

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION LORRAINE
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE
DE NANCY

**AMÉLIORER LA FONCTION
DU MEMBRE SUPÉRIEUR
APRÈS UN ACCIDENT VASCULAIRE CÉRÉBRAL**

Données scientifiques, recommandations de Janet CARR et Roberta SHEPHERD

Pour une prise en charge raisonnée du kinésithérapeute

Mémoire présenté par **Antoine ZACZYK**
Étudiant en 3^{ème} année de masso-kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'État
de Masseur-Kinésithérapeute
2010-2011

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	
1. INTRODUCTION.....	1
2. LES DONNEES SCIENTIFIQUES CONCERNANT LE MEMBRE SUPÉRIEUR ET L'AVC.....	2
2.1. Introduction : les rôles du membre supérieur.....	2
2.2. Description biomécanique du membre supérieur.....	4
2.2.1. Attraper un objet.....	4
2.2.1.1. <i>Activité uni-manuelle</i>	4
2.2.1.2. <i>Activité bi-manuelle</i>	5
2.2.2. Manipuler un objet.....	7
2.3. Récupération et réorganisation cérébrale après un AVC : quels mécanismes ?	9
2.3.1. La plasticité cérébrale	9
2.3.2. Mécanismes de réorganisation après un AVC.....	10
2.3.2.1. <i>Au niveau de l'hémisphère lésé</i>	10
2.3.2.2. <i>Au niveau de l'hémisphère non atteint</i>	11
2.3.3. Influence de la rééducation sur la réorganisation cérébrale	11
2.3.4. Conclusion.....	12
2.4. Performances motrices après un AVC.....	13
3. RECOMMANDATIONS D'ENTRAÎNEMENT DE CARR ET SHEPHERD	16
3.1. Principes	16

3.1.1.	Groupe d'entraînement.....	16
3.1.2.	Tâche motrice et environnement	17
3.1.3.	Répétition des exercices et des tâches.....	18
3.1.4.	Contrainte du membre non-parétique	18
3.2.	Moyens	19
3.2.1.	Étirement des tissus mous	19
3.2.2.	Favoriser, stimuler l'activité musculaire	20
3.2.3.	Exercices de tâches spécifiques.....	20
3.2.3.1.	<i>Pour la commande du poignet</i>	20
3.2.3.2.	<i>Pour la commande de l'avant-bras</i>	21
3.2.3.3.	<i>Pour la commande de la force de préhension</i>	21
3.2.3.4.	<i>Pour la commande de l'épaule et du coude</i>	22
3.2.4.	Exercices de manipulation et de dextérité.....	22
3.2.5.	Exercices bi-manuels	23
3.2.6.	Renforcement musculaire.....	23
3.2.7.	Prévention des douleurs d'épaule.....	24
4.	DISCUSSION	25
5.	CONCLUSION	30
	BIBLIOGRAPHIE	
	ANNEXES	

RÉSUMÉ

L'objectif de ce mémoire est de présenter les recommandations de 2 kinésithérapeutes australiennes Janet Carr et Roberta Shepherd pour la rééducation du membre supérieur après un accident vasculaire cérébral (AVC) mais aussi de détailler les bases biomécaniques et neurophysiologiques de l'utilisation du membre supérieur avant et après AVC. Celles-ci sont à l'origine de leurs recommandations. Ce mémoire s'organise autour de leur dernier ouvrage "*Stroke Rehabilitation Guidelines for Exercise and Training to Optimize Motor Skill*" publié en 2003 complété d'un travail de mise à jour du contenu proposé.

Le membre supérieur doit être envisagé comme un outil indispensable à la réalisation de nombreuses tâches fonctionnelles et doit donc répondre aux contraintes imposées par celles-ci. La biomécanique du membre supérieur doit être envisagée suivant 2 grandes activités : uni-manuelle ou bi-manuelle et selon 2 composantes décrites initialement par Jeannerod : aller attraper un objet et le manipuler. L'utilisation du membre supérieur ne peut se concevoir sans aller à la source du mouvement : le cerveau. La plasticité cérébrale présente chez l'être humain a une place importante dans la récupération et la réorganisation corticale après un AVC. De même, l'analyse cinématique du membre supérieur permet de comprendre au mieux les stratégies mises en œuvre et de les prendre en compte dans la prise en charge rééducative.

Les recommandations se basent sur ces données scientifiques et donc englobent tous les aspects de l'utilisation du membre supérieur. La répétition de tâches finalisées dans un contexte défini, l'augmentation du temps de prise en charge, l'utilisation de la thérapie contrainte en constituent les grands axes.

Enfin, malgré des données neurophysiologiques nombreuses, les preuves d'efficacité de la répétition de tâches finalisées sont encore faibles et imprécises. Des recherches complémentaires sont nécessaires pour clarifier les nombreux aspects de cette pratique des tâches finalisées pour la rééducation du membre supérieur après un AVC.

Mots clés : membre supérieur, accident vasculaire cérébral, tâche finalisée, rééducation, recommandations.

Key words : upper limb, stroke, task-oriented, rehabilitation, guideline.

1. INTRODUCTION

La rééducation du membre supérieur du patient hémiplégique après un accident vasculaire cérébral (AVC) fait l'objet de nombreuses publications actuellement. Une revue de la littérature faisant l'état des lieux sur cette rééducation et parue en 2009 a référencé 66 études (56 essais contrôlés randomisés, 3 méta-analyses, 7 revues) publiées entre 2004 et 2008 sur ce sujet [1]. Harris, dans une méta-analyse de 2009 a identifié 13 essais contrôlés randomisés (ECR) sur le renforcement et l'entraînement du membre supérieur après un AVC [2]. Nous pouvons citer enfin 4 revues Cochrane, publiées entre 2007 et 2010, qui abordent différents aspects de la rééducation du membre supérieur après un AVC : entraînement bi-manuel (18 ECR sélectionnés) [3], thérapie contrainte (19 ECR sélectionnés) [4], entraînement assisté par un robot ou un appareil (11 ECR sélectionnés) [5] et la répétition de tâches (14 ECR sélectionnés dont 6 concernant le membre supérieur) [6]. Ceci montre aussi la variété des techniques de rééducation du membre supérieur du patient hémiplégique. Uujama et al. dans leur revue de la littérature citent d'autres techniques comme l'électrostimulation, la thérapie par le miroir, l'imagerie mentale, la stimulation magnétique cérébrale, ou encore l'approche neuro-développementale de Bobath [1]. Même si de nombreuses techniques sont employées en rééducation post-AVC, aucune n'a fait la preuve d'une efficacité supérieure aux autres, mais Van Peppen et al. ont montré que les techniques offrant les meilleurs résultats dans les activités de la vie quotidienne étaient celles qui entraînaient le patient à des tâches fonctionnelles [7], principalement la répétition de tâches spécifiques.

Cette notion de pratique des tâches orientées dites finalisées ou fonctionnelles existe depuis un peu plus de 20 ans, comme en témoigne l'article pris en compte dans la revue Cochrane [6] et publié en 1990 par Turton. Les premières qui, à notre connaissance, ont proposé une rééducation par tâches spécifiques sont 2 kinésithérapeutes australiennes, Janet Carr et Roberta Shepherd dans un ouvrage publié en 1987 intitulé *"A Motor Relearning Programme for Stroke"*[8] qui n'est plus édité. Elles postulaient à cette époque que l'entraînement du contrôle moteur exigeait des actions anticipées et pratiquées en continu, et que pour renforcer ce réapprentissage, ces tâches devaient être pratiquées dans un contexte spécifique à une tâche ou à un environnement [9]. Cet ouvrage est l'ancienne version de leur

dernier livre intitulé "*Stroke Rehabilitation : guidelines for exercise and an training to optimize motor skill*" [10].

Ce dernier est la base de ce mémoire qui a pour objectif principal de présenter les bases neurophysiologiques, biomécaniques, d'apprentissage de leurs recommandations d'exercices répétés et orientés vers des tâches spécifiques pour la rééducation du membre supérieur après un AVC. *Pourquoi les tâches spécifiques ?* Car les seules mentions dans une publication française de ce type de rééducation sont 2 articles de Carr et Shepherd publiés en 2005 dans Kinésithérapie, la Revue [11,12]. *Pourquoi le membre supérieur ?* Comme le développe notre exposé, le membre supérieur a un rôle clé pour l'autonomie et l'indépendance dans les activités de la vie quotidienne. La réadaptation d'un patient ayant eu un AVC ne doit pas se limiter à l'indépendance de sa marche, dans ses transferts ou dans toute autre activité liée aux membres inférieurs. En effet, sans utilisation fonctionnelle de son membre supérieur, celui-ci ne pourra être complètement autonome au quotidien. Cette rééducation du membre supérieur après un AVC est autant un travail kinésithérapique qu'ergothérapique.

2. LES DONNEES SCIENTIFIQUES CONCERNANT LE MEMBRE SUPERIEUR ET L'AVC

2.1. Introduction : les rôles du membre supérieur

La plupart des activités que nous faisons à l'aide de nos membres supérieurs correspond à des tâches complexes impliquant une ou deux mains. Les déplacements de l'épaule vont permettre un placement approprié de la main pour attraper ou manipuler un objet. Ces déplacements dépendent de la distance à laquelle est situé l'objet mais aussi du contexte de réalisation de la tâche (type d'objet, environnement).

La grande variété des actions motrices réalisées par le bras et la main illustrent deux problèmes fondamentaux du contrôle moteur soulevés à l'origine par Bernstein [13] : les nombreux degrés de liberté disponibles dans l'organisation biomécanique du mouvement et la nécessité d'avoir un contexte spécifique et une variabilité contrôlée de celui-ci. Bernstein a

observé que la dextérité n'est jamais présente dans l'action motrice en tant que telle, mais uniquement dans l'interaction de l'action motrice avec l'évolution de l'environnement [14]. Bien qu'il y ait de nombreuses options de mouvements grâce à la souplesse du système neuromusculaire (degrés de mobilité), les options les plus économiques (rapport coût-efficacité) sont utilisées [15].

De nombreuses tâches impliquent les deux mains et nécessitent surtout d'être réalisées facilement et efficacement. Dans les actions bi-manuelles, comme ouvrir une bouteille d'eau, les 2 membres sont contraints de réaliser une action coordonnée.

La plupart des actions impliquant spécifiquement les membres supérieurs vont impliquer le corps entier en raison de la dynamique des différents segments liés. Les membres supérieurs jouent aussi un rôle dans les mécanismes d'équilibration [16]. Quand le centre de gravité du corps se déplace en dehors des limites de stabilité, ils peuvent jouer un rôle de stabilisation et de soutien.

Il y a un certain nombre de degrés de mobilité exploités par les membres supérieurs dans les actions de se lever et s'asseoir. Anglin et Wiss [17] ont étudié les mouvements et les moments de force des membres supérieurs lors du transfert assis-debout et debout-assis avec accoudoirs chez 6 sujets sains de 50 ans et plus. Ces transferts nécessitent au maximum 30° d'élévation d'épaule, 30° de rotation médiale d'épaule, 90° de flexion de coude, 50° de pronation, 50° d'extension de poignet. La force moyenne développée est plus importante pour le transfert debout-assis mais la force maximale développée est plus importante pour le transfert assis-debout. Enfin, il est intéressant de noter que la force moyenne développée correspond à 16-19 % du poids du corps, avec un maximum à 24-27 % du poids du corps.

Les principaux pré-requis pour une utilisation de la main sont la capacité :

- à déplacer la main dans la scène d'action / d'utilisation,
- à regarder et faire attention à la fois à l'objet et à l'environnement,
- à réaliser les ajustements posturaux qui se produisent lors de mouvements des bras,
- à utiliser les informations somato-sensorielles [10].

2.2. Description biomécanique du membre supérieur

2.2.1. Attraper un objet

2.2.1.1. Activité uni-manuelle

Jeannerod [18] a été le premier à décrire la cinétique du mouvement de préhension [19]. Il a divisé en deux composantes cette action : une de transport et une de manipulation. Son hypothèse était que la composante de transport se base sur les propriétés extrinsèques de l'objet (distance, direction) et celle de manipulation sur les propriétés intrinsèques de l'objet (taille, forme, surface) [19]. Le réglage de l'ouverture de la main se fait à la fin du mouvement, juste avant de saisir l'objet (Fig. 1).

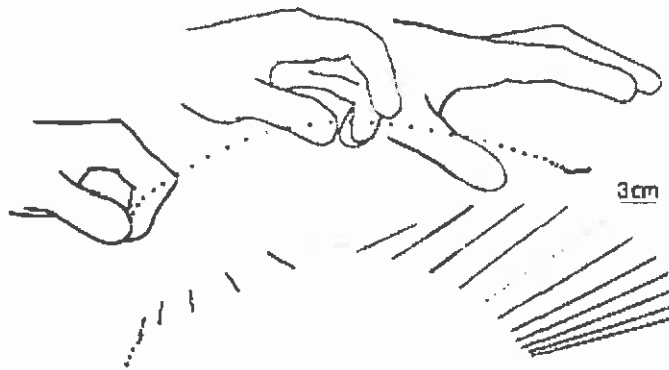


Figure 1. Différentes positions de la main à l'approche d'un objet. Les traits représentent les différentes positions (toutes les 40 ms). L'ouverture de la main est maximale à 3 cm de l'objet [10].

L'hypothèse de Jeannerod proposant que l'ouverture de la main soit maximale lorsqu'il y a atteint du pic de décélération de déplacement du membre n'est pas la seule [19]. D'autres éléments vont influencer l'ouverture maximale de la main : la distance, le temps avant le contact avec l'objet, la taille de l'objet (*un objet de petite taille à une distance donnée entraînera un mouvement plus lent*) [20]. Bootsma et van Wieringen [21] ont proposé un modèle plus global (dénommé "time-to-contact") pour expliquer cela, à savoir qu'après une prise d'informations visuelles, le membre supérieur débute son déplacement en fonction de la localisation de l'objet (distance, direction) et ensuite lorsque la main est suffisamment proche de l'objet, le sujet reçoit toutes les informations sensorielles et temporelles nécessaires à la bonne exécution de la tâche et de l'ouverture de la main.

Juste avant que l'objet ne soit attrapé, l'ouverture de la main diminue et l'ajustement de cette ouverture semble être réalisé par un mouvement des doigts vers le pouce déjà écarté [22]. L'ouverture de la main est également liée à la vitesse du mouvement, des ouvertures plus larges sont observées avec des mouvements très rapides [23].

Il faut noter que Smeets et Brenner [24] ont suggéré que les doigts avaient des trajectoires et des mouvements différents au cours de ces 2 phases. L'index et le pouce notamment se déplaceraient indépendamment de leur position finale. De nombreuses études [25, 26, 27] ont remis en cause ce modèle, dont la dernière, de Van de Kamp et Zaal [19] qui a soutenu les propos de Wing sur les rôles différents entre le pouce et l'index dans la préhension [22].

2.2.1.2. *Activité bi-manuelle*

L'organisation des composantes de transport et de manipulation va différer suivant que le patient saisit à pleine main ou avec précision l'objet. En ouvrant une cannette par exemple, une main maintient la cannette et la stabilise, l'autre main attrape et ouvre la cannette avec le pouce et l'index. Une étude de cette tâche chez des sujets sains [28] a montré que les deux mains débutaient et finissaient le mouvement ensemble bien que les détails cinématiques variaient pour chaque main (Fig. 2). Dans cette étude, la main de précision atteint une plus petite valeur de vitesse de pointe et commence à décélérer plus tôt que l'autre main. Le temps de décélération plus long illustre la complexité relative de l'action de traction de l'anneau comparée à la tâche de tenue de la cannette.

La coopération entre les 2 mains et le caractère prédictif de certaines tâches ont été étudiés lors d'une expérience dans laquelle le sujet devait laisser tomber une balle d'une main dans un gobelet tenu par l'autre main [29]. La force de préhension de la main tenant le gobelet était augmentée pour anticiper l'impact de la balle.

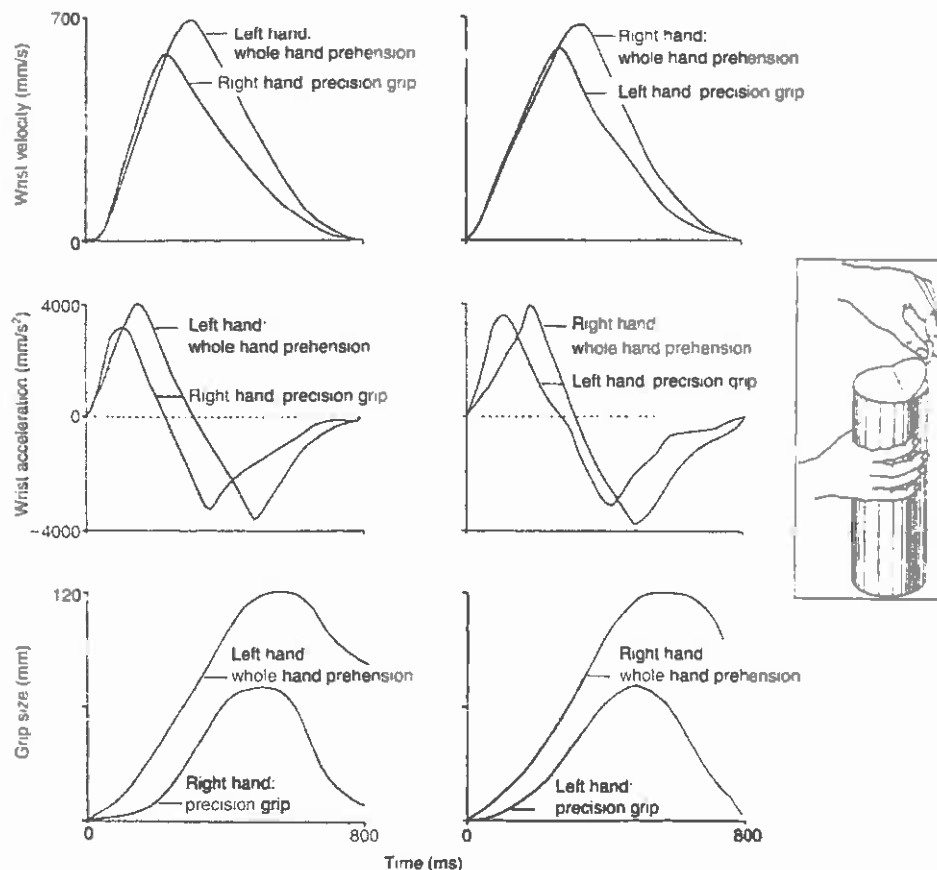


Figure 2. Essai clinique portant sur une tâche bi-manuelle dans laquelle une main va attraper et tenir une cannette, et l'autre va l'ouvrir. La vitesse d'exécution et l'accélération au niveau du poignet ainsi que la taille de la prise ont été étudiées [28].

Dans deux études récentes, Bingham et al. (2008) [30] ainsi que Mason et Bruyn (2009) [31] ont montré que la coordination des membres supérieurs lors d'activités bi-manuelles était tâche-dépendante, mais surtout qu'il y avait un découplage temporel entre les 2 membres supérieurs lors d'activités bi-manuelles visant à attraper des objets situés à des distances différentes et de tailles variables, avec une place importante du contrôle visuel dans cet asynchronisme [30]. Plus précisément, Mason et Bruyn [31] ont mis en évidence que lors d'une action consistant à aller attraper deux objets (un dans chaque main), le mouvement du membre supérieur vers l'objet éloigné influençait le mouvement du membre supérieur vers l'objet proche et inversement. En effet, il y a augmentation de la durée du mouvement du membre supérieur du côté de l'objet proche et diminution de la durée du déplacement du côté de l'objet éloigné lorsque ceux-ci ne sont pas situés à la même distance sujet comparativement à une action exécutée avec des objets placés à la même distance du sujet. Cela tend donc à montrer que les

membres supérieurs sont contrôlés de manière indépendante. Ces nouvelles données ont remis en cause de précédentes études qui rapportaient un couplage temporel des membres supérieurs, notamment l'étude de Jackson et al [32].

Enfin, Mason et Grabowski [33] ont montré que la vision joue un rôle fondamental dans le synchronisme des mouvements des membres supérieurs lors de tâches bi-manuelles. Lorsque le mouvement est perturbé d'un côté, le feedback visuel permet de limiter les interférences sur le membre controlatéral. Par ailleurs, lorsqu'il y a une perturbation du champ visuel dans une tâche bi-manuelle, le nombre de mouvements oculaires est plus important pour des perturbations dans la partie externe du champ visuel que dans la partie interne. La conséquence est une augmentation de l'asynchronisme entre les mains confirmant ainsi les résultats de Bingham et al. [30].

2.2.2. Manipuler un objet

La main est le principal moyen d'interaction avec les personnes et les objets environnants. La préhension a été catégorisée par Napier comme étant de précision ou de force [34], la première impliquant les doigts et l'autre la main entière. Bien que cette distinction reste générale, la recherche en biomécanique a mis en évidence que le type de préhension dépendait de l'objet à saisir et de la tâche à effectuer [10].

La préhension va impliquer différentes articulations et est source de configurations variables de la main suivant la complexité et la spécificité de la manipulation. Pour certaines tâches de "verrouillage" (maintien de couverts ou d'outils) ou de "support" (tenir une assiette ou un plateau), la prise se fait en utilisant les quatrième et cinquième doigts ainsi que le pouce [35].

Pouvoir façonner la main de manière appropriée pour tout objet ou tâche implique que les os du carpe et du métacarpe puissent donner une forme concave à la main par l'action combinée des muscles intrinsèques. Lemon et al. [36] ont appelé cela "postural set". Un concept similaire est qu'un groupe de doigts agit comme une unité fonctionnelle, un "doigt virtuel" [37,

38]. Quand un objet est attrapé avec force entre le pouce et les quatre autres doigts, les forces sont partagées entre les 4 doigts dans l'unité fonctionnelle, les doigts agissant de concert [37].

Dans une prise de force importante, la participation de chaque doigt à la production de la force va varier en fonction de la position relative de chaque doigt par rapport au pouce [39]. La préhension de force ou de précision va nécessiter un travail en coopération d'un grand nombre de muscles pour produire la force nécessaire et adaptée [38].

Comme la mise en forme de la main pour manipuler un objet est en partie fonction de son anatomie, il est essentiel de préserver les relations entre les os de la main (souplesse articulaire et longueur des muscles) au stade précoce après un AVC afin de pouvoir orienter la récupération de la commande motrice vers la capacité à tenir et manipuler des objets [10].

Attraper un objet semble être en grande partie sous contrôle visuel [30, 33] mais une fois la main en contact avec l'objet, les récepteurs sensoriels vont contribuer au contrôle du mouvement par l'intermédiaire des récepteurs cutanés et sensibles à la pression de la main. Ces derniers nous aident à identifier les objets et à les classer en fonction de leurs propriétés permettant en conséquence l'ajustement de la force musculaire.

Les deux forces produites pour répondre au poids d'un objet et à ses propriétés de frottement sont appelées respectivement "force de levage vertical" (vertical lifting force) et "force de préhension déclenchée par glissement" (slip-triggered grip force) [40, 41, 42, 43, 44]. Le contrôle sensoriel est globalement moins sollicité lorsque les propriétés de l'objet sont prévisibles [44].

Des changements de force de préhension se produisent lorsqu'un objet est déplacé en réponse aux forces d'inertie produites par le mouvement. De nombreux patients ont des difficultés à maintenir la prise de l'objet pendant que le bras bouge, ce qui peut démontrer un défaut de contrôle et d'adaptation de la force, le patient n'ayant pas la capacité de l'ajuster suffisamment rapidement [10].

2.3. Récupération et réorganisation cérébrale après un AVC : quels mécanismes ?

Les nouvelles techniques d'imagerie cérébrale ont permis de mettre en évidence que le système nerveux central est continuellement remodelé tout au long de la vie mais aussi après atteinte cérébrale par l'apprentissage lié à l'activité motrice et l'expérience de la tâche à exécuter [45, 46, 47].

2.3.1. La plasticité cérébrale

La capacité cérébrale dépend du nombre de connexions fonctionnelles et non du nombre de neurones présents. Ces connexions sont génétiquement programmées et se développent en fonction du vécu, de l'expérience du sujet. Hebb fut le premier en 1949 à mettre en évidence un remaniement des connexions neuronales (augmentation du nombre de synapses et de ramifications dendritiques) chez le rat dans un environnement stimulant le développement de compétences motrices [48].

Lors d'études sur les animaux, l'apprentissage moteur a entraîné des changements spécifiques au niveau du cortex moteur. Le manque de pratique peut impliquer une diminution des représentations corticales, cependant des mouvements répétés ne nécessitant pas d'apprentissage ne vont pas avoir d'impact sur le cortex moteur [49]. Chez l'Homme, l'apprentissage moteur va augmenter la représentation des mouvements appris au niveau des aires motrices, comme la zone de la lecture tactile qui est plus étendue chez le non-voyant [50]. Cette capacité à apprendre de nouvelles compétences motrices existe-t-elle après AVC ? Plusieurs études ont montré, chez des individus après un AVC et présentant une stabilité des déficits, une capacité d'apprentissage (exercices répétés) avec amélioration des capacités motrices [51, 52]. L'imagerie cérébrale a mis en évidence des changements dans l'organisation du cortex moteur liés à l'apprentissage de nouvelles tâches motrices sur des cerveaux sains [53, 54] ou lésés [55]. L'expérience, le vécu du sujet concernant la tâche motrice à réaliser ou à apprendre ont un impact au niveau du cortex cérébral. En effet, dans une étude d'Elbert et al. [56] comparant des violonistes expérimentés et d'autres sans expérience, la représentation corticale des doigts de la main gauche (qui joue) par rapport à la main droite est plus importante chez le violoniste expérimenté.

Inversement, la restriction d'activité observée lors d'une immobilisation [57] ou d'une amputation [58, 59] induit aussi une réorganisation du cortex moteur en rapport avec l'absence d'utilisation. Par exemple, l'immobilisation unilatérale de cheville sans lésion neurologique durant 4-6 semaines va entraîner une diminution significative de la représentation du mouvement induit par le muscle Tibial Antérieur au niveau du cortex moteur comparé au côté non immobilisé mais sans changements de l'excitabilité spinale ou du seuil moteur [57]. Une analyse rapide après amputation d'une partie d'un membre supérieur a montré que les muscles restant recevaient plus de connexions descendantes que les mêmes muscles du côté sain [60].

Cela reflète les changements associés au développement de compétences motrices provoqué par un entraînement actif et répété de l'activité mais révèle aussi une adaptabilité et flexibilité du cortex cérébral.

Enfin, après un AVC, le cortex sensoriel peut être lésé, engendrant des troubles de la localisation de stimuli tactiles [61]. La réorganisation des "entrées" tactiles se fait vers le tissu nerveux intact et disponible. Des stimulations répétées des nerfs périphériques vont augmenter l'excitabilité et la taille des aires motrices des muscles concernés [62, 63], confirmant qu'une stimulation sensorielle peut faciliter la récupération motrice.

2.3.2. Mécanismes de réorganisation après un AVC

Suite à un AVC, un certain nombre d'évènements physiologiques, biologiques et anatomiques vont se produire dans les régions étendues du cortex [64].

2.3.2.1. *Au niveau de l'hémisphère lésé*

Précocement après l'AVC, dans un délai de 3 à 4 semaines, des mécanismes locaux de récupération vont se mettre en place tels que la résorption de l'œdème, l'absorption du tissu nécrotique et la perfusion collatérale de l'aire lésée [65]. La disparition du diaschisis (abolition plus ou moins temporaire d'activité des neurones) [47] et la re-perfusion de la zone de

"pénombre" adjacente à la zone lésée sont aussi des mécanismes qui influencent la récupération.

Enfin, 3 à 56 mois après un accident ischémique, une activation importante de cette zone de pénombre péri-lésionnelle a été retrouvée chez les patients présentant une très bonne récupération motrice [66]. Un recrutement plus important des aires corticales secondaires telles que l'aire motrice supplémentaire, le cortex pré-moteur mais aussi le cortex moteur primaire de la main du côté atteint est mis en évidence [66, 67].

2.3.2.2. *Au niveau de l'hémisphère non atteint*

Après un AVC, Cramer [67,68] a montré que les mouvements de la main du côté atteint résultaient de 3 voies de réorganisation corticale qui peuvent être concomitantes. Les deux premières concernent l'hémisphère lésé avec une activation péri-lésionnelle et un recrutement des aires corticales secondaires (cf. ci-dessus). La troisième correspond à une augmentation de l'activité du cortex moteur ipsilatéral sain. D'autres études [69, 70] ont montré le lien entre l'activation de l'hémisphère non atteint et la récupération de la fonction de la main, avec une augmentation de l'activité du cortex sensorimoteur sain.

2.3.3. Influence de la rééducation sur la réorganisation cérébrale

Taub a été le premier en 1980 à montrer que l'utilisation de la contrainte du membre sain chez le singe accélérât la récupération du membre parétique [71]. Ces résultats ont été confirmés chez l'Homme par Wolf et al. [52] avec une amélioration fonctionnelle après thérapie contrainte.

Les résultats de Liepert et al. dans une étude utilisant la stimulation magnétique transcrânienne suggèrent un lien entre l'intervention en kinésithérapie et la réorganisation du cortex cérébral chez des personnes plusieurs années après AVC [72]. Les auteurs ont examiné le devenir de l'aire motrice du Court Abducteur du Pouce dans l'hémisphère lésé après thérapie par contrainte-induite impliquant une contrainte de la main saine et un entraînement du membre atteint. Ils ont rapporté une augmentation significative de la taille de cette aire associée à une

amélioration de la performance motrice de la main atteinte. Ces changements sont maintenus 6 mois plus tard, avec une activité de l'aire motrice corticale de l'hémisphère atteint identique au côté sain.

Une deuxième étude a observé les changements survenant dans le cerveau 4 à 8 semaines après un AVC lorsque l'usage de la main est rendu obligatoire par la contrainte du membre non atteint chez 9 personnes ayant une capacité modérée à utiliser leur main [73]. Après une semaine de contrainte du membre non atteint et de rééducation en kinésithérapie (non précisé), l'activité du cortex moteur dans l'hémisphère lésé est significativement plus importante. Associée à cette augmentation, une amélioration significative de la dextérité a été observée. Les auteurs ont suggéré que le facteur principal contribuant à la récupération était l'utilisation plus fréquente de la main atteinte.

Enfin, Nelles et al. ont cherché à identifier les changements d'activation du cortex cérébral après entraînement du membre supérieur parétique selon le "motor relearning program" de Carr et Shepherd. Cinq patients sans commande active du membre supérieur après AVC ischémique sous-cortical ont été comparés à 5 sujets sains bénéficiant d'un entraînement non-spécifique du membre supérieur [74]. Après 3 semaines de traitement, l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) a révélé une activité significativement plus importante du cortex pariétal inférieur controlatéral (aire 40 de Brodmann), de l'aire motrice primaire controlatérale et des aires pré-motrices (6 de Brodmann) controlatérales et ipsilatérales chez les patients AVC. Une augmentation importante mais non significative est aussi retrouvée au niveau du cortex pariétal inférieur ipsilatéral sain. Ces résultats confirment ceux de Liepert et al. quant à l'influence de la kinésithérapie sur la réorganisation cérébrale après AVC.

2.3.4. Conclusion

La capacité potentielle du cerveau à se réorganiser suite à une lésion cérébrale et l'influence des modèles d'utilisation et de "non-utilisation acquise" orientent la mise en œuvre d'une rééducation optimale de l'AVC [75, 76].

Carr et Shepherd précisent que la compréhension des processus sous-jacents à la réorganisation cérébrale permet d'intervenir sur les interactions qui pilotent les situations d'entraînement et d'apprentissage moteur. Les activités pourraient être conçues à partir de ces principes neurobiologiques et "ordonneraient" aux tissus intacts de prendre en charge la fonction atteinte.

2.4. Performances motrices après un AVC

Les études biomécaniques et physiologiques sur la fonction du membre supérieur après un AVC ont mis en évidence une faiblesse typique du membre supérieur [77, 78]. Cette faiblesse n'est pas plus importante en distal ou proximal, sur les extenseurs ou les fléchisseurs. Il n'y a pas de preuves que la récupération se fasse du proximal vers le distal.

Il y a une épargne relative de certains muscles proximaux qui ont une commande motrice bilatérale comme les adducteurs d'épaule (Grand Pectoral) [77]. Une étude de Colebatch et al. portant sur les influences cortico-spinales comparées de 2 muscles antagonistes (Deltoïde et Grand Pectoral), a montré que le Deltoïde a une projection corticale similaire à celle des muscles intrinsèques de la main [79]. Ces résultats corroborent l'observation clinique précoce qui retrouve plus souvent une adduction active d'épaule qu'une abduction.

La conduction rapide des neurones cortico-spinaux est préférentiellement atteinte dans les AVC [80]. Des temps de recrutement plus longs des muscles du membre supérieur (fléchisseurs et extenseurs radiaux du carpe, biceps et triceps brachiaux) et une difficulté à maintenir la contraction ont été observés [81, 82]. Ces résultats peuvent expliquer la lenteur des mouvements et la difficulté à maintenir la position du membre ou à serrer longtemps un objet qui sont communément observés chez ces patients.

Maintenir et contrôler la force de préhension mise en œuvre dans la saisie et le port d'objet est un problème. La force à produire pour l'action de préhension peut être lente à mettre en place, difficile à stabiliser au niveau requis pour une tâche spécifique et nécessite des changements irréguliers d'intensité [83]. Des déficits de coordination entre les articulations sont mis en évidence lors des actions de transport, avec des difficultés pour réaliser en douceur, de

manière continue et précise, des mouvements du membre supérieur guidés par la vue [84, 85, 86].

La diminution des amplitudes actives d'épaule observée après un AVC est compensée lors des actions de transport par une utilisation importante du tronc [86]. Michaelsen et al. [87] ont mis en évidence une diminution significative de l'extension du coude et du poignet couplée à une orientation plus frontale de la main ainsi qu'un déplacement antérieur et une rotation du tronc majorés dans l'action d'aller attraper un objet (Fig. 3). Un essai contrôlé randomisé récent [88] a d'ailleurs montré que la restriction des mouvements du tronc permettait une amélioration de l'extension du membre supérieur pour aller chercher un objet.

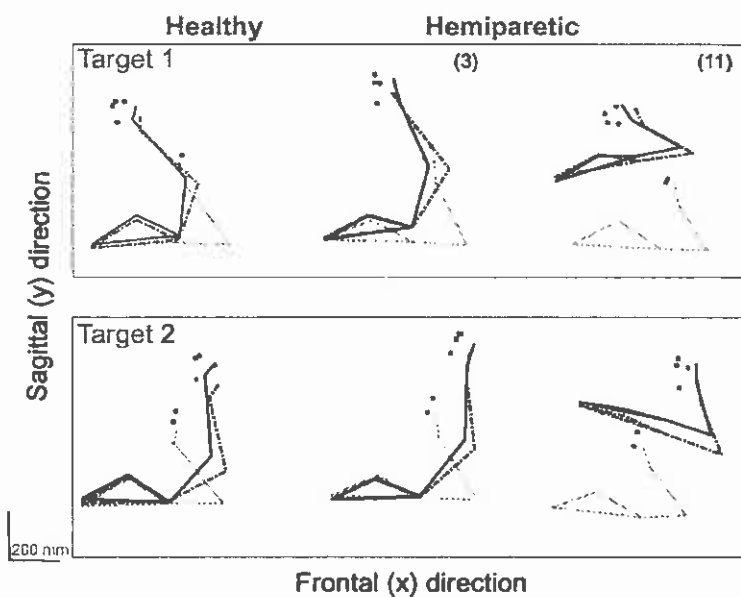


Figure 3. Analyse des mouvements du membre supérieur et du tronc dans l'action de transport chez des sujets sains ou sujets après un AVC [88].

Comparés à des sujets sains, les mouvements du membre supérieur après un AVC sont plus segmentés, moins précis et présentent une diminution de leur vitesse d'exécution [84, 87, 89, 90, 91]. Un retard à l'initiation du mouvement est retrouvé mais les pics de vitesse et de décélération ainsi que l'ouverture maximale de la main sont atteints plus précocement [89, 90, 91]. La période de décélération est plus longue car elle demande une sollicitation du feedback sensoriel interne qui est défaillant comparé à celui du sujet sain [90]. Cependant, après un AVC, les patients semblent conserver, comme les sujets sains, la même organisation spatio-temporelle du mouvement de la phase de transport et de la phase de préhension de l'objet [89, 90].

Pour une même taille d'objet, la durée du mouvement est augmentée chez l'AVC par rapport à des sujets sains. L'explication pourrait être le défaut d'activation volontaire des extenseurs du poignet retrouvé par Colebatch et al. [77].

Lors de mouvements de pointage ou visant à attraper un objet, des erreurs d'appréciations des distances sont retrouvées [90, 91] et une impossibilité à attraper des objets placés à 90 % de la longueur du membre supérieur a été mise en évidence [89].

Lors de son observation clinique, Trombly suggère qu'individuellement les muscles sont plus faibles pour certaines actions que pour d'autres, révélant leur activité tâche-dépendante [92]. Quelques preuves expérimentales vont dans ce sens et suggèrent une action des muscles synergiques. Une étude de Beer et al. a mis en évidence une activation synergique des fléchisseurs du coude associés aux abducteurs d'épaule ainsi que des extenseurs du coude associés aux adducteurs d'épaule [93].

Chez des enfants infirmes moteurs cérébraux, la performance motrice est meilleure lors de la réalisation d'une tâche concrète impliquant une interaction avec un objet comparée à une tâche sans objet [94]. Chez des patients ayant eu un AVC, Van Vliet et al. montrent que le mouvement est plus rapide pour une tâche concrète comme boire un verre d'eau que lors d'un mouvement abstrait (aller chercher un verre d'eau) [95]. Wu et al. montrent une meilleure performance du mouvement (plus rapide, plus "en ligne droite" et mieux programmé) lors de l'action de ramasser des pièces sur une table comparé au même mouvement exécuté sans les pièces [96].

Après un AVC, l'hyperactivité réflexe, les réactions associées ou les phénomènes de co-contractions retrouvés n'interfèrent pas nécessairement sur la fonction [97, 98]. Certaines thérapies actuellement utilisées sont basées sur la croyance que des exercices de renforcement sont contre-indiqués car augmentant la spasticité. Cependant, ni cette dernière, ni la raideur musculaire ne sont augmentées par des exercices actifs vigoureux. Ces phénomènes peuvent diminuer suite à des exercices ou à un entraînement intensif de tâches spécifiques [99, 100].

Des déficiences de perception sensorielle (en particulier tactile et proprioceptive) et des déficiences visuelles peuvent majorer les facteurs qui interfèrent sur le transport et la manipulation d'objets chez certaines personnes. Le contrôle de la force de préhension dépend des afférences sensorielles venant du pouce et des doigts et il a été montré expérimentalement que la régulation de la force de préhension est diminuée par la perte de ces afférences (anesthésie digitale) au niveau du pouce et de l'index [73].

Enfin, dès que la personne essaie de réaliser une action volontaire, des mouvements d'adaptation apparaissent. Le schéma de ces mouvements reflète la faiblesse musculaire, le défaut de coordination entre articulations, les perturbations biomécaniques, le manque de souplesse des articulations et des muscles en raison des changements de longueur des tissus mous et de la raideur musculaire.

3. RECOMMANDATIONS D'ENTRAÎNEMENT DE CARR ET SHEPHERD

3.1. Principes

La prise en charge kinésithérapique se construit sur des fondamentaux que sont l'anatomie et la biomécanique, pour analyser et connaître au mieux la performance motrice propre à chaque patient. La connaissance de la neurophysiologie cérébrale, de la physiopathologie de l'AVC et de la réorganisation après AVC sont autant d'éléments essentiels pour une prise en charge efficiente.

3.1.1. Groupe d'entraînement

Un constat : le patient est passif durant la majeure partie de la journée en dehors des séances de rééducation qui ne représentent qu'un faible pourcentage de temps sur une journée. Peu de changements sont observés entre 1980 et 1997. Ce constat amène à se demander si l'environnement rééducatif est suffisamment stimulant, s'il offre assez d'opportunités d'exercices et d'entraînement. En effet, ce que le patient fait en dehors des temps de rééducation a un impact significatif sur son devenir. Par exemple, la propulsion en fauteuil roulant par le côté

sain va à l'encontre des traitements dont le but est d'améliorer la force et le contrôle des membres atteints [101].

Carr et Shepherd préconisent en plus de séances individuelles limitées dans le temps, des séances de groupe avec une surveillance moindre du kinésithérapeute afin d'augmenter le temps d'entraînement quotidien, sans augmentation substantielle du temps du thérapeute. Au cours de ces séances, le patient peut travailler individuellement ou avec un autre patient sur différents postes de travail dans une même salle.

La séance de groupe peut être organisée en circuit dans lequel, pour chaque atelier en binôme, le patient alterne un temps d'observation et un temps de pratique. Cela semble être plus efficace qu'une pratique en séance individuelle [102]. La réalisation des exercices avec une autre personne permet un meilleur apprentissage et augmente la motivation du patient [103]. L'ajout d'une notion de compétition dans le binôme peut l'encourager à passer à un niveau de difficulté supplémentaire [103]. Les échanges dans le binôme sur les stratégies de réalisation des exercices augmentent leur implication dans cet apprentissage moteur et leur sens des responsabilités [103].

3.1.2. Tâche motrice et environnement

La tâche motrice (dans sa capacité à atteindre un but donné) va dépendre du contexte environnemental [16]. Gentile a proposé un modèle dénommé "taxonomie" dans lequel il différencie des tâches motrices fermées où l'environnement est stable et des tâches motrices ouvertes où l'environnement est variable [16]. Les contraintes de l'environnement influencent la biomécanique de la tâche et il est important de faire varier les conditions environnementales des exercices afin d'augmenter la flexibilité, la faculté d'adaptation du patient et donc la facilité à résoudre des problèmes moteurs.

Si le patient présente des difficultés à répéter une tâche ou à activer certains muscles, il faut diminuer la difficulté de la tâche en modifiant celle-ci ou les conditions environnementales de sa réalisation.

3.1.3. Répétition des exercices et des tâches

C'est un aspect important de la rééducation. La répétition des exercices et des tâches spécifiques dans un contexte précis a une action facilitatrice sur la contraction des muscles qui implique une amélioration des performances [104, 105, 106].

Précocement après un AVC, la répétition des exercices et des tâches spécifiques est nécessaire pour les (ré)apprendre et entraîner la réorganisation cérébrale. Un soutien du thérapeute et un feedback visuel sur ses performances sont des éléments importants pour motiver le patient.

3.1.4. Contrainte du membre non-parétique

Les exercices et tâches unilatérales peuvent être réalisés avec une mise en contrainte du membre non-parétique chez les patients présentant une commande active des extenseurs du poignet et des doigts et qui ont des difficultés à avoir une utilisation fonctionnelle du membre atteint en dehors des séances de rééducation.

Il existe de nombreuses preuves de l'efficacité de la combinaison d'exercices intensifs de tâches orientées avec mise en contrainte du membre non atteint. La justification de cette approche est que la non-utilisation du membre parétique implique une suppression conditionnée du mouvement [71], encore dénommé phénomène de non-utilisation acquise. L'utilisation préférentielle du membre sain après un AVC peut pérenniser ce phénomène.

En résumé, une unité de rééducation doit fournir :

- un environnement stimulant et motivant pour faciliter l'interaction sociale et la participation active,
- des équipements permettant des exercices répétés de tâches spécifiques et un entraînement permettant d'optimiser les compétences motrices,
- des interventions variées, en groupe ou non, avec matériel électronique, etc.

3.2. Moyens

3.2.1. Étirement des tissus mous

De brefs étirements passifs sont réalisés avant le début d'une séance afin de contrôler l'hypo-extensibilité musculaire et tout au long des exercices suivant les besoins (Tableau 1).

Muscles	Procédure d'étirement
Longs Fléchisseurs des Doigts, Fléchisseurs du Poignet, ADDucteurs du Pouce	Bref étirement avec la main sur un mur ou sur une table
Pronateurs	Avant-bras en supination sur une table. Veiller à ce que le muscle Rond Pronateur soit bien étiré.
Adducteurs et Rotateurs Médiaux de l'épaule	En position assise, étirement en abduction, rotation latérale, extension du coude
<i>L'étirement est maintenu durant 20 sec et répété 4 ou 5 fois</i>	

Tableau 1. Modalités des étirements passifs et muscles concernés [10].

Les étirements sont aussi réalisés tout au long des exercices actifs. La première commissure de la main est étirée lors des exercices impliquant la tenue d'objets de différentes tailles : plus l'objet est volumineux, meilleur est l'étirement.

Les patients avec une diminution importante de la force musculaire, particulièrement des muscles de l'articulation scapulo-humérale (SH), ont besoin de périodes plus fréquentes d'étirements passifs et de postures dans la journée (Tableau 2).

Muscles	Procédure de posture
Pronateurs	Positionnement intermédiaire en prono-supination avec l'avant-bras dans une gouttière quand il est au fauteuil roulant.
Adducteurs du Pouce et 1 ^{ère} commissure	Maintien du pouce en abduction à l'aide d'un petit rouleau de plastique entourant celui-ci.
Adducteurs et Rotateurs Médiaux de l'épaule	- Avant-bras en supination, mains derrière la tête. - Bras posé sur une table à 90° d'abduction, coude tendu, avant-bras en supination.
<i>La posture est maintenue durant 20 à 30 min.</i>	

Tableau 2. Modalités des postures et muscles concernés [10].

3.2.2. Favoriser, stimuler l'activité musculaire

Des mouvements analytiques répétés ou des contractions isométriques d'un doigt ou du poignet peuvent avoir un effet facilitant sur le cortex moteur (meilleure réponse en amplitude à des potentiels évoqués moteurs) [80].

Le biofeedback par EMG [107] peut être utile dans le cadre de ces exercices pour aider le patient à activer un muscle très faible ; le signal repéré de ces muscles faibles peut l'inciter à produire un mouvement.

L'électrostimulation (ES) est effectuée dans la journée pour recruter les muscles clés : Extenseurs du poignet et Long Extenseur des doigts, Court Abducteur du pouce, Deltoïde et Supra-épineux. L'électrostimulation préserve la contractilité des fibres musculaires. Elle peut être faite avec un minimum de supervision fournissant un moyen supplémentaire d'augmenter le temps consacré au recrutement musculaire.

Les exercices sollicitant l'image mentale du mouvement au cours desquels des actions simples sont récitées "dans la tête" peuvent aider certains patients en les amenant à se concentrer sur l'action à réaliser [108].

3.2.3. Exercices de tâches spécifiques

Des exercices simples, en fonction des possibilités du patient, peuvent aider à recouvrer une commande motrice. Carr et Shepherd proposent des exercices spécifiques pour chaque mouvement du membre supérieur (épaule, coude, avant-bras, poignet, préhension).

3.2.3.1. *Pour la commande du poignet*

L'extension du poignet est importante pour attraper, manipuler et lâcher des objets.
Patient assis avec le bras sur la table,

Exercices :

- *Lever un verre de la table en réalisant une inclinaison radiale du poignet, avant-bras en position intermédiaire et le placer alternativement à droite et à gauche par extension et flexion du poignet,*
- *Poser un verre sur la table et le toucher en étendant le poignet,*
- *Taper sur la table avec tous les doigts.*

Vérification : empêcher la flexion du poignet sauf si elle est requise pour l'exercice.

Commentaire : mettre en place des cibles indiquant où diriger le mouvement, où placer le verre.

3.2.3.2. *Pour la commande de l'avant-bras*

La position naturelle de l'avant-bras au repos est en pronation. Des exercices sont nécessaires pour permettre la réalisation d'une supination active et pour conserver une longueur fonctionnelle du muscle Supinateur.

Exercices :

- *Encourager la supination et le creusement de la main (cupping) en versant des graines dans la paume de la main non-parétique,*

Vérification : empêcher l'élévation de l'avant-bras de la table.

- *Taper sur un tambourin.*

3.2.3.3. *Pour la commande de la force de préhension*

Certaines tâches nécessitent un contrôle de la force de préhension. Les tâches suivantes sont susceptibles d'entraîner la conscience, le ressenti de la force appliquée lorsque le patient fait attention à la forme de la tasse.

Exercice :

- *Tenir un gobelet en plastique rempli d'eau sans le plier, le transférer dans l'autre main et le placer à un endroit donné.*
- *Encourager le patient à ne pas renverser l'eau.*

Vérification : Le gobelet ne doit pas se déformer.

3.2.3.4. Pour la commande de l'épaule et du coude

Des exercices de déplacement sont réalisés en position assise, avant-bras en appui sur la table, sollicitant les mouvements de l'épaule et de flexion / extension du coude.

Verre d'eau dans la main, table positionnée contre le corps, épaule à 90° d'abduction.

Exercices :

- *Déplacer le verre dans différentes directions (vers le corps, sur le côté), pour atteindre des cibles, en gardant l'avant-bras en position intermédiaire de pronation/supination. Contrôler la flexion d'épaule.*
- *Déplacer le verre vers l'arrière et vers l'avant pour toucher des cibles en fléchissant ou en étendant le coude.*

Commentaire : Attraper des objets placés plus latéralement nécessite une rotation latérale de l'épaule plus importante.

Lorsque le patient a une certaine commande motrice de l'épaule, les exercices sont réalisés afin d'entraîner par exemple le Deltôïde et les muscles synergiques (Trapèze Supérieur) sur de petites amplitudes. Les objets sont alors placés de telle sorte qu'ils "obligent" le patient à effectuer le mouvement voulu.

3.2.4. Exercices de manipulation et de dextérité

Il existe de nombreuses activités qui peuvent être utilisées pour augmenter la vitesse et la précision d'un mouvement améliorant habilité et dextérité. Voici quelques exemples donnés par Carr et Shepherd pouvant être utilisés dans le cadre d'un programme d'entraînement lors d'une période de contrainte du membre supérieur non-atteint.

Exercices :

- *Effectuer des exercices de tapotement des doigts,*
- *Travail de dissociation entre les parties radiale et ulnaire de la main : tenir des graines dans la paume de la main et les verser dans un plat. Ecoper, faire glisser des pièces de la table dans la paume de la main non-atteinte (changer les mains).*
- *Tenir, ramasser différents objets entre le pouce et le(s) doigt(s) et les placer à des endroits différents,*

- *Ramasser de larges objets à un endroit de la table et les placer de l'autre côté : faire varier le poids et/ou la distance de déplacement,*
- *Chronométrer un autre membre du groupe,*
- *Réaliser des tâches plus complexes comme utiliser un clavier, marcher en tenant un verre d'eau, etc...*

3.2.5. Exercices bi-manuels

Dès que le patient a la capacité de réaliser des mouvements simples avec le membre atteint, l'entraînement bi-manuel doit débuter. L'ergomètre pour les membres supérieurs peut être utilisé avec une commande motrice minimale. Si nécessaire, la main est bandée sur un guidon. Des exercices variés comme tenir journal, marcher avec un plateau, plier une serviette sont proposés.

L'analyse des performances motrices du patient est indispensable pour identifier les éléments empêchant la bonne exécution de la tâche et envisager un réapprentissage adapté de l'utilisation d'un objet (*brosse à dents, peigne, ...*).

Enfin, une étude de Kilbreath et Heard a montré que les personnes âgées sans lésions cérébrales utilisent préférentiellement leurs mains de manière bilatérale dans les activités de la vie quotidienne, avec une utilisation plus importante de la main dominante [109].

3.2.6. Renforcement musculaire

La recherche de la force musculaire du membre supérieur après un AVC est envisageable chez les patients présentant une certaine commande motrice. L'amélioration du recrutement musculaire précède le renforcement musculaire qui concerne plus particulièrement les muscles impliqués dans des tâches où le bras est sollicité en élévation ou lors de la prise et la tenue d'objets.

La quantité et l'intensité des exercices sont définies en fonction des capacités du patient. L'objectif est de tendre vers 3 séries de 10 répétitions. Ce renforcement n'augmente pas la

spasticité. Les exercices avec des bandes élastiques de résistances différentes sont intéressants car ils s'adaptent à de nombreux patients.

3.2.7. Prévention des douleurs d'épaule

Des douleurs d'épaule et de poignet peuvent être la conséquence de la faiblesse musculaire, de l'immobilité et de l'inactivité tissulaire. La mise en place de ce syndrome douloureux de l'épaule se fait majoritairement dans les 20 jours après l'AVC [110]. La sub-luxation apparaît dans les 3 semaines [111].

La douleur d'épaule est connue pour avoir un effet négatif sur la récupération fonctionnelle [112, 113]. La cause principale de douleur est le développement d'une capsulite rétractile [114]. La raideur et le raccourcissement des muscles rotateurs médiaux – adducteurs d'épaule et la diminution de force des rotateurs latéraux – abducteurs d'épaule sont associés au tableau douloureux [115]. La diminution de la sub-luxation est en rapport avec l'augmentation de l'abduction active d'épaule et la récupération motrice [116].

Toute plainte douloureuse au niveau de l'épaule doit être investiguée et traitée comme s'il s'agissait d'un sujet sain. Un programme standardisé de prévention des douleurs d'épaule mettant l'accent sur des exercices actifs en rotation latérale, abduction, flexion avec des périodes d'étirements passifs peut être le meilleur moyen de prévenir le développement de douleurs d'épaule [10].

Les écharpes sont fréquemment utilisées comme moyen de prévention de la sub-luxation. Différents types de contention cherchent à la corriger dans une certaine mesure mais sans preuves de leur action préventive. L'utilisation d'une écharpe ou d'un soutien précoce lorsque le membre supérieur n'a pas ou peu d'activité volontaire peut cependant être préconisé. Le port éventuel d'un brassard de maintien d'épaule la stabilise lors des transferts ou durant l'activité de marche sans restreindre les mouvements du membre supérieur. Le bras est posé sur une table lorsqu'il est assis ou installé sur une gouttière, avant-bras en position intermédiaire quand il est au fauteuil roulant.

L'application de bandes non-élastiques (appliquées sur des bandes hypoallergéniques) au niveau de l'épaule peut fournir un soutien et un confort chez les patients ayant une certaine commande volontaire du membre supérieur atteint.

4. DISCUSSION

La répétition de tâches spécifiques constitue un des piliers des recommandations de Carr et Shepherd. La pratique de tâches spécifiques à un contexte, à un objet est justifiée par la biomécanique du membre supérieur, la neurophysiologie et la plasticité cérébrale permettant une réorganisation corticale après AVC [10]. Malgré cela, cette pratique est-elle efficace ? Y-a-t-il une amélioration de la fonction du membre supérieur après AVC induit par la répétition de tâches ? Dans une revue Cochrane, French et al. ont fait le point sur les études publiées jusqu'en 2006 concernant la répétition de tâches tant au membre supérieur qu'au membre inférieur [6]. Leurs conclusions sont que les tâches spécifiques répétées ont un effet faible mais légèrement non significatif sur la fonction du bras, un effet faible et non significatif sur la fonction de la main et qu'ils ne peuvent pas faire de recommandations concernant la rééducation du membre supérieur après AVC. Ces résultats sont à nuancer avec les évolutions de la rééducation neurologique et notamment la mise en place de la thérapie contrainte.

Ils posent aussi différentes questions : *l'intensité (nombre de répétitions, durée) des exercices est-elle suffisante ? Quelle est la motivation et l'implication du patient ? Quelles tâches finalisées sont utilisées ? D'après les données neurophysiologiques, un entraînement bilatéral est-il plus efficace ? Les tâches finalisées constituent-elles une modalité efficace lorsqu'elles sont couplées aux autres techniques ?*

Une lecture plus précise de différents essais contrôlés randomisés [117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124] montre que la durée d'activité est très variable, allant de 5 fois 20 minutes [124] à 5 fois 6 heures par semaine [121] mais surtout que le temps total d'activité ne dépasse en général pas les 20 heures d'exercices (pour un entraînement allant de 2 à 20 semaines suivant les études), ce qui est relativement faible (Annexe I). De même, le nombre de répétitions ou le nombre d'exercices varie de manière importante d'une étude à l'autre. Ces différences aussi mises en évidence par Van der Lee et al. amènent à se questionner sur l'impact de l'intensité de

la rééducation sur la récupération après un AVC [125]. Une méta-analyse de Kwakkel et al. a montré que dans les études portant sur la répétition d'exercices ou de tâches, le groupe expérimental bénéficie en moyenne de 48 minutes de kinésithérapie et 23 minutes d'ergothérapie en plus par jour durant environ 3 mois, soit une durée totale d'environ 16 heures supplémentaires par patient [126]. Les résultats suggèrent une amélioration significative sur les activités de la vie quotidienne pour les études avec un temps d'exercice significativement plus long. Une autre méta-analyse, plus récente, de Galvin et al. a confirmé ces résultats en précisant que ces améliorations sont maintenues sur une période de 6 mois [127].

Quels sont les moyens permettant d'augmenter l'intensité de la prise en charge ? Une étude a montré que la réalisation des programmes de traitement de réadaptation sur 7 jours par semaine (au lieu de 5) est plus efficace en termes de résultats dans les activités de la vie quotidienne [128], ce qui semble peu applicable en France. Néanmoins, des exercices complémentaires peuvent être enseignés à la famille du patient comme l'a proposé l'étude très récente de Galvin et al. sous le nom de "Family-Mediated Exercise Intervention" (FAME) [129]. Chaque patient dans le groupe FAME réalise en moyenne 227 ± 34 minutes d'exercices supplémentaires par semaine (programme de 8 semaines), soit 32 minutes par jour. Une amélioration significativement plus importante de la distance au test de marche de 6 minutes et une diminution significativement plus importante de la charge pour les soignants sont mises en évidence. Par ailleurs, la réalisation de séances de groupe sous forme d'ateliers dénommés "circuit class therapy" (CCT) constitue un autre moyen d'augmenter le temps de prise en charge. Une revue Cochrane publiée en 2010 et incluant 6 études met en évidence une augmentation significative de la vitesse de marche et de la montée de marches d'escalier dans les premiers mois post-AVC avec des séances type CCT [130]. Deux des études incluses dans la méta-analyse ont rapporté 12 chutes sur les 131 participants (groupes contrôle et expérimental). Seule une étude d'English et al. a utilisé un protocole avec des exercices pour le membre inférieur et le membre supérieur (représentant un quart du temps total d'entraînement), sans montrer d'amélioration significative d'utilisation du membre supérieur par rapport au groupe recevant des séances individuelles [131]. Par ailleurs, ce type de séance n'a pas d'incidence sur la présence ou la sévérité des douleurs d'épaule [132]. Une étude récente a proposé des séances de groupe spécifiques pour le membre supérieur réalisée à l'aide d'appareils mécaniques (Reha-Slide[®], Bi-Manu-Track[®], Reha-Digit[®], Reha-Slide Duo[®]) dans le cadre d'un

"Arm Studio" [133]. Cette pré-étude montre une très bonne acceptation et motivation des patients ainsi qu'une amélioration des performances du membre supérieur mais d'après les auteurs d'autres études sont nécessaires pour montrer l'efficacité de ce programme [133]. Enfin, Van Peppen et al. ont montré que l'augmentation du temps de prise en charge dans le cadre de la réalisation de tâches finalisées peut se faire grâce à la mise en place d'un traitement par thérapie contrainte [7].

En posant l'hypothèse d'une intensité de prise en charge suffisante et efficace, il faut poser la question de la participation, de la motivation du patient à poursuivre une activité en dehors ou après sa rééducation. En effet, l'activité du patient à distance de son AVC est faible, ne permettant pas de maintenir les bénéfices atteints [134]. Néanmoins, Langhammer et al. ont montré les premiers que dans le cadre d'une étude où 2 groupes de patients bénéficient une rééducation classique versus un programme intensif avec tâches fonctionnelles, les bénéfices a un an sont quasiment identiques. Cela s'explique principalement par l'augmentation du nombre de patients dans le groupe "rééducation classique" qui s'auto-entraînent montrant ainsi leur motivation et leur implication [135]. Morris et Williams précisent que plusieurs études incluent des stratégies pour augmenter l'adhésion au traitement à court terme comme la résolution de problèmes, la tenue d'un contrat moral ou d'un journal mais très peu proposent des stratégies à long terme [134]. Ce défaut de transmission de stratégies permettant la transition entre les exercices supervisés et l'auto-rééducation est en partie responsable de l'absence de poursuite d'activité des patients [134]. Différentes stratégies comme le conseil, l'information, les techniques comportementales, les supports d'éducation, les programmes vidéo ont été testés chez des populations présentant des incapacités variées et ont montré leur efficacité. Cependant, il est difficile de savoir lesquelles sont transposables aux patients AVC pour Morris et Williams [134].

L'étude de la participation des patients à des activités physiques débute à peine. Shaughnessy et al. ont montré que la connaissance des résultats et la conviction de pouvoir réaliser certaines tâches (self-efficacy) influencent l'activité physique et leur comportement [136]. Morris et Williams proposent 2 stratégies, l'une basée sur des stratégies motivationnelles, l'autre sur le modèle trans-théorique du changement de comportement qui est un processus en 5 étapes allant de la pré-considération au maintien du changement. L'efficacité de ce dernier est

prouvée en réhabilitation cardiaque ou chez le diabétique mais pas encore chez l'AVC [134]. Enfin, l'étude de Pound et al. montre que le kinésithérapeute a la compétence pour développer et tester ces stratégies mais aussi qu'il peut être le pivot central de leur mise en œuvre influençant l'abord de l'activité physique en la fin de la prise en charge [137] ou dans le cadre d'une mise en place de réseaux spécifiques permettant la poursuite d'activités comme celles pour les diabétiques ou les opérés cardiaques [134].

En se basant sur les données neurophysiologiques de réorganisation du cortex cérébral et sur les résultats des études concernant les tâches uni-manuelles, nous pouvons nous demander si l'entraînement bi-manuel est plus efficace. Summers et al. [138] comparent les effets d'un entraînement uni-manuel versus un entraînement bi-manuel (chez des patients de 1 à 16 ans après AVC) et mettent en évidence une amélioration significative de la fonction du membre, ainsi qu'une diminution non-significative de la durée du mouvement pour le groupe "bi-manuel". Ils ont aussi montré que la réduction de l'activité de l'hémisphère sain est associée à une amélioration de la fonction du membre supérieur particulièrement dans le groupe bi-manuel [138]. Ces résultats sont nuancés par l'essai contrôlé randomisé de Morris et al. qui ne montre pas de bénéfices supplémentaires de l'entraînement bi-manuel chez des patients 2 à 4 semaines après leur AVC avec une atteinte importante du membre supérieur [124]. La population n'étant pas semblable, il est difficile de conclure actuellement. Très récemment, Wu et al. ont comparé les effets de 3 techniques (thérapie contrainte, entraînement bi-manuel, technique neuro-développementale) sur 66 patients après AVC [139]. Après traitement, les groupes "thérapie contrainte" et "bi-manuel" montrent une meilleure cinématique du membre supérieur atteint ainsi qu'une meilleure force à l'initiation du mouvement pour les tâches uni- ou bi-manuelles pour le groupe "bi-manuel" comparées au groupe "neuro-développemental". Seul le groupe "thérapie contrainte" a montré à une capacité significative à réaliser des tâches fonctionnelles définies ainsi qu'une meilleure utilisation du membre supérieur atteint par rapport aux 2 autres groupes [139].

L'entraînement uni-manuel du membre supérieur atteint par tâches finalisées avec thérapie contrainte semble être la technique de choix. Qu'en est-il exactement ? Une revue Cochrane de Corbetta et al. [4] analyse 19 essais contrôlés randomisés publiés jusqu'en juin 2008 sur le traitement par thérapie contrainte du membre supérieur du patient AVC. Les

conclusions de la méta-analyse révèlent que la thérapie contrainte a des effets positifs significatifs sur la fonction du membre supérieur atteint, sur son intensité et sa qualité d'utilisation. Cependant, les auteurs précisent qu'il n'y a pas de preuves de bénéfices après 6 mois, que les bénéfices retrouvés ne sont pas uniquement dus à la contrainte et qu'il est difficile de savoir si c'est le type ou l'intensité des exercices qui contribue le plus à l'amélioration des performances du membre supérieur atteint.

Les tâches finalisées permettent une réorganisation du cortex cérébral après AVC [72, 73, 74] mais ont une efficacité faible [6] et des modalités imprécises. La stimulation électrique fonctionnelle (SEF) a démontré son efficacité pour améliorer la commande motrice du poignet et des doigts que ce soit précocement ou à distance d'un AVC [5, 140]. Est-il plus efficace de coupler tâches finalisées et stimulation électrique ? Quasiment aucune étude avec un haut niveau de preuve appliquant la SEF sur le membre supérieur n'a demandé au patient une action définie dans un contexte donné [140]. L'étude d'Alon et al. compare les effets d'un entraînement par tâches finalisées versus tâches finalisées avec SEF et montre une amélioration plus importante de la récupération du membre supérieur après AVC ischémique pour le groupe "tâches finalisées et SEF" [140]. Une étude de Trasher et al. compare l'utilisation de la SEF avec tâches finalisées versus thérapie conventionnelle (neuro-développementale, répétition de tâches spécifiques, électrostimulation à visée de renforcement musculaire) [141]. Le traitement par SEF et tâches finalisées améliore de manière significativement plus importante la fonction de la main, la force de préhension et permet un meilleur contrôle des doigts.

Enfin, nous avons beaucoup utilisé le terme de tâches finalisées au cours de ce travail, mais au fur et à mesure de nos lectures, nous avons constaté que de nombreux termes existent et que ce terme peut correspondre à des situations d'exercices différentes. Timmermans et al. ont identifié les composantes utilisées dans les essais contrôlés randomisés utilisant les tâches finalisées ou orientées pour améliorer la fonction du membre supérieur après AVC [142]. 15 composantes différentes sont identifiées au sein des 17 études retenues. Plusieurs peuvent être couplées au sein d'une même étude. Les composantes les plus utilisées sont la composante fonctionnelle correspondant à un mouvement impliquant l'exécution d'une tâche qui n'est pas directement dirigée vers une activité de la vie quotidienne et "movement planes" qui est définie comme un mouvement utilisant plus d'un degré de liberté d'une articulation. Des composantes

impliquant des objets de la vie quotidienne (real-life object) ou avec des objectifs à réaliser dans la vie quotidienne (clear functional goal, par exemple faire la vaisselle) pouvant paraître essentielles ne sont présentes que dans deux tiers des études [142].

5. CONCLUSION

La rééducation du membre supérieur après AVC repose sur des données scientifiques importantes permettant une meilleure compréhension de la réorganisation cérébrale post-lésionnelle, des composantes biomécaniques et des performances motrices lors de tâches précises, de la réorganisation cérébrale et de la performance motrice après AVC. Ces données ont constitué la base des recommandations de Carr et Shepherd qui malgré leur publication en 2003 semblent plus que jamais d'actualité.

Comme nous avons pu l'exposer dans la discussion, de nombreux aspects de la rééducation du membre supérieur par tâches finalisées restent à investiguer dans de futurs travaux comme le contenu même de celles-ci, l'intensité de la prise en charge, l'électrostimulation, la place de l'entraînement bi-manuel mais aussi les techniques d'imagerie mentale ou par robot-assisté, etc. Ces éléments devront être intégrés dans des processus d'apprentissage moteur associant des stratégies motivationnelles adaptés à chaque patient.

Un aspect de la rééducation après AVC n'a pas été abordé ici mais apparaît fondamental : il concerne la prise en charge cognitive et comportementale des patients qui présentent ces lésions vasculaires cérébrales. Dans le cadre d'une rééducation globale et efficace, cette prise en charge associée à l'approche de Carr et Shepherd est sans doute amenée à s'intégrer de manière plus importante dans la pratique du kinésithérapeute.

Rien n'est figé en rééducation neurologique, tout évolue et c'est par une connaissance accrue de la neurophysiologie que le kinésithérapeute améliorera la prise en charge quotidienne des patients AVC.

BIBLIOGRAPHIE

*L'astérisque * signale les articles cités par Carr et Shepherd dans leur ouvrage. Nous avons trouvé important de mettre à disposition cette littérature riche. Une partie de ces articles n'a pu être lue.*

- [1] OUJAMAA A, RELAVE I, FROHER J, MOTTET D, PELISSER J-Y. *Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review.* Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 2009; 52:269–293.
- [2] HARRIS J, ENG J. *Strength Training Improves Upper-Limb Function in Individuals With Stroke : A Meta-Analysis.* Stroke, 2010; 41:136-140.
- [3] COUPAR F, POLLOCK A, VAN WIJCK F, MORRIS J, LANGHORNE P. *Simultaneous bilateral training for improving arm function after stroke.* Cochrane Database of Systematic Reviews 2010, Issue 4.
- [4] SIRTORI V, CORBETTA D, MOJA L, GATTI R. *Constraint-induced movement therapy for upper extremities in stroke patients.* Cochrane Database of Systematic Reviews 2009, Issue 4.
- [5] MEHRHOLZ J, PLATZ T, KUGLER J, POHL M. *Electromechanical and robot-assisted arm training for improving arm function and activities of daily living after stroke.* Cochrane Database of Systematic Reviews 2008, Issue 4.
- [6] FRENCH B, THOMAS LH, LEATHLEY MJ, SUTTON CJ, McADAM J, FORSTER A, LANGHORNE P, PRICE CIM, WALKER A, WATKINS CL. *Repetitive task training for improving functional ability after stroke.* Cochrane Database of Systematic Reviews 2007, Issue 4.
- [7] VAN PEPPEN RPS, KWAKKEL G, WOOD-DAUPHINEE S, HENDRICS HJM, VAN DER WEES PHJ, DEKKER J. *The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence?* Clin Rehabil, 2004; 18:833-862.
- [8] CARR JH, SHEPERD RB. *A Motor Relearning Programme for Stroke*, 2nd edition, Butterworth-Heinemann, Oxford 1987.
- [9] CHAN DY, CHAN CC, AU DK. *Motor relearning programme for stroke patients: a randomized controlled trial.* Clin Rehabil, 2006 Mar;20(3):191-200.

- [10] CARR JH, SHEPHERD RB. *Stroke Rehabilitation Guidelines for Exercise and Training to Optimize Motor Skill*. Oxford: Butterworth Heinemann; 2003.
- [11] CARR JH, SHEPHERD RB. *Rééducation neurologique : les données de la science pour la pratique clinique*. Kinésithérapie, la Revue; 2005 Mar; 38-39(5):42-49.
- [12] CARR JH, SHEPHERD RB. *Optimisation de la performance motrice de la marche après un accident vasculaire cérébral : l'entraînement des membres inférieurs pour l'appui, l'équilibre et la propulsion*. Kinésithérapie, la Revue; 2005 Sept; 44-45(5):20-32.
- [13]* BERNSTEIN N. *The Coordination and Regulation of Movements*. Pergamon Press, London; 1967.
- [14]* LATASH LP, LATASH ML. *A new book by N. A. Bernstein: "On dexterity and its development"*. J Mot Behav, 1994 Mar; 26(1):56-62.
- [15]* KELSO JAS, BUCHANAN JJ, MURATA T. *Multifunctionality and switching in the coordination dynamics of reaching and grasping*. Hum Mov Sci, 1994 Feb; 13(1):63-94.
- [16]* GENTILE AM. *Skill acquisition : action, movement, and neuromotor processes*. In *Movement Science Foundations for Physical Therapy in Rehabilitation*. PRO-ED Austin, TX, 2nd edition, 1987, pp 111-187.
- [17] ANGLIN C, WYSS U. *Arm motion and load analysis of sit-to-stand, stand-to-sit, cane walking and lifting*. Clin Biomech, 2000 Jul; 15(6):441-448.
- [18]* JEANNEROD M. *Intersegmental coordination during reaching at natural visual objects*. In *Attention and Performance*. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1991, pp 153-168.
- [19] VAN DE KAMP C, ZAAL TJM F. *Prehension is really reaching and grasping*. Exp Brain Res, 2007; 182:27-34.
- [20] TRESILIAN JR, STELMACH GE. *Common organization for unimanual and bimanual reach-to-grasp tasks*. Exp Brain Res, 1997; 115:283-299.
- [21] BOOTSMA R, VAN WIERINGEN P. *Spatio-temporal organization of natural prehension*. Hum Mov Sci, 1992 Feb; 11(1-2):205-215.
- [22]* WING AM, FRASER C. *The contribution of the thumb to reaching movements*. Quart J Exp Psychol, 1983 May; 35(Pt 2):297-309.
- [23]* WING AM, TURTON A, FRASER C. *Grasp Size and accuracy of approach in reaching*. J Motor Behav, 1986 Sep; 18(3):245-60.
- [24]* SMEETS JBJ, BRENNER E. *A new view on grasping*. Motor Control, 1999 Jul; 3(3):237-71.

- [25] ROSENBAUM DA, MEULENBROEK RJG, VAUGHAN J, ELSINGER C. *Approaching grasping from different perspectives*. Motor Control, 1999 Jul; 3(3):289–297.
- [26] MARTENIUK RG, BERTRAM CP. *On achieving strong inference in prehension research*. Motor Control, 1999 Jul; 3(3):272–275.
- [27] STEENBERGEN B. *What can be learned from Smeets and Brenner's model about the control of grasping?* Motor Control, 1999 Jul; 3(3):302-6;
- [28]* CASTIELLO U, BENNETT KMB, STELMACH GE. *The bilateral reach to grasp movement*. Behav Brain Res, 1993; 56:43-57.
- [29]* JOHANSSON RS, WESTLING G. *Programmed and triggered actions to rapid load changes during precision grip*. Exp Brain Res, 1988; 71:72-86.
- [30] BINGHAM P, HUGHES K, MON-WILLIAMS M. *The coordination patterns observed when two hands reach-to-grasp separate objects*. Exp Brain Res, 2008; 184:283–293.
- [31] MASON A, BRUYN J. *Manual asymmetries in bimanual prehension tasks: manipulation of object size and object distance*. Hum Mov Sci, 2009 Feb; 28(1):48-73.
- [32] JACKSON M, JACKSON R, KRITIKOS A. *Attention for action: Coordination of bimanual reach-to-grasp movements*. Br J Psychol, 1999 May; 90 (Pt 2):247-270.
- [33] MASON A, GRABOWSKI P. *Perturbation of object location during bimanual prehension: the role of visual feedback*. Hum Mov Sci, 2010 Aug; 29(4):502-517.
- [34]* NAPIER JR. *The prehensile movement of the human hand*. J Bone Jt Surg, 1956 Nov; 38(4):902-913.
- [35]* BENDZ P. *The functional significance of the fifth metacarpus and hypothenar in two useful grips of the hand*. Am J Phys Med Rehabil, 1993 Aug; 72(4):210-3.
- [36]* LEMON RN, BENNETT KM, WERNER W. *The cortico-motor substrate for skilled movements of the primate hand*. In *Tutorials in Motor Neuroscience*. Kluwer, Dordrecht, 1991, pp 477-495.
- [37]* LI ZM, LATASH ML, NEWELL KM et al. *Motor Redundancy During Maximal Voluntary Contraction in four-finger tasks*. Exp Brain Res, 1998; 122(1):71-78.
- [38]* LI ZM, LATASH ML, ZATSIORSKY VM . *Force sharing among fingers as a model of the redundancy problem*. Exp Brain Res, 1998; 119(3):276-286.
- [39]* ZATSIORSKY VM, Li ZM, LATASH ML. *Coordinated production in multi-finger tasks: finger interaction and neural network modeling*. Biol Cybern, 1998 Aug; 79(2):139-50.

- [40]* JOHANSSON RS, RISO R, HAGER C et al. *Somatosensory control of precision grip during unpredictable pulling loads. I. Changes in load force amplitude.* Exp Brain Res, 1992; 89(1):181-191.
- [41]* JOHANSSON RS, HAGER C, RISO R et al. *Somatosensory control of precision grip during unpredictable pulling loads. II. Changes in load force rate.* Exp Brain Res, 1992; 89(1):192-203.
- [42]* JOHANSSON RS, HAGER C, BACKSTROM L. *Somatosensory control of precision grip during unpredictable pulling loads. III. Impairments during digital anesthesia.* Exp Brain Res, 1992; 89(1):204-13.
- [43]* JOHANSSON RS, WESTLING G. *Roles of glabrous skin receptors and sensorimotor memory in automatic control of precision grip when lifting rougher or more slippery subjects.* Exp Brain Res, 1984; 56(3):550-64.
- [44]* JOHANSSON RS, WESTLING G. *Tactile afferent signals in the control of precision grip. In Attention and Performance.* Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1990, pp 677-713.
- [45]* JENKINS WM, MERZENICH, OCHS MT et al. *Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviorally controlled tactile stimulation.* J Neurophysiol, 1990; 68:82-104.
- [46]* JOHANSSON BB. *Brain plasticity and stroke rehabilitation : the Willis lecture.* Stroke, 2000; 31:223-230.
- [47]* NUDO RJ, PLAUTZ EJ, FROST SB. *Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex.* Muscle Nerve, 2001; 8:1000-1019.
- [48]* HEBB DO. *The Organization of Behavior: A neuropsychological theory.* New York, Wiley, 1949.
- [49] TEASELL R, BAYONA N, BITENSKY J. *The Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation. Background Concepts in Stroke Rehabilitation.* 13th edition, London, Ontario Canada. 2005-2011, pp 1-44.
- [50] PASCUAL-LEONE A, TORRES F. *Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers.* Brain, 1993; 116:39-52.
- [51]* TAUB E, MILLER NE, NOVAK TA et al. *A technique for improving chronic motor deficit after stroke.* Arch Phys Med Rehabil, 1993; 74:347-354.

- [52] WOLF S, LECRAW D, BARTON L, JANN B. *Forced use of hemiplegic upper extremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head injured patients.* Exp Neurol, 1989; 104:125-132.
- [53]* PASCUAL-LEONE A, WASSERMANN EM, SADATO N et al. *The role of reading activity on the modulation of motor cortical outputs to the reading hand in Braille readers.* Ann Neurol, 1995; 38:910-915.
- [54] NUDO RJ, WISE B, SIFUENTES F, MILLIKEN GW. *Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct.* Science, 1996; 272:1791-1794.
- [55]* NUDO RJ, MILLIKEN GW. *Reorganization of movement representation in primary motor cortex following focal ischemia infarcts in adult squirrel monkeys.* J Neurophysiol, 1996; 75:2144-2149.
- [56]* ELBERT T, PANTEV C, WIENBRUCH C et al. *Increased cortical representation of the fingers on the left hand in string players.* Science, 1995; 270:305-307.
- [57]* LIEPERT J, TEGENTHOFF M, MALIN JP. *Changes in cortical motor area size during immobilization.* Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1995; 97:382-386.
- [58]* COHEN LG, ROTH BJ, WASSERMAN EM et al. *Magnetic stimulation of the human cerebral cortex, an indicator of reorganization in motor pathways in certain pathological conditions.* J Clin Neurophysiol, 1991; 8:56-65.
- [59]* FUHR P, COHEN LG, DANG N et al. *Physiological analysis of motor reorganization following lower limb amputation.* Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1992; 85:53-60.
- [60]* HALL EJ, FLAMENT D, FRASER C et al. *Non-invasive brain stimulation reveals reorganized cerebral output in amputees.* Neurosci Lett, 1990; 116:379-386.
- [61] RAPP B, HENDEL SK, MEDINA J. *Remodeling of somatosensory hand representations following cerebral lesions in humans.* Neuroreport, 2002; 13(2):207-211.
- [62] RIDDING MC, BROUWER B, MILES TS, PITCHER JB, THOMPSON PD. *Changes in muscle responses to stimulation of the motor cortex induced by peripheral nerve stimulation in human subjects.* Exp Brain Res, 2000; 131(1):135-143.
- [63] HALLETT M. *Recent advances in stroke rehabilitation.* Neurorehab Neural Repair, 2002; 16(2):211-217.

- [64]* SCHIENE K, BRANDT C, ZILLES K et al. *Neuronal hyper-excitability and reduction of GABAA receptor expression in the surround of cerebral photothrombosis*. J Cereb Blood Metab, 1996; 16:906-914.
- [65]* LEE RG, VAN DONKELAAR P. *Mechanisms underlying functional recovery following stroke*. Can J Neurol Sci, 1995; 22:257-263.
- [66] CRAMER SC, MARK A, BARQUIST K, et al. *Motor cortex activation is preserved in patients with chronic hemiplegic stroke*. Ann Neurol, 2002; 52(5):607–616
- [67] CRAMER SC. *Functional magnetic resonance imaging in stroke recovery*. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2003; 14(1 suppl):S47–S55.
- [68] CRAMER SC. *Functional Imaging in Stroke Recovery*. Stroke, 2004; 35(suppl. 1):2695-2698.
- [69]* CRAMER SC, NELLES G, BENSON RR, KAPLAN JD, PARKER RA, KWONG KK, KENNEDY DN, FINKLESTEIN SP, ROSEN BR. *A functional MRI study of subjects recovered from hemiparetic stroke*. Stroke, 1997; 28(12):2518-2527.
- [70] HALLET M. *Plasticity of the human motor cortex and recovery from stroke*. Brain Res Brain Res Rev, 2001; 36(2-3):169–174.
- [71]* TAUB E. *Somatosensory deafferentation research with monkey : implications for rehabilitation medicine*. In *Behavioral Psychology in Rehabilitation Medicine : Clinical Applications*. Williams & Wilkins, New York, 1980, pp 371-401.
- [72]* LIEPERT J, BAUDER H, MILNER W et al. *Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans*. Stroke, 2000; 31:1210-1216.
- [73]* LIEPERT J, UHDE I, GRAF S et al. *Motor cortex plasticity during forced-use therapy in stroke patients : a preliminary study*. J Neurol, 2001; 248:315-321.
- [74]* NELLES G, JENTZEN W, JUEPTNER M et al. *Arm training induced plasticity in stroke studied with serial positron emission tomography*. NeuroImage, 2001; 13:1146-1154.
- [75]* CARR JH, SHEPHERD RB. *Neurological Rehabilitation Optimizing Motor Performance*. Oxford : Butterworth-Heinemann, 1998. 360p.
- [76]* SHEPHERD RB. *Exercise and training to optimize functional motor performance in stroke : driving neural reorganization ?* Neural Plasticity, 2001; 8:121-129.
- [77]* COLEBATCH JG, GANDEVIA SC. *The distribution of muscular weakness in upper motor neuron lesions affecting the arm*. Brain, 1989; 112:749-763.

- [78]* DUNCAN PW, GOLDSTEIN LB, HORNER RD et al. *Similar motor recovery of upper and lower extremities after stroke*. Stroke, 1994; 25:1181-1188.
- [79]* COLEBATCH JG, ROTHWELL JC, DAY BL et al. *Cortical Outflow to proximal arm muscles in man*. Brain, 1990; 113:1843-1856.
- [80]* HAUPTMANN B, HUMMELSHEIM H. *Facilitation of motor evoked potentials in hand extensor muscles of stroke patients : correlation to the level of voluntary contraction*. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1996; 101:387-394.
- [81]* SAHRMANN SA, NORTON BJ. *The relationship of voluntary movement to spasticity in the upper motor neuron syndrome*. Ann Neurol, 1977; 2:460-465.
- [82]* HAMMOND MC, KRAFT GH, FITTS SS. *Recruitment and termination of electromyographic activity in the hemiparetic forearm*. Arch Phys Med Rehabil, 1988; 69:106-110.
- [83]* HEMMSDORFER J, MAI N. *Disturbed grip-force control following cerebral lesions*. J Hand Ther, 1996; 9:33-40.
- [84]* TROMBLY CA. *Deficits of reaching in subjects with left hemiparesis : a pilot study*. Am J Occup Ther, 1992; 46:887-897.
- [85]* LEVIN MF. *Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis*. Brain, 1996; 119:281-293.
- [86]* CIRSTEVA MC, LEVIN MF. *Compensatory strategies for reaching in stroke*. Brain, 2000; 123:940-953.
- [87] MICHAELSEN SM, JACOBS S, ROBY-BRAMI A, LEVIN MF. *Compensation for distal impairments of grasping in adults with hemiparesis*. Exp Brain Res, 2004 Jul; 157(2):162-73.
- [88] MICHAELSEN SM, DANNENBAUM R, LEVIN MF. *Task-specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke. Randomized control trial*. Stroke, 2006; 37:186-92.
- [89] LANG CE, WAGNER JM, BASTIAN AJ, HU Q, EDWARDS DF, SAHRMANN SA, DROMERICK AW. *Deficits in grasp versus reach during acute hemiparesis*. Exp Brain Res, 2005 Sep; 166(1):126-36.
- [90] VAN VLIET PM, SHERIDAN MR. *Coordination between reaching and grasping in patients with hemiparesis and healthy subjects*. Arch Phys Med Rehabil 2007; 88:1325-31.
- [91] VAN VLIET PM, SHERIDAN MR. *Ability to adjust reach extent in the hemiplegic arm*. Physiotherapy, 2009 Sep; 95(3):176-84.

- [92]* TROMBLY CA. *Observations of improvement of reaching in five subjects with left hemiparesis*. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1993; 56:40-45.
- [93]* BEER RF, GIVEN JD, DEWALD JPA. *Task-dependant weakness at the elbow in patients with hemiparesis*. Arch Phys Med Rehabil, 1999; 80:766-772.
- [94]* VAN DER WEEL FR, VAN DER MEER AL, LEE DN. *Effect of task on movement control in cerebral palsy : implications for assessment and therapy*. Dev Med Child Neurol, 1991; 33:419-426.
- [95]* VAN VLIET P, KERWIN DG, SHERIDAN M et al. *The influence of goals on the kinematics of reaching following stroke*. Neurol Rep, 1995; 19:11-16.
- [96]* WU C, TROMBLY CA, LIN K et al. *A kinematic study of contextual effects on reaching performance in persons with and without stroke : influences of object availability*. Arch Phys Med Rehabil, 2000; 81:95-101.
- [97]* O'DWYER NJ, ADA L, NEILSON PD. *Spasticity and muscle contracture following stroke*. Brain, 1996; 119:1737-1749.
- [98]* ADA L, O'DWYER N. *Do associated reactions in the upper limb after stroke contribute to contracture formation ?* Clin Rehabil, 2001; 15:186-194.
- [99]* MILLER GJT, LIGHT KE. *Strength training in spastic hemiparesis : should it be avoided?* Neuro Rehabil, 1997; 9:17-28.
- [100]* TEIXEIRA-SALMELA LF, OLNEY SJ, NADEAU S et al. *Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors*. Arch Phys Med Rehabil, 1999; 80:1211-1218.
- [101]* ESMONDE T, MC GINLEY J, GOLDIE P et al. *Stroke rehabilitation : patient activity during non-therapy time*. Aust J Physiother, 1997; 43:43-51.
- [102]* SHEA CH, WULF G, WHITACRE C. *Enhancing training efficiency and effectiveness through the use of dyad training*. J Motor Behav, 1999; 31:119-125.
- [103]* McNEVIN NH, WULF G, CARLSON C. *Effects of attentional focus, self-control, and dyad training on motor learning : implications for physical therapy*. Phys Ther, 2000; 80:373-385.
- [104]* ASANUMA H, KELLER A. *Neuronal mechanisms of motor learning in mammals*. Neuroreport, 1991; 2:217-224.

- [105]* BUTEFISCH C, HUMMELSHEIM H, MAURITZ K-H. *Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand.* J Neurol Sci; 1995, 130:59-68.
- [106]* DEAN CM, SHEPHERD RB. *Task-related training improves performance of seated reaching tasks after stroke : a randomized controlled trial.* Stroke, 1997; 28:722-728.
- [107]* WOLF SL, CATLIN PA, BLANTON S et al. *Overcoming limitations in elbow movement in the presence of antagonist hyperactivity.* Phys Ther, 1994; 74:826-835.
- [108]* PAGE SJ, LEVINE P, SISTO S et al. *A randomized efficacy and feasibility study of a imagery in acute stroke.* Clin Rehabil, 2001; 15:233-240.
- [109] KILBREATH SL, HEARD RC. *Frequency of hand use in healthy older persons.* Aust J Physiother, 2005; 51:119-22.
- [110] DROMERICK AW, EDWARDS DF, KUMAR A. *Hemiplegic shoulder pain syndrome: frequency and characteristics during inpatient stroke rehabilitation.* Arch Phys Med Rehabil, 2008; 89:1589-93.
- [111]* CHACO J, WOLF E. *Subluxation of the glenohumeral joint in hemiplegia.* Am J Phys Med, 1971; 50:139-143.
- [112]* BOHANNON RM, LARKIN PA, SMITH MB et al. *Shoulder pain in hemiplegia : statistical relationship with five muscles.* Arch Phys Med Rehabil, 1986; 67:514-516.
- [113]* WANKLYN P, FORSTER A, YOUNG J. *Hemiplegic shoulder pain (HSP) : natural history and investigation of associated features.* Disabil Rehabil, 1996; 18:497-501.
- [114]* IKAI T, TAI K, YOSHIDA K et al. *Evaluation and treatment of shoulder subluxation in hemiplegia.* Am J Phys Med Rehabil, 1998; 77:421-426.
- [115]* BOHANNON RW. *Muscle strength changes in hemiparetic stroke patients during inpatient rehabilitation.* J Neurol Rehabil, 1988; 2:163-166.
- [116]* ZOROWITZ RD. *Recovery patterns of shoulder subluxation after stroke: a six month follow-up study.* Top Stroke Rehabil, 2001; 8:1-9.
- [117] KWAKKEL G, WAGENARR RC, TWISK JWR, LANGHORST GJ, KOESTIER JC. *Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebralartery stroke: a randomized trial.* Lancet, 1999; 354:191-6.
- [118] LANGHAMMER B, STANGHELLE JK. *Bobath or Motor Relearning Programme ? A comparison of two different approaches of physiotherapy in stroke rehabilitation: a randomized controlled study.* Clin Rehabil, 2000; 14:361-9.

- [119] WINSTEIN CJ, ROSE DK, TAN SM, LEWTHWAITE R, CHUI HC, AZEN SP. *A randomized controlled comparison of upper-extremity rehabilitation strategies in acute stroke: a pilot study of immediate and long-term outcomes*. Arch Phys Med Rehabil, 2004; 85:620–8.
- [120] BLENNERHASSETT J, DITE W. *Additional task-related practice improves mobility and upper limb function early after stroke: a randomized controlled trial*. Aust J Physiother, 2004; 50(4):219–24.
- [121] YEN JG, WANG RY, CHEN HH, HONG CT. *Effectiveness of modified constraint-induced movement therapy on upper limb function in stroke subjects*. Acta Neurologica Taiwanica, 2005; 14(1):16–20.
- [122] HIGGINS J, SALBACH NM, WOOD-DAUPHINEE S, RICHARDS CL, COTE R, MAYO NE. *The effect of a task-oriented intervention on arm function in people with stroke: a randomized controlled trial*. Clin Rehabil, 2006; 20:296–310.
- [123] McDONNELL MN, HILLIER SL, MILES TS, THOMPSON PD, RIDDING MC. *Influence of combined afferent stimulation and task-specific training following stroke: a pilot randomized controlled trial*. Neurorehabil Neural Repair, 2007; 21:435–443.
- [124] MORRIS JH, VAN WIJCK F, JOICE S, OGSTON SA, COLE I, MacWALTER RS. *A comparison of bilateral and unilateral upper-limb task training in early poststroke rehabilitation: a randomized controlled trial*. Arch Phys Med Rehabil, 2008; 89:1237–45.
- [125] VAN DER LEE JH, SNELS IA, BECKERMAN H, LANKHORST GJ, WAGENAAR RC, BOUTER LM. *Exercise therapy for arm function in stroke patients: a systematic review of randomized controlled trials*. Clin Rehabil, 2001; 15(1):20–31.
- [126] KWAKKEL G, VAN PEPPEN R, WAGENAAR RC, WOOD-DAUPHINEE S, RICHARDS C, ASHBURN A, MILLER K, LINCOLN N, PARTRIDGE C, WELLWOOD I, LANGHORNE P. *Effects of augmented exercise therapy time after stroke: A meta-analysis*. Stroke, 2004; 35(11):2529 – 2539.
- [127] GALVIN R, MURPHY B, CUSACK T, STOKES E. *The Impact of Increased Duration of Exercise Therapy on Functional Recovery Following Stroke – What Is the Evidence ?* Top Stroke Rehabil, 2008; 15(4):365-77.
- [128] SONODA S, SAITOH E, NAGAI S, KAWATIKA M, KANADA Y. *Fulltime integrated treatment program, a new system for stroke rehabilitation in Japan: Comparison with conventional rehabilitation*. Am J Phys Med Rehab, 2004; 83:88-93.

- [129] GALVIN R, CUSACK T, O'GRADY E, MURPHY TB, STOKES E. *Family-Mediated Exercise Intervention (FAME) Evaluation of a Novel Form of Exercise Delivery After Stroke*. Stroke, 2011; 42:681-686.
- [130] ENGLISH C, HILLIER SL. *Circuit class therapy for improving mobility after stroke*. Cochrane Database of Systematic Reviews 2010, Issue 7. Art. No.: CD007513.
- [131] ENGLISH C, HILLIER S, STILLER K, WARDEN-FLOOD A. *Circuit class therapy versus individual physiotherapy sessions during inpatient stroke rehabilitation: a controlled trial*. Arch Phys Med Rehabil, 2007; 88:955-63.
- [132] ENGLISH C, HILLIER S, STILLER K. *Incidence and severity of shoulder pain does not increase with the use of circuit class therapy during inpatient stroke rehabilitation: a controlled trial*. Aust J Physiother, 2008; 54: 41-46.
- [133] BUSCHFORT R, BROCKE J, HESS A, WERNER C, WALDNER A, HESSE S. *Arm studio to intensify the upper limb rehabilitation after stroke: concept, acceptance, utilization and preliminary clinical results*. J Rehabil Med, 2010 Apr; 42(4):310-4.
- [134] MORRIS JH, WILLIAMS B. *Optimizing long-term participation in physical activities after stroke: exploring new ways of working for physiotherapists*. Physiotherapy, 2009 Sep; 95(3):228-34.
- [135] LANGHAMMER B, LINDMARK B, STANGHELLE JK. *Stroke patients and long-term training: is it worthwhile? A randomized comparison of two different training strategies after rehabilitation*. Clin Rehabil, 2007; 21(6):495-510.
- [136] SHAUGHNESSY M, RESNICK BM, MACKO RF. *Testing a model of post-stroke exercise behavior*. Rehabil Nurs, 2006; 31:15-21.
- [137] POUND P, BURY M, GOMPERTZ P, EBRAHIM S. *Views of survivors of stroke on benefits of physiotherapy*. Qual Health Care, 1994; 3:69-74.
- [138] SUMMERS J, KAGERER F, GARRY M, HIRAGA C, LOFTUS A, CAURAUGH J. *Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: A TMS study*. Journal of the Neurological Sciences, 2007; 252:76-82.
- [139] WU CY, CHUANG LL, LIN KC, CHEN HC, TSAY PK. *Randomized Trial of Distributed Constraint-Induced Therapy Versus Bilateral Arm Training for the Rehabilitation of Upper-Limb Motor Control and Function After Stroke*. Neurorehabil Neural Repair, 2011; 25:130-139.

- [140] ALON G, LEVITT AF, McCARTHY PA. *Functional electrical stimulation enhancement of upper extremity functional recovery during stroke rehabilitation: a pilot study*. Neurorehabil Neural Repair, 2007; 21:207-215.
- [141] THRASHER TA, ZIVANOVIC V, McILROY W, POPOVIC MR. *Rehabilitation of reaching and grasping function in severe hemiplegic patients using functional electrical stimulation therapy*. Neurorehabil Neural Repair, 2008; 22:706-714.
- [142] TIMMERMANS A, SPOOREN A, KINGMA H, SEELEN H. *Influence of Task-Oriented Training Content on Skilled Arm-Hand Performance in Stroke: A Systematic Review*. Neurorehabil Neural Repair, 2010; 24:858-870.

ANNEXES

Annexe I

Synthèse des durées d'entraînement par tâches finalisées des études

Numéro d'apparition dans le texte	Auteurs et année de publication	Fréquence par semaine	Durée de chaque séance	Durée du programme	Temps total supplémentaire
117	Kwakkel, 1999	5 fois	30 min	20 semaines	45 heures
118	Langhammer, 2000	5 fois	40 min	Non défini	
119	Winstein, 2004	5 fois	1 heure	4 semaines	20 heures
120	Blennerhassett, 2004	5 fois	60 min	4 semaines	20 heures
121	Yen, 2005	5 ou 7 fois	6 heures / jour	2 semaines	60 ou 84 heures
122	Higgins, 2006	3 fois	60 min	6 semaines	18 heures
123	McDonnell, 2007	3 fois	1 heure	3 semaines	9 heures
124	Morris, 2008	5 fois	20 min	6 semaines	10 heures

Annexe II

Mise à disposition des liens internet pour accéder aux articles cités. Les livres ne sont pas cités dans le tableau ci-dessous.

Numéro d'apparition dans le texte	Auteurs	Titre	Année de publication	Lien Internet
INTRODUCTION				
1	Oujamaa et al.	Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review	2009	http://www.edm.univ-montp1.fr/documents/publications/publication_163.pdf
2	Harris et Eng	Upper-Limb Function in Individuals With Stroke : A Meta-Analysis	2010	http://stroke.ahajournals.org/cgi/reprint/41/1/136.pdf
3	Coupar et al.	Simultaneous bilateral training for improving arm function after stroke	2010	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20393947
4	Corbetta et al.	Constraint-induced movement therapy for upper extremities in stroke patients	2009	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19821326
5	Mehrholz et al.	Electromechanical and robot-assisted arm training for improving arm function and activities of daily living after stroke	2008	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18843735

6	French et al.	Repetitive task training for improving functional ability after stroke	2007	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17943883
7	Van Peppen et al.	The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence ?	2004	http://www.vaupend.nl/Publicatie7_ClinRehab_PDF.pdf
9	Chan et al.	Motor relearning programme for stroke patients: a randomized controlled trial	2006	https://www.cebp.nl/vault_public/filesystem/?IID=3441
11	Carr, Shepherd	Rééducation neurologique : les données de la science pour la pratique clinique	2005	http://www.em-consulte.com/article/136729
12	Carr, Shepherd	Optimisation de la performance motrice de la marche après un accident vasculaire cérébral : l'entraînement des membres inférieurs pour l'appui, l'équilibre et la propulsion	2005	http://www.em-consulte.com/article/136830

RÔLES DU MEMBRE SUPÉRIEUR

- 14 Latash et Latash A new book by N. A. Bernstein: "On dexterity and its development" Multifunctionality and switching in the coordination dynamics of reaching and grasping 1994 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15757835>
- 15 Kelso et al. Arm motion and load analysis of sit-to-stand, stand-to-sit, cane walking and lifting 1994 <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0167945794900299>
- 17 Anglin, Wyss 2000 <http://me.queensu.ca/HMRC/Jenny/Wyss/wyss5.pdf>

ATTRAPER UN OBJET : activité uni-manuelle

- 19 Van de Kamp Prehension is really reaching and grasping 2007 <http://dissertations.uq.rug.nl/FILS/faculties/medicine/2011/c.van.der.kamp/02c2.pdf>
- 20 Tresilian, Stelmach Common organization for unimanual and bimanual reach-to-grasp tasks 1997 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9224856>
- 21 Bootsma, van Wieringen Spatio-temporal organization of natural prehension 1992 http://www.ism.univmed.fr/IMG/pdf/Bootsma_VanWieringen_HMS_1992.pdf
- 22 Wing, Fraser The contribution of the thumb to reaching movements 1983 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6571312>
- 23 Wing et al. Grasp Size and accuracy of approach in reaching 1986 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15138146>
- 24 Smeets, Brenner A new view on grasping 1999 <http://cogprints.org/66/3/grasping.pdf>
-

- 25 Rosenbaum Approaching grasping from
et al. different perspectives 1999 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10409802>
- 26 Marteniuk, On achieving strong inference
Bertram in prehension research. 1999 <http://www.sfu.ca/hmsl/Publications/Page2/Inference.pdf>
- 27 Steenbergen What can be learned from
Smeets and Brenner's model about the control of grasping? 1999 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10409804>

ATTRAPER UN OBJET : activité bi-manuelle

- 28 Castiello et The bilateral reach to grasp
al. movement 1993 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8397855>
- 29 Johansson, Programmed and triggered
Westling actions to rapid load changes during precision grip 1988 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3416959>
- 30 Bingham et The coordination patterns
al. observed when two hands reach-to-grasp separate objects 2008 <http://www.abdn.ac.uk/~psy359/dept/Papers/BiamBingham.pdf>
- 31 Mason, Manual asymmetries in
Bruyn binannual prehension tasks: manipulation of object size and object distance 2009 https://mywebpage.wisc.edu/andreamason/web/documents/MasonBruyn_2009_HMS.pdf
- 32 Jackson et Attention for action:
al. Coordination of binannual reach-to-grasp movements 1999 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10363346>

33	Mason, Grabowski	Perturbation of object location during bimanual prehension: the role of visual feedback	2010	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20576299
----	---------------------	---	------	---

MANIPULER UN OBJET

34	Napier	The prehensile movement of the human hand	1956	http://web.ibjs.org.uk/cgi/reprint/38-B/4/902.pdf
35	Bendz	The functional significance of the fifth metacarpus and hypothenar in two useful grips of the hand	1993	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8363816
37	Li et al.	Motor Redundancy During Maximal Voluntary Contraction in four-finger tasks	1998	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9772113
38	Li et al.	Force sharing among fingers as a model of the redundancy problem	1998	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9551828
39	Zatsiorsky et al.	Coordinated production in multi-finger tasks: finger interaction and neural network modeling	1998	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9791934
40	Johansson et al.	Somatosensory control of precision grip during unpredictable pulling loads. I. Changes in load force amplitude	1992	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1601096

41	Johansson et al.	Somatosensory control of precision grip during unpredictable pulling loads. II. Changes in load force rate	1992	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1601097
42	Johansson et al.	Somatosensory control of precision grip during unpredictable pulling loads. III. Impairments during digital anesthesia	1992	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1601098
43	Johansson, Westling	Roles of glabrous skin receptors and sensorimotor memory in automatic control of precision grip when lifting rougher or more slippery subjects	1984	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6499981

RÉORGANISATION CÉRÉBRALE APRÈS AVC : plasticité Cérébrale

45	Jenkins et al.	Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviorally controlled tactile stimulation	1990	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2299388
47	Nudo et al.	Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex.	2001	http://www.julieksrum.com/japan/References/MN_2001_24_8_1000.pdf

50	Pascual-Leone, Torres	Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers A technique for improving chronic motor deficit after stroke	1993	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8453464
51	Taub et al.	Forced use of hemiplegic upper extremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head injured patients	1993	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8466415
52	Wolf et al.	The role of reading activity on the modulation of motor cortical outputs to the reading hand in Braille readers	1989	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2707361
53	Pascual-Leone et al.	Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct	1995	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8526463
54	Nudo et al.	Reorganization of movement representation in primary motor cortex following focal ischemia infarcts in adult squirrel monkeys	1996	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8650578
55	Nudo, Milliken		1996	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8734610

56	Elbert et al.	Increased cortical representation of the fingers on the left hand in string players	1995	http://www.stefan-koelsch.de/papers4guide/Elbert+ Science270_95_IncreasedCortFingerRepresInMusicians.pdf
57	Liepert et al.	Changes in cortical motor area size during immobilization	1995	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8536589
58	Cohen et al.	Magnetic stimulation of the human cerebral cortex, an indicator of reorganization in motor pathways in certain pathological conditions	1991	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2019651
59	Fuhr et al.	Physiological analysis of motor reorganization following lower limb amputation	1992	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1371745
60	Hall et al.	Non-invasive brain stimulation reveals reorganized cerebral output in amputees	1990	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2243618
61	Rapp et al.	Remodeling of somatosensory hand representations following cerebral lesions in humans	2002	http://neuroscience.ihu.edu/rapp%20papers/Rapp%20B%20NeuroReport%2013%201%205.pdf
62	Ridding et al.	Changes in muscle responses to stimulation of the motor cortex induced by peripheral nerve stimulation in human subjects	2000	http://mc.queensu.ca/HMRC/Jenny/Brouwer/brouwer3.pdf
63	Hallett	Recent advances in stroke rehabilitation	2002	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15151118

RÉORGANISATION CÉRÉBRALE APRÈS AVC : mécanismes

64	Schiene et al.	Neuronal hyper-excitability and reduction of GABAA receptor expression in the surround of cerebral photothrombosis	1996	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8784234
65	Lee, van Donkelaar	Mechanisms underlying functional recovery following stroke	1995	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8599767
66	Cramer et al.	Motor cortex activation is preserved in patients with chronic hemiplegic stroke	2002	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12402258
67	Cramer	Functional magnetic resonance imaging in stroke recovery	2003	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12625637
68	Cramer	Functional Imaging in Stroke Recovery	2004	http://stroke.ahajournals.org/cgi/reprint/35/11_suppl_1/2695.pdf
69	Cramer et al.	A functional MRI study of subjects recovered from hemiparetic stroke	1997	http://stroke.ahajournals.org/cgi/content/full/28/12/2518
70	Hallett	Plasticity of the human motor cortex and recovery from stroke	2001	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11690613

RÉORGANISATION CÉRÉBRALE APRÈS AVC : influence de la rééducation

72	Liepert et al.	Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans	2000	http://stroke.ahajournals.org/cgi/reprint/31/6/1210.pdf
----	----------------	--	------	---

73	Liepert et al.	Motor cortex plasticity during forced-use therapy in stroke patients : a preliminary study	2001	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11374097
74	Nelles et al.	Arm training induced plasticity in stroke studied with serial positron emission tomography. Exercise and training to optimize functional motor performance in stroke : driving neural reorganization ?	2001	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11352620
76	Shepherd		2001	http://downloads.hindawi.com/journals/np/2001/316095.pdf

PERFORMANCES MOTRICES APRES AVC

77	Colebatch, Gandevia	The distribution of muscular weakness in upper motor neuron lesions affecting the arm	1989	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2731028
78	Duncan et al.	Similar motor recovery of upper and lower extremities after stroke	1994	http://stroke.ahajournals.org/cgi/reprint/25/6/1181.pdf
79	Colebatch et al.	Cortical Outflow to proximal arm muscles in man	1990	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2276047
80	Hauptmann, Hummelsheim	Facilitation of motor evoked potentials' in hand extensor muscles of stroke patients : correlation to the level of voluntary contraction	1996	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8913191

81	Sahrmann, Norton	The relationship of voluntary movement to spasticity in the upper motor neuron syndrome	1977	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/617588
82	Hammond et al	Recruitment and termination of electromyographic activity in the hemiparetic forearm	1988	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3341887
83	Hemsdörfer, Mai	Disturbed grip-force control following cerebral lesions	1996	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8664937
84	Trombly	Deficits of reaching in subjects with left hemiparesis : a pilot study	1992	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1463060
85	Levin	Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis	1996	http://brain.oxfordjournals.org/content/119/1/281.full.pdf
86	Cirstea, Levin	Compensatory strategies for reaching in stroke	2000	http://brain.oxfordjournals.org/content/123/5/940.full.pdf
87	Michaelsen et al.	Compensation for distal impairments of grasping in adults with hemiparesis	2004	http://www.udel.edu/bmsc/seminararchives/06_07/Sep/hemiparesis.pdf
88	Michaelsen et al.	Task-specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke. Randomized control trial	2006	http://stroke.ahajournals.org/cgi/reprint/37/1/186.pdf

89	Lang et al.	Deficits in grasp versus reach during acute hemiparesis	2005	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16021431
90	Van Vliet, Sheridan	Coordination between reaching and grasping in patients with hemiparesis and healthy subjects	2007	http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0003-9993/PIIS000399930701252X.pdf
91	Van Vliet, Sheridan	Ability to adjust reach extent in the hemiplegic arm	2009	http://www.integraronline.com.br/admin/download/20100222155629.pdf
92	Trombly	Observations of improvement of reaching in five subjects with left hemiparesis	1993	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1014762/pdf/jnpsyc00474-0050.pdf
93	Beer et al.	Task-dependant weakness at the elbow in patients with hemiparesis	1999	http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0003-9993/PIIS0003999399902253.pdf
94	Van der Weel	Effect of task on movement control in cerebral palsy : implications for assessment and therapy	1991	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2065829
95	Van Vliet et al.	The influence of goals on the kinematics of reaching following stroke	1995	http://journals.lww.com/jnpt/Citation/1995/19010/The_Influence_of_Functional_Goals_on_the_17.aspx
96	Wu et al.	A kinematic study of contextual effects on reaching performance in persons with and without stroke : influences of object availability	2000	http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0003-9993/PIIS0003999300902284.pdf

97	O'Dwyer et al.	Spasticity and muscle contracture following stroke	1996	http://brain.oxfordjournals.org/content/119/5/1737.full.pdf
98	O'Dwyer, Ada	Do associated reactions in the upper limb after stroke contribute to contracture formation ?	2001	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11330764
99	Miller, Light	Strength training in spastic hemiparesis : should it be avoided?	1997	http://www.ingentaconnect.com/content/els/10538135/1997/000000009/00000001/art00011
100	Teixeira-Salmela et al.	Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors	1999	http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0003-9993/PIIS0003999399900187.pdf

RECOMMENDATIONS CARR ET SHEPHERD : principes

101	Esmonde et al.	Stroke rehabilitation : patient activity during non-therapy time	1997	http://ajp.physiotherapy.asn.au/AJP/vol_43/1/AustJPhysiother43i1Esmonde.pdf
102	Shea et al.	Enhancing training efficiency and effectiveness through the use of dyad training	1999	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11177626
103	McNevin et al.	Effects of attentional focus, self-control, and dyad training on motor learning : implications for physical therapy	2000	http://ptjournal.apta.org/content/80/4/373.full.pdf
104	Asanuma, Keller	Neuronal mechanisms of motor learning in mammals	1991	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1912451

105	Butefisch et al.	Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand	1995	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7650532
106	Dean, Shepherd	Task-related training improves performance of seated reaching tasks after stroke : a randomized controlled trial	1997	http://stroke.ahajournals.org/cgi/content/full/28/4/722

RECOMMANDATIONS CARR ET SHEPHERD : moyens

107	Wolf et al.	Overcoming limitations in elbow movement in the presence of antagonist hyperactivity	1994	http://ptjournal.apta.org/content/74/9/826.full.pdf
108	Page et al.	A randomized efficacy and feasibility study of a imagery in acute stroke	2001	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11386392
109	Kilbreath, Heard	Frequency of hand use in healthy older persons	2005	http://ajp.physiotherapy.asn.au/AJP/vol_51/2/AustJPphysiotherapy51i2Kilbreath.pdf

RECOMMANDATIONS CARR ET SHEPHERD : moyens : prévention des douleurs d'épaule

110	Dromerick et al.	Hemiplegic shoulder pain syndrome: frequency and characteristics during inpatient stroke rehabilitation	2008	http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0003-9993/PIIS0003999308003134.pdf
111	Chaco, Wolf	Subluxation of the glenohumeral joint in hemiplegia	1971	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5579071

112	Bohannon et al.	Shoulder pain in hemiplegia : statistical relationship with five muscles	1986	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3741075
113	Wanklyn et al.	Hemiplegic shoulder pain (HSP) : natural history and investigation of associated features	1996	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8902421
114	Ikai et al.	Evaluation and treatment of shoulder subluxation in hemiplegia	1998	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9798835
115	Bohannon	Muscle strength changes in hemiparetic stroke patients during inpatient rehabilitation	1988	http://nnp.sagepub.com/content/2/4/163
116	Zorowitz	Recovery patterns of shoulder subluxation after stroke: a six month follow-up study	2001	http://thomasland.metapress.com/content/ladu8llyktq0l5dj/fulltext.pdf

DISCUSSION : intensité d'exercice

117	Kwakkel et al.	Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral artery stroke: a randomized trial	1999	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10421300
118	Langhamme r, Stanghelle	Bobath or Motor Relearning Programme ? A comparison of two different approaches of physiotherapy in stroke rehabilitation: a randomized controlled study	2000	http://www.cebp.nl/vault_public_filesystem/?ID=2537

	A	randomized	controlled	
119	Winstein et al.	comparison of upper-extremity rehabilitation strategies in acute stroke: a pilot study of immediate and long-term outcomes	2004	http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0003-9993/PIIS0003999303009882.pdf
120	Blennerhassett, Dite	Additional task-related practice improves mobility and upper limb function early after stroke: a randomized controlled trial	2004	http://ajp.physiotherapy.asn.au/AJP/vol_50/4/AustJPhysiotherapy50i4Blennerhassett.pdf
121	Yen et al.	Effectiveness of modified constraint-induced movement therapy on upper limb function in stroke subjects	2005	http://www.ant.org.tw/Mag_Files/14-1/14-1p16.pdf
122	Higgins et al.	The effect of a task-oriented intervention on arm function in people with stroke: a randomized controlled trial	2006	https://www.cebp.nl/vault_public/filesystem/?ID=2599
123	McDonnell et al.	Influence of combined afferent stimulation and task-specific training following stroke: a pilot randomized controlled trial	2007	https://www.cebp.nl/vault_public/filesystem/?ID=3105
124	Morris et al.	A comparison of bilateral and unilateral upper-limb task training in early post-stroke rehabilitation: a randomized controlled trial	2008	https://www.cebp.nl/vault_public/filesystem/?ID=3766

125	Exercise therapy for arm function in stroke patients: a systematic review of randomized controlled trials	Van der Lee et al.	2001	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11237158
126	Effects of augmented exercise therapy time after stroke: A meta-analysis	Kwakkel et al.	2004	http://stroke.ahajournals.org/cgi/reprint/35/11/2529.pdf
127	The Impact of Increased Duration of Exercise Therapy on Functional Recovery Following Stroke – What Is the Evidence ?	Galvin et al.	2008	http://thomasland.metapress.com/content/j0154224g4t36n74/fulltext.pdf
128	Fulltime integrated treatment program, a new system for stroke rehabilitation in Japan: Comparison with conventional rehabilitation	Sonoda et al.	2004	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14758294
129	Family-Mediated Exercise Intervention (FAME) Evaluation of a Novel Form of Exercise Delivery After Stroke	Galvin et al.	2011	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21233462
130	Circuit class therapy for improving mobility after stroke	English, Hillier	2010	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20614460
131	Circuit class therapy versus individual physiotherapy sessions during inpatient stroke rehabilitation: a controlled trial	English et al.	2007	http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0003-9993/PHS0003999307002985.pdf

132	English et al.	Incidence and severity of shoulder pain does not increase with the use of circuit class therapy during inpatient stroke rehabilitation: a controlled trial Arm studio to intensify the upper limb rehabilitation after stroke: concept, acceptance, utilization and preliminary clinical results	2008	http://ajp.physiotherapy.asn.au/AJP/vol_54/1/AustJPhysiotherapy54i1English.pdf
133	Buschfort et al.		2010	http://jrm.medicaljournals.se/files/pdf/preview/1257.pdf

DISCUSSION : participation, motivation du patient

134	Morris, Williams	Optimizing long-term participation in physical activities after stroke: exploring new ways of working for physiotherapists Stroke patients and long-term training: is it worthwhile? A randomized comparison of two different training strategies after rehabilitation	2009	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19635344
135	Langhamme r et al.		2007	https://www.cebp.nl/vault_public/filesystem/?ID=3092
136	Shaughnessy et al.	Testing a model of post-stroke exercise behavior	2006	http://www.udei.edu/PT/PTV%20Clinical%20Services/Journalclub/noajc/05_06/mar06/poststrokeexercisebehavior.pdf
137	Pound et al.	Views of survivors of stroke on benefits of physiotherapy	1994	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1055199/pdf/qualhc00011-0005.pdf

DISCUSSION : entraînement uni-manuel ou bi-manuel ?

- 138 Summers et al. Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: A TMS study
Randomized Trial of Distributed Constraint-Induced Therapy Versus Bilateral Arm Training for the Rehabilitation of Upper-Limb Motor Control and Function After Stroke
2007
https://www.cebpc.nl/vault_public/filesystem/?ID=3600
- 139 Wu et al. Limb Motor Control and Function After Stroke
2011
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20947493>

DISCUSSION : SEF et tâches finalisées

- 140 Alon et al. Functional electrical stimulation enhancement of upper extremity functional recovery during stroke rehabilitation: a pilot study
2007
http://www.ness.nl/ness-data/doc/Gad%20Alon%20article_H200%20in%20acute%20stroke_Neurorehabilitation%20and%20neural%20repair.pdf
- 141 Thrasher et al. Rehabilitation of reaching and grasping function in severe hemiplegic patients using functional electrical stimulation therapy
2008
<http://www.calstatela.edu/faculty/dwon/JCclub/Thrasher08FESPlusPhysiotherReachingGraspingStroke.pdf>

DISCUSSION : Composantes des tâches finalisées

- 142 Timmermans et al. Influence of Task-Oriented Training Content on Skilled Arm-Hand Performance in Stroke: A Systematic Review
2010
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20921325>
-