardiovascular stress during a contemporary stroke rehabilitation program: Is the intensity adequate to induce a training effect? *Arch Phys Med Rehabil*. oct 2002;83(10):1378-83.
219. Kuys S, Brauer S, Ada L. Routine physiotherapy does not induce a cardiorespiratory training effect post-stroke, regardless of walking ability. *Physiother Res Int*. 2006;11(4):219-27.
220. West T, Bernhardt J. Physical Activity Patterns of Acute Stroke Patients Managed in a Rehabilitation Focused Stroke Unit. *BioMed Research International*.2013;Volume 2013, Article ID 438679, 8 pages.
221. Ng SS, Tsang WW, Cheung TH, Chung JS, To FP, Yu PC. Walkway Length, But Not Turning Direction, Determines the Six-Minute Walk Test Distance in Individuals With Stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(5):806-11.
222. Hampton S, Armstrong G, Shah MV, Li S. Quantification of perceived exertion during isometric force production using Borg scale in healthy individuals and in chronic stroke patients. *Top Stroke Rehabil*. 2014;21(1):33-9.
223. Koopman ADM, Eken MM, van Bezeij T, Valent LJM, Houdijk H. Does Clinical Rehabilitation Impose Sufficient Cardiorespiratory Strain to Improve Aerobic Fitness? *J Rehabil Med*. 2013;45(1):92-8.
224. Wu T, Dong Y, Hu X, Li J, Shi Z-H. Exercise intensity criteria for routine rehabilitation therapy for stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(3):645-7.
225. Yates JS, Studenski S, Gollub S, Whitman R, Perera S, Lai SM et al. Bicycle Ergometry in Subacute-Stroke Survivors: Feasibility, Safety, and Exercise Performance. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2004;11, 64-74.
226. Fanchini M, Ghielmetti R, Coutts AJ, Schena F, Impellizzeri FM. Effect of Training Session Intensity Distribution on Session-RPE in Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performances*. 2014;10(4):426-432.
227. Pollatos O, Schandry R, Auer DP, Kaufmann C. Brain structures mediating cardiovascular arousal and interoceptive awareness. *Brain Res*. 2007;1141:178-87.

228. Manns PJ, Haennel RG. SenseWear Armband and Stroke: Validity of Energy Expenditure and Step Count Measurement during Walking. *Stroke Research and Treatment*. 2012;Volume 2012, Article ID 247165, 8 pages.
229. Dobkin BH, Xu X, Batalin M, Thomas S, Kaiser W. Reliability and Validity of Bilateral Ankle Accelerometer Algorithms for Activity Recognition and Walking Speed After Stroke. *Stroke*. 2011;42(8):2246-50.

Annexes

Livret de suivi. (p.163)



Livret de suivi: **Activités journalières des** **patients hémiplésiques**

Nom:.....

Prénom:.....

Movilis N°:.....

Armband N°:.....



Table des illustrations

Cette liste ne prend pas en compte les illustrations des articles.

Graphique

Graphique 1: Profil de qualité de vie de la population AVC étudiée par rapport à une population de référence de même âge exempte de pathologie. (p.35)

Graphique 2: Comparaison de la mesure (par analyseur de gaz) et de l'estimation (équations de l'Actigraph) de la dépense énergétique (en MET) sur 18 activités différentes, classées par ordre de dépense énergétique. Différence significative ($p < 0,05$) pour chaque activité, entre la mesure (par analyseur de gaz) et a) l'équation de Freedson, b) l'équation de Brooks (1), c) l'équation de Brooks (2). (p.59)

Graphique 3: Comparaison de la mesure (par analyseur de gaz) et l'estimation (équations de l'Actical et de l'Activity Monitoring Pod (AMP) 331) de la dépense énergétique (en MET) sur 18 activités différentes, classées par ordre de dépense énergétique. Différence significative ($p < 0,05$) pour chaque activité, entre la mesure (par analyseur de gaz) et a) Actical 1, b) Actical 2, c) AMP. (p.135)

Image

Image 1: Les types d'AVC hémorragiques. (p.20)

Image 2 : Analyseur de gaz type Métamax 3B (Cortex). (p.54)

Image 3: Constitution d'un podomètre. (p.56)

Image 4: Design de 3 accéléromètres (RT6, Actigrph et Atical). (p.58)

Schéma

Schéma 1: Schématisation de la prise en charge précoce du patient à partir de la suspicion d'AVC. (p.26)

Schéma 2: Modèle illustrant la complexité des interactions entre les facteurs contribuant au faible niveau d'activité physique et faible capacité à l'effort des personnes post-AVC. (p.34)

Schéma 3: Mesure de la production de CO₂ à partir de la méthode de l'eau doublement marquée (²H₂¹⁸O). (p.52)

Table des tableaux

Cette liste ne prend pas en compte les tableaux des articles.

Tableau 1: Classification de la pression artérielle chez les adultes. (p.22)

Tableau 2: Programmes d'activité physique post-AVC en phase subaiguë. (p.43)

Tableau 3: Equivalence énergétique (kcal) par litre d'O₂ consommé pour des valeurs de quotient respiratoire sélectionnées. (p.53)

Résumé

L'objectif de ce travail était 1) déterminer si la prise en charge thérapeutique journalière proposée aux patients en phase subaiguë de l'AVC était suffisamment sollicitante pour atteindre les recommandations à l'activité en hospitalisation 2) déterminer quelles méthodes étaient utilisables pour évaluer l'activité physique et leur utilité dans la prise en charge thérapeutique post-AVC.

La population étudiée était constituée de patients en phase subaiguë de l'AVC, hospitalisés dans le service de Médecine Physique et de Réadaptation. Les résultats ont permis de montrer qu'un tiers des patients n'atteignait pas les recommandations à l'activité physique quand ils quittaient le service et que la majorité de la dépense énergétique (≥ 3 METs) journalière était réalisée en dehors du temps de prise en charge thérapeutique. Concernant les méthodes d'évaluation de l'activité physique, les résultats ont mis en avant que la perception de l'effort ne semblait pas utilisable pour évaluer l'intensité de l'activité physique sur une séance de rééducation et que les actimètres, à l'exception du Armband SenseWear, n'étaient pas précis pour estimer la dépense énergétique journalière des patients en phase subaiguë de l'AVC.

Sachant que pour une part de la population les recommandations à l'activité physique ne sont pas atteintes, il y a un intérêt d'évaluer l'activité physique en phase subaiguë de l'AVC, pour notamment contrôler la réalisation de ces dernières. Cependant, que les méthodes d'évaluation soient subjectives ou objectives, il est difficile d'obtenir une mesure précise de l'activité physique au cours de la phase subaiguë de l'AVC.

Mots-clés: Activité physique, dépense énergétique, perception de l'effort, actimétrie, AVC, phase subaiguë, hospitalisation.

Abstract

The aim of this work was to 1) determine whether daily therapeutic care offered to patients in subacute stroke phase was demanding enough to reach hospitalization activity recommendations 2) determine the possible methods to measure physical activity and its usefulness in post-stroke therapeutic care.

The studied population was composed of subacute stroke phase patients admitted to the Physical Medicine and Rehabilitation unit. The results showed that one third of the patients did not reach physical activity recommendations once they left the unit. Furthermore, most of the daily energy expenditure (3 METs) was achieved outside the therapeutic care. Regarding the physical activity evaluation methods, results highlighted that perceived exertion did not seem valuable to evaluate physical activity intensity during reeducation session. Additionally, actimeters were not accurate enough to measure patient's daily energy expenditure except for Armband SenseWear.

Knowing that physical activity recommendations are not reached by part of the population, it seems useful to measure physical activity during subacute stroke phase in order to ensure these activities are performed as requested. However, should the evaluation methods be subjective or objective, it is hard to obtain an accurate physical activity measurement during subacute stroke phase.

Keywords: physical activity, energy expenditure, perceived exertion, actimetry, stroke, subacute phase, hospitalization.