

Rôle des régulations automatiques du contrôle moteur :

mise en place d'un protocole de rééducation des hémiparésies

RÉSUMÉ | SUMMARY

Nous avons voulu évaluer le bénéfice potentiel sur la récupération motrice du membre supérieur parétique d'une rééducation sollicitant la motricité automatique avec des cibles de préhension en mouvement (groupe AUTO), par rapport à la même rééducation avec des cibles statiques (groupe CONTRÔLE).

Les résultats obtenus montrent une amélioration de performances motrices (i.e. score de Fugl-Meyer) pour le groupe AUTO. La sollicitation de la motricité automatique lors de la rééducation du membre supérieur parétique semble donc comporter une promesse d'efficacité, en complément des techniques de rééducation actuelles.

We evaluated the potential for rehabilitation of the paralysed arm through the use of automatic reaching movements. We took advantage of the fact that automatic movement reactions are elicited when reach targets change position during the movement. We compared motor performance in a group of patients using this task (AUTO group) to a second group that trained using static targets (CONTROL group).

The results showed an improvement in motor performance (i.e. increase in Fugl-Meyer score) for the AUTO group, but not for the CONTROL group. Thus, we show that the use of automatic motor reactions is effective in the rehabilitation of the paralysed arm and can complement current rehabilitation techniques.

Valérie GAVEAU

Laure PISELLA

INSERM U 1028,
CNRS UMR 5292
Université de Lyon 1
Centre de recherche en Neurosciences de Lyon, équipe IMPACT (Integrative, Multisensory, Perception, Action and Cognition)
Lyon (69)

Laurence HAVÉ

Hôpital d'Instruction des armées
Desgenettes de Lyon

Dominique BOISSON

Patrice REVOL

Ludovic DELPORTE

Jacques LUAUTÉ

Yves ROSSETTI

Service de rééducation neurologique et Plate-forme « Mouvement et Handicap »
Hôpital H. Gabrielle Saint-Genis Laval (69)

Texte issu de la 13^e Journée nationale de rééducation d'Hauteville

Les auteurs déclarent ne pas avoir un intérêt avec un organisme privé industriel ou commercial en relation avec le sujet présenté

Kinésithér Scient 2013;542:5-12

MOTS CLÉS | KEYWORDS

► Accident vasculaire cérébral ► Analyse du mouvement
► Hémiparésie ► Motricité automatique ► Rééducation

► Stroke ► Motion analysis ► Hemiparesis ► Automatic motricity
► Rehabilitation

Les accidents vasculaires cérébraux (AVC) sont un enjeu majeur de Santé publique dans les pays occidentaux comme en atteste leur incidence [1]. Plus de 50 % des patients conservent, à la suite d'un AVC, des déficiences neurologiques sévères, le plus souvent motrices, qui amènent chez un grand nombre de patients à un déficit de préhension lié à une atteinte motrice d'un membre supérieur.

Dans l'étude de Wade et Hower [2], seulement 10 % des patients ayant un déficit sévère au 7^e jour ont récupéré un membre supérieur fonctionnel. Lorsque le déficit était complet 3 semaines après l'AVC, aucun patient n'a récupéré un membre fonctionnel au terme des 6 mois de suivi.

L'incapacité motrice qui résulte d'une atteinte des mouvements de préhension est à l'origine d'un handicap important qui va retentir sur la vie professionnelle, personnelle, familiale et sociale. Ainsi, la prise en compte des déficits moteurs et la compréhension des mécanismes de récupération qui peuvent être mis en jeu lors de l'évolution des patients hémiparétiques constitue un enjeu médical majeur.

Les techniques de rééducation visent à restaurer ou compenser la déficience motrice consécutive à un AVC au-delà de la récupération spontanée. Actuellement, ces techniques de rééducation de

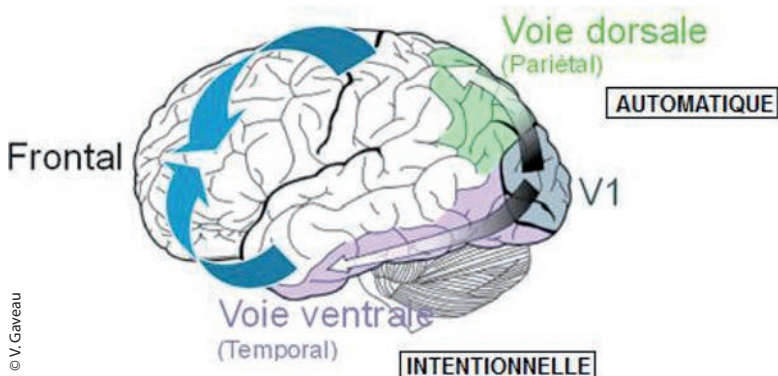
masso-kinésithérapie ou ergothérapie sont basées sur la mise en œuvre de la motricité intentionnelle des segments déficients par des exercices répétés. Ces pratiques s'avèrent coûteuses en énergie mentale pour les patients car elles reposent d'abord sur la mise en jeu des mécanismes intentionnels de l'action. Or, la récupération motrice est étroitement corrélée avec la réduction de la sensation d'effort [3].

Une vue alternative aux techniques de rééducation conventionnelles pourrait être de proposer des exercices de rééducation reposant plutôt sur la mise en jeu de mécanismes de contrôle automatique de l'action, qui solliciteraient moins d'effort des patients en terme d'attention et de concentration et permettraient la récupération de gestes plus naturels.

Les mécanismes de contrôle automatique de l'action sont actuellement bien documentés sur le plan expérimental. Ils assurent des corrections rapides et inconscientes de l'action. Ce système a été mis en évidence lors de la réalisation de mouvements de pointage vers des cibles déplacées lors de la suppression saccadique [4-9].

Il a également été étudié dans des situations expérimentales le mettant en conflit avec des aspects plus cognitifs du traitement visuel et moteur. Ainsi, en réponse à des déplacements de la cible

Rôle des régulations automatiques du contrôle moteur : mise en place d'un protocole de rééducation des hémiparésies



► Figure 1

Les deux voies de traitement de l'information visuelle pour l'action
À partir de l'aire visuelle primaire (V1), différentes projections s'organisent en direction des structures motrices frontales :
les projections occipito-pariétales supérieures ou voie dorsale,
et les projections occipito-temporales inférieures ou voie ventrale
À ces deux systèmes de projections anatomiques distinctes s'ajoutent des propriétés physiologiques particulières : la vitesse de traitement de l'information visuelle est plus rapide dans la voie dorsale que dans la voie ventrale, permettant à la voie dorsale d'être le support de corrections motrices automatiques et rapides (« pilote automatique ») tandis que la voie ventrale serait dévolue aux corrections plus lentes et intentionnelles

à atteindre perçus consciemment, chez les sujets sains, le système de correction automatique rapide domine la réponse intentionnelle ou volontaire dans des conditions de contrainte temporelle [10, 11]. Ceci démontre l'existence de processus préemptifs de correction automatique, dénommés « pilote automatique de la main ».

Comme dans la régulation de la posture et de la locomotion, le contrôle du geste visuo-manuel résulte de l'interaction subtile de systèmes automatiques et intentionnels [12]. Ces types de contrôle moteur peuvent être générés parallèlement à partir d'une même entrée visuelle, mais ils ont des caractéristiques temporelles différentes [13] et des spécificités de réponse à certains stimuli visuels [8, 9, 14].

L'étude de cas de patients pariétaux et frontaux a montré l'atteinte spécifique de l'un ou l'autre de ces deux systèmes, et a permis une compréhension plus fine des déficits de ces patients neurologiques et une identification des substrats anatomiques correspondant à ces réseaux sensori-moteurs parallèles (fig. 1).

L'existence et les conditions de mise en œuvre de ces différentes voies motrices parallèles offrent une perspective clinique originale et novatrice : l'idée d'appliquer à la rééducation motrice la mise en jeu des voies sensori-motrices automatiques

permettrait de stimuler la récupération motrice en court-circuitant les voies intentionnelles d'initiation et/ou de contrôle du geste.

L'objectif de cette étude est de s'appuyer sur la mise en évidence du pilotage automatique de l'action pour développer une approche thérapeutique novatrice du déficit moteur. Notre hypothèse est que la stimulation de la motricité automatique permettrait d'améliorer la motricité du patient comparativement à une méthode n'impliquant pas cette motricité automatique ; elle réduirait la sensation d'effort des patients hémiparétiques lors des séances de rééducation motrice, et permettrait soit d'accroître l'activation des boucles sensori-motrices mises en jeu au cours de l'action, soit de stimuler la récupération des composantes automatiques de régulation de l'action.

MÉTHODE

Pour répondre à notre objectif, nous avons évalué les effets d'une méthode de rééducation impliquant la motricité automatique sur la récupération motrice du membre supérieur parétique immédiatement et 2 semaines après l'arrêt de la technique, chez des patients ayant un déficit moteur d'origine vasculaire.

■ Patients

L'étude a porté sur deux groupes de cinq patients hémiparétiques (tab. I). Dans le groupe AUTO, les patients ont bénéficié d'une rééducation mettant en jeu leur motricité automatique par la réalisation d'exercices de préhension sur des objets mobiles, ceci en complément de leur rééducation habituelle.

Dans le groupe CONTRÔLE, les patients ont bénéficié d'une rééducation ne mettant pas en jeu leur motricité automatique (exercices de préhension sur des objets statiques) en complément de leur rééducation habituelle.

L'étude a été réalisée en simple aveugle. Les investigateurs en charge de l'évaluation ne connaissaient pas le type de rééducation motrice dont le patient a bénéficié.

Des critères d'inclusion et d'exclusion ont permis de constituer les deux groupes de patients. Ainsi, les critères d'inclusion comprenaient une hémiplé-

► **Tableau I**

Descriptions cliniques des patients

Les 10 patients de l'étude (P1 à P10) ont été répartis de manière randomisée soit dans le groupe ayant bénéficié de la prise en charge rééducative via la motricité automatique (AUTO), soit dans la groupe ayant eu une prise en charge rééducative via la motricité intentionnelle (CONTRÔLE)

Les caractéristiques de chaque patient ont été reportées : sexe (H : homme, F : femme), âge (années), délai d'inclusion depuis l'AVC (semaines), durée d'hospitalisation (HOSPIT.MPR), latéralisation manuelle (LATERALITÉ), origine de la lésion (Origine) ainsi que sa latéralisation (Latéral.) et sa localisation

Groupe	Patients	Sexe	Âge	Inclusion	Hospit. MPR	Latéralité	LÉSION		
							Origine	Latéral.	Localisation
AUTO	P1	H	45	12	3 mois	Droitier	Hémorragie	–	Fronto-temporal droit
	P4	H	64	56	2 semaines	Droitier	Hémorragie	Droite	Capsulo-thalamique
	P7	H	30	12	3 mois	Droitier	Ischémie	Gauche	Sylvien
	P8	H	45	10	13 semaines	Droitier	Hémorragie	Droite	Capsulo-thalamique
	P10	H	67	22	4 mois	Droitier	Hémorragie	Droite	Sylvien
	Moyenne		50,2	22,4					
CONTRÔLE	P2	H	35	20	4 mois	Droitier	–	Droite	Cavernome prerolandique
	P3	H	60	14	4 mois	Droitier	Ischémie	Gauche	Sylvien profond
	P5	H	59	9	10 semaines	Droitier	Ischémie	Droite	Capsulo-lenticulaire
	P6	F	57	12	4 mois	Droitier	Hémorragie	Gauche	Thalamo/Sous-thalamo-mésencéphalique
	P9	H	50	6	1 mois	Droitier	Ischémie	Droite	Capsulaire
	Moyenne		52,2	12,2					

gie d'origine vasculaire, une hospitalisation dans l'un des services du Pôle d'activité médicale (PAM) de rééducation et réadaptation de l'Hôpital Henry Gabrielle (Hospices Civils de Lyon), une lésion vasculaire confirmée par une IRM encéphalique ou un scanner cérébral, un délai minimal de 6 semaines après le début des symptômes, un âge compris entre 18 et 80 ans, la signature du formulaire de consentement, et la disponibilité pour la durée de l'étude.

À ces critères d'inclusion ont été ajoutés des critères d'exclusion : affection dégénérative neurologique, troubles cognitifs limitant la compréhension des consignes, affection médicale non stabilisée, et douleur du membre parétique supérieure à 5 sur l'échelle visuelle analogique (EVA).

■ Protocole expérimental

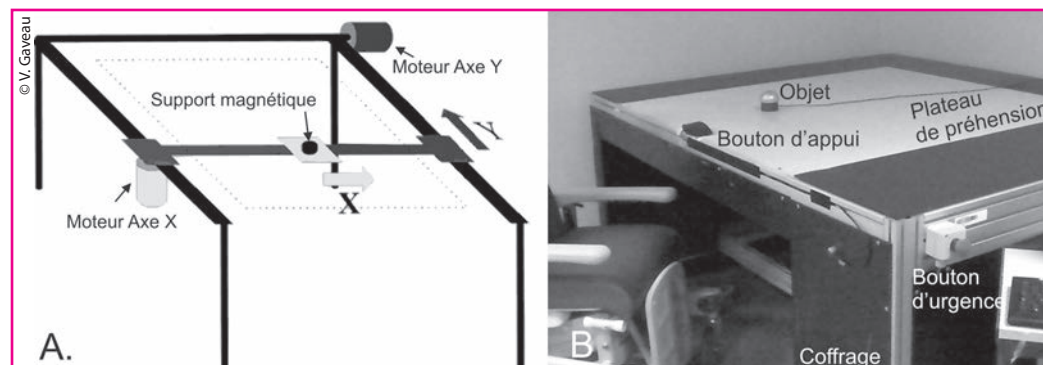
Les patients des deux groupes ont bénéficié d'une prise en charge rééducative se déroulant durant 2 semaines consécutives. Elle comportait une séance quotidienne, ayant lieu si possible à la même heure, avec le même intervenant. La durée de la séance était comprise entre 30 et 60 minutes

et était adaptée en fonction de la tolérance, de la fatigue et de la motivation du patient.

Le protocole s'est déroulé sur une période de 26 jours. Il incluait différents tests :

- **test d'inclusion (J0)** : un examen clinique neurologique et général ainsi qu'une évaluation de la latéralité manuelle (échelle d'Edimbourg) ont été réalisés ;
- **pré-test (J1)** : les performances de base du patient étaient évaluées pendant une journée à partir de différents critères d'évaluation :
 - des évaluations cliniques estimant le déficit moteur (Fugl-Meyer), la douleur (EVA), la spasticité (échelle d'Aschworth modifiée), et l'utilisation (*Box and Block test*, *Frenchay arm test*, *Motor activity log*, Mesure de l'indépendance fonctionnelle) du membre supérieur parétique ;
 - une évaluation des performances spatio-temporelles du mouvement du membre parétique en utilisant un système en 3 dimensions ([15], Vicon 370, 50 Hz, Oxford, UK). Cette évaluation permettait d'estimer les modifications de l'organisation du geste induites par la rééducation [16, 17].

Rôle des régulations automatiques du contrôle moteur : mise en place d'un protocole de rééducation des hémiparésies



► Figure 2

Description et vue d'ensemble de la table motorisée pour la prise en charge rééducative

- A. Le système intégrait (i) une table de travail avec servo-contrôleur permettant de déplacer la position d'un support magnétique, ce support entraînant automatiquement un objet positionné à la surface de la table sur deux axes (horizontal X et vertical Y), et (ii) une interface informatique en temps réel (sans délai lié au traitement informatique) qui permettait de planifier et contrôler le type de mouvement que le patient devait réaliser. Cette interface permettait d'adapter de manière optimale les paramètres de l'objet (vitesse, trajectoire, etc.) aux performances motrices du patient
- B. La table s'articulait avec un fauteuil médicalisé et l'originalité du système était d'assurer le déplacement de l'objet en mettant en jeu une interface totalement sécurisée pour le patient

Lors de cette évaluation, les patients devaient réaliser des mouvements de pointage de la façon la plus rapide, directe et précise possible, sur trois cibles présentées sur une table. Les cibles étaient à une distance égale à la longueur séparant l'olécrâne de l'apophyse styloïde radiale, et étaient situées sur l'axe médian ou décalées d'un angle de 20° à droite et à gauche de l'axe médian.

Lors de chaque séance, 30 mouvements pour chaque bras étaient enregistrés (10 pour chaque cible). Les paramètres cinématiques retenus pour l'étude étaient le temps de mouvement, le nombre de pics de vitesse de l'index, l'angle maximal d'extension du coude, le gain de trajet effectué par l'épaule effectrice (rapport entre la distance séparant l'épaule de la cible en début du mouvement sur le trajet effectué par l'épaule en fin de mouvement *100), la précision du pointage (erreurs horizontale et verticale) ;

- **une prise en charge rééducative sur deux semaines consécutives (J2 à J5, J8 à J11) :** les patients ont été inclus dans l'un des deux groupes de l'étude en respectant une liste de randomisation préalablement établie avant l'étude (Proc Plan, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Si le tirage au sort désignait le groupe AUTO, le patient bénéficiait d'une rééducation mettant en jeu la motricité automatique par des exercices de préhension sur cibles mobiles en complément de la rééducation habituelle.

Si le tirage au sort attribuait le groupe CONTRÔLE, le patient ne bénéficiait pas d'une rééducation mettant en jeu la motricité automatique et seuls des exercices de préhension sur cibles statiques lui étaient proposés en complément de la rééducation habituelle ;

- **post-test immédiat (J12) :** les performances du patient étaient évaluées dès la fin de la prise en charge rééducative permettant d'estimer les effets potentiels induits par la prise en charge rééducative (pre-test *versus* post-test immédiat). Les mêmes évaluations cliniques et cinématiques du pré-test étaient réalisées ;
- **post-test tardif (J26) :** c'est le second post-test réalisé 2 semaines après la fin de la prise en charge rééducative. Il permettait d'estimer la stabilité des effets potentiels induits par la prise en charge rééducative (post-test immédiat *versus* post-test tardif), ou d'apprécier la mise en place de processus tardifs (pre-test *versus* post-test tardif). Il présentait les mêmes évaluations qu'en pré-test et post-test immédiats.

MATÉRIEL DE RÉÉDUCATION MOTRICE

Les séances de rééducation motrice proposées aux patients des deux groupes ont été réalisées sur une table développée spécialement à cet effet (fig. 2). Elle s'est inspirée d'un développement

méthodologique d'un système de rééducation de la motricité [18].

Les séances incluaient des exercices de préhension d'objets positionnés sur la table motorisée. La sélection de l'objet dépendait des capacités résiduelles de préhension du patient. Le patient était confortablement assis face à la table, et avant chaque mouvement, son membre supérieur parétique reposait sur un contacteur disposé sur la table face à son tronc. La position initiale de l'objet variait dans le champ de préhension du patient.

Le groupe AUTO devait réaliser des mouvements vers un objet en déplacement. Un programme informatique contrôlant la position de l'objet permettait de proposer différents types de déplacement de l'objet, sollicitant ainsi la motricité automatique : ainsi un signal sonore indiquait au patient qu'il pouvait initier son mouvement, et dès que la main du patient ne reposait plus sur le contacteur, l'objet se mettait en mouvement [19].

Différents déplacements de l'objet pendant le geste de préhension étaient programmés : l'objet s'éloignait du patient avec une vitesse prédéfinie dès que celui-ci initiait le mouvement, l'objet était déplacé de moins de 5 centimètres à une vitesse importante, ou alors le patient devait atteindre l'objet situé dans son champ de préhension avant que celui-ci ne soit percuté par un palet se déplaçant sur la table automatisée à une vitesse variable.

Le groupe CONTRÔLE était confronté à des objets dits statiques. Les objets étaient également placés dans le champ de préhension mais leurs positions étaient maintenues constantes tout au long de la réalisation du mouvement du patient.

Lors de chaque séance, les patients réalisaient en moyenne 120 à 400 mouvements de préhension.

ANALYSES STATISTIQUES

Dans un premier temps, les analyses ont porté sur les données intra-groupes. Pour estimer si les scores cliniques dépendaient des différents tests (pré-test, post-test immédiat et post-test tardif), les moyennes des scores obtenus lors de ces trois tests en rapport avec les différentes variables étudiées, ont été comparées par un test non paramétrique (ANOVA de Friedman).

Ensuite, afin de pouvoir comparer ces scores, ces derniers ont été comparés deux à deux (test de Wilcoxon).

Dans un second temps, les analyses ont porté sur les données intergroupes afin d'estimer si la prise en charge rééducative pouvait modifier l'évolution des scores cliniques. Pour pouvoir comparer les deux groupes, il a fallu tenir compte des performances initiales de chaque patient obtenues en pré-test, puis calculer un pourcentage d'évolution en post-test immédiat et tardif. Ainsi, pour chaque patient, un pourcentage d'évolution du score a été calculé selon l'équation : $(\text{post-test} - \text{pré-test}) / \text{pré-test} \times 100$. La comparaison de ces pourcentages entre les deux groupes AUTO et CONTRÔLE a été soumise à un test de Mann Whitney.

Le seuil de significativité retenu était $p = 0,05$.

RÉSULTATS CLINIQUES

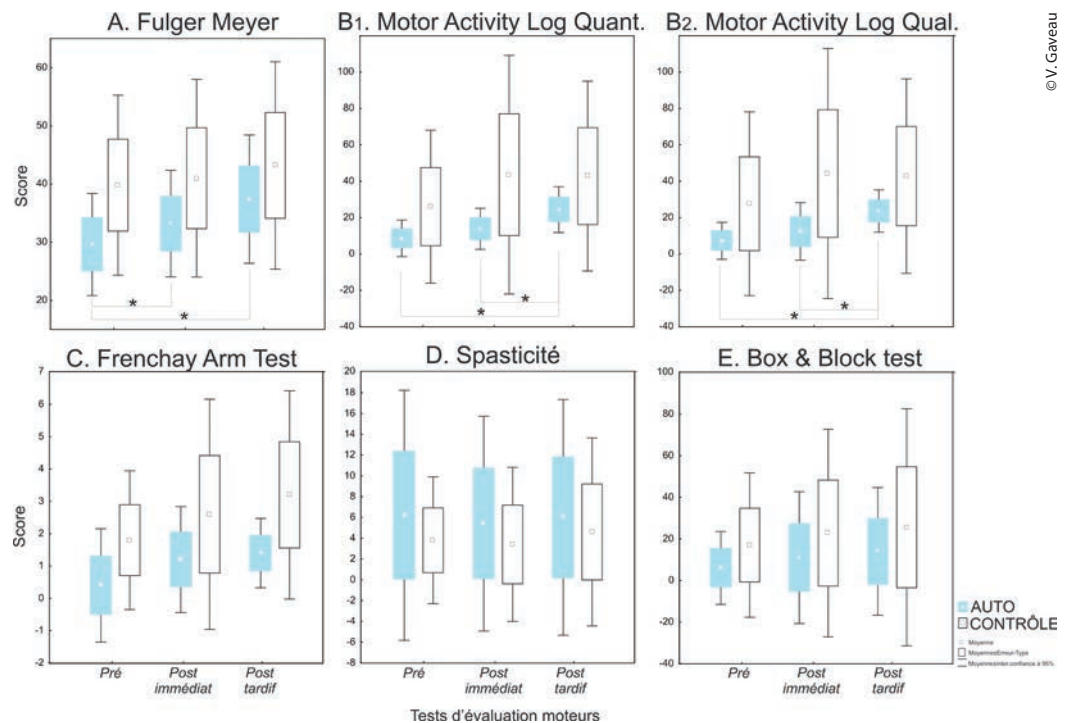
Pour chacun des groupes de patients, la comparaison des scores selon l'échelle de Fugl-Meyer (fig. 3A) caractérisant le déficit moteur du membre parétique, montre que ces scores ne sont différents que pour le groupe AUTO ($N = 5$, $dl = 2$) = 8,4, $p < 0,05$; CONTRÔLE ($N = 5$, $dl = 2$) = 1,4, $p > 0,05$).

De plus, ce groupe ayant bénéficié de séances de rééducation stimulant la motricité automatique présente aussi une évolution vers une amélioration du score au fur et à mesure des séances (pré-test *versus* post-test immédiat, $Z = 2,0$, $p < 0,05$; pré-test *versus* post-test tardif, $Z = 2,0$, $p < 0,05$; post-test immédiat *versus* post-test tardif, $Z = 1,7$, $p = 0,07$).

La comparaison de l'évolution moyenne du score de Fugl-Meyer entre le pré-test et le post-test immédiat n'a pas mis en évidence d'effet groupe ($Z = -1,4$, $p = 0,15$). En revanche, une tendance a pu être mise en évidence par l'analyse selon les mêmes modalités entre le pré-test et le post-test tardif ($Z = -1,6$, $p = 0,09$).

Les scores obtenus pour la *Motor activity log* (MAL) ont permis de distinguer les scores quantitatifs qui permettent d'évaluer la fréquence d'utilisation de la main parétique de ceux qualitatifs qui évaluent la qualité d'utilisation de la main parétique. Ainsi, pour la MAL quantitative (fig. 3B1), on observe une différence significative entre les trois tests d'évaluation uniquement pour le groupe AUTO ($N = 5$, $dl = 2$) = 9,5, $p < 0,05$) avec une évolution

Rôle des régulations automatiques du contrôle moteur : mise en place d'un protocole de rééducation des hémiparésies



► Figure 3

Scores cliniques de l'échelle de Fugl Meyer (A.), de la *Motor activity log* quantitative (B1.) et qualitative (B2), du *Frenchay arm test* (C.), de la spasticité (D.) et du *Box and Block test* (E.) obtenus pour le groupe de patients ayant bénéficié d'une rééducation motrice basée sur la motricité automatique (n = 5, AUTO), et pour le groupe ayant bénéficié d'une rééducation motrice basée sur la motricité intentionnelle (n = 5, CONTRÔLE). Les scores ont été récoltés lors du test d'évaluation clinique précédant (pré-test), suivant immédiatement (post-test immédiat) ou suivant de 2 semaines (post-test tardif) la rééducation.

vers une augmentation du score au fur et à mesure des séances (pré-test *versus* post-test immédiat $Z = 1,8$, $p = 0,06$; pré-test *versus* post-test tardif $Z = 2,0$, $p < 0,05$; post-test immédiat *versus* post-test tardif $Z = 2,0$, $p < 0,05$) ; aucun effet groupe sur l'évolution de ces scores n'a pu être mis en évidence même si une tendance à une évolution plus importante est observée pour le groupe AUTO à partir du post-test tardif ($Z = -1,83$, $p = 0,06$).

Pour les scores obtenus pour la MAL qualitative (fig. 3B2), on observe une différence significative entre les trois tests d'évaluation uniquement pour le groupe AUTO ($N = 5$, $dl = 2$) = 8,3, $p < 0,05$) avec une évolution vers une augmentation du score à partir du post-test tardif (pré-test *versus* post-test tardif $Z = 2,0$, $p = 0,04$; post-test immédiat *versus* post-test tardif $Z = 2,0$, $p < 0,04$) ; aucun effet groupe sur l'évolution de ces scores n'a pu être mis en évidence.

L'évaluation testant les capacités de préhension par le *Frenchay arm test* (fig. 3C) montre une différence entre les trois tests uniquement pour le groupe AUTO ($N = 5$, $dl = 2$) = 6,5, $p < 0,05$) sans

que l'évolution significative n'apparaisse (pré-test *versus* post-test immédiat $Z = 1,6$, $p = 0,10$; pré-test *versus* post-test tardif $Z = 1,82$, $p = 0,06$). Aucun effet groupe significatif sur l'évolution de ces scores n'a été mis en évidence.

Enfin, les scores de spasticité évaluée par l'échelle d'Ashworth modifiée (fig. 3D) et ceux testant l'habileté manuelle évaluée par le *Box and Block test* (fig. 3E) ne sont pas significativement différents pour chacun des groupes lors des trois tests d'évaluation, et il n'existe pas de différence significative d'évolution des scores entre les deux groupes.

RÉSULTATS CINÉMATIQUES

Pour chaque groupe, on a cherché à déterminer si la prise en charge rééducative modifiait les paramètres cinématiques du pointage en cherchant un effet lié au test (pré-test, post-test immédiat et tardif) et en dissociant chaque cible pointée (ipsilatérale, médiane, ou controlatérale).

Pour le groupe AUTO, on constate une diminution significative du temps de mouvement pour la cible ipsilatérale au bras ayant assuré le pointage ($N = 4$, $dl = 2$) = 6,5, $p = 0,03$), une diminution significative de l'angle du bras pour cible controlatérale ($N = 4$, $dl = 2$) = 6,5, $p = 0,03$), et une diminution du gain de l'épaule pour la cible centrale ($N = 4$, $dl = 2$) = 6, $p = 0,04$).

Pour le groupe CONTRÔLE, aucune autre différence n'apparaît significative concernant les paramètres cinématiques étudiés.

Ensuite, on a testé l'évolution des paramètres cinématiques au cours des trois tests pour chacun des groupes. Seul le groupe AUTO montre une diminution significative du temps de mouvement pour la cible en position centrale entre le pré-test et le post-test immédiat ($Z = 2$, $p < 0,05$), une amélioration de la précision du geste pour la cible controlatérale entre le pré-test et le post-test immédiat (erreur horizontale, $Z = 2$, $p < 0,05$) ainsi qu'une tendance à la diminution de l'angle d'extension du bras pour toutes les cibles.

Dans le groupe CONTRÔLE, on retient un effet significatif seulement sur l'erreur horizontale de pointage pour la cible controlatérale entre les post-tests immédiat et tardif ($Z = 2$, $p < 0,05$).

Enfin, aucune évolution significativement différente n'a été mise en évidence entre les deux groupes pour les paramètres cinématiques retenus.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Si une amélioration de la motricité a été observée individuellement chez tous les patients quelle que soit leur prise en charge rééducative, l'étude statistique des résultats obtenus, notamment ceux concernant le score de Fugl-Meyer et de la MAL, a révélé une tendance à l'amélioration des performances motrices plus importante dans le groupe ayant bénéficié d'une rééducation basée sur la stimulation de leur motricité automatique.

Cette amélioration a été supérieure à 5 points pour le score de Fugl-Meyer chez 4 patients sur 5 du groupe AUTO ; or, une variation supérieure ou égale à 5 points est jugée cliniquement significative [20].

De plus, les résultats n'ont pas mis en évidence d'augmentation de la spasticité, ni d'apparition des douleurs dans chacune des situations, malgré la répétition des gestes automatiques pour le groupe AUTO.

Concernant les données cinématiques, on constate une tendance à une diminution du temps de mouvement et une amélioration de la précision dans le groupe AUTO, contrairement au groupe CONTRÔLE. Si on constate une diminution inattendue de l'extension du coude, elle est associée à une avancée du tronc chez plusieurs patients. Cette situation née de l'absence de standardisation de la position de départ et de l'absence de mesure des amplitudes articulaires actives rend délicate l'interprétation de ces paramètres cinématiques.

Le nombre restreint de patients constitue la limite majeure de l'étude. Il s'y associe une absence d'homogénéité des patients qui conduit à la prudence quant à l'interprétation des résultats.

Cette étude constitue une étape préliminaire et de faisabilité quant à l'intérêt d'une nouvelle technique de rééducation mettant en jeu la motricité automatique sur table motorisée.

La mise en jeu de la motricité automatique lors de la rééducation du membre supérieur chez l'hémiplégique semble comporter une promesse d'efficacité, en complément des techniques de rééducation actuelles. ✕

Remerciements :

cette étude a bénéficié d'un Programme Hospitalier de Recherche Clinique National attribué à Y. Rossetti, et a été défendue lors de la soutenance de thèse de médecine de L. Havé (Université Claude-Bernard Lyon 1, Nov. 2011).

Bibliographie et quiz page suivante

Rôle des régulations automatiques du contrôle moteur : mise en place d'un protocole de rééducation des hémiparésies



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Benatru I, Rouaud O, Durier J, Contegal F, Couvreur G, Bejot Y, Victor Osseby G et al. Stable stroke incidence rates but improved case-fatality in Dijon, France, from 1985 to 2004. *Stroke* 2006;37(7):1674-9.
- [2] Wade DT, Hewer RL. Functional abilities after stroke: measurement, natural history and prognosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1987;50(2):177-82.
- [3] Rode G, Rossetti Y, Boisson D. Inverse relationship between sensation of effort and muscular force during recovery from pure motor hemiplegia: a single-case study. *Neuropsychologia* 1996;34(2):87-95.
- [4] Prablanc C, Martin O. Automatic control during hand reaching at undetected two-dimensional target displacements. *J Neurophysiol* 1992;67(2):455-69.
- [5] Goodale MA, Pelisson D, Prablanc C. Large adjustments in visually guided reaching do not depend on vision of the hand or perception of target displacement. *Nature* 1986;320(6064):748-50.
- [6] Pelisson D, Prablanc C, Goodale MA, Jeannerod M. Visual control of reaching movements without vision of the limb. II- Evidence of fast unconscious processes correcting the trajectory of the hand to the final position of a double-step stimulus. *Exp Brain Res* 1986;62(2):303-11.
- [7] Rossetti Y, Coello Y. Percevoir et agir : II- Contraintes temporelles des relations perception-action. *Psychologie Française* 2000;45(4):369-82.
- [8] Rossetti Y, Pisella L. Neuropsychologie des relations perception-action. In: Coello Y, Honoré J (eds). *Percevoir, s'orienter et agir dans l'espace*. Éditions Solal, 2001 : 205-35.
- [9] Rossetti Y, Pisella L. Tutorial. Several vision for action' systems: a guide to dissociating and integrating dorsal and ventral functions. In: Prinz W, Hommel B. (eds) *Attention and performance*. 2002b, Oxford University Press, 2002 : 62-119.
- [10] Pisella L, Gréa H, Tilikete C, Vighetto A., Desmurget M, Rode G, Boisson D, Rossetti Y. An automatic pilot' for the hand in human posterior parietal cortex: toward reinterpreting optic ataxia. *Nat Neurosci* 2000;3(7):729-36.
- [11] Milner AD, Dijkerman HC, Pisella L, McIntosh RD, Tilikete C, Vighetto A, Rossetti Y. Grasping the past: delay can improve visuomotor performance. *Current Biology* 2001;11:1896-1901.
- [12] Rossetti Y, Pisella L. *Mediate responses as direct evidence for intention: neuropsychology of Not to-, Not now- and Not there- tasks*. In: S. Johnson (ed). MIT Press, 2003.
- [13] Pisella L, Binkofski F, Lasek K, Toni I, Rossetti Y. No double-dissociation between optic ataxia and visual agnosia: multiple sub-streams for multiple visuo-manual integrations. *Neuropsychologia* 2006;44(13):2734-48.
- [14] Pisella L, Arzi M, Rossetti Y. The timing of color and location processing in the motor context. *Exp Brain Res* 1998;121(3):270-6.
- [15] Boisson D, Gaudin A. Le système 3D d'analyse du mouvement. 22^e Entretien de rééducation et de réadaptation de Montpellier, 1994 : 94-8.
- [16] Boisson D. Kinematical motion analysis of the upper limb. *Ann Réadapt Méd Phys* 2004;47(3):128-30.
- [17] Médée B, Bellaiche S, Revol P, Jacquin-Courtois S, Arsenault L, Guichard-Mayel A, Delporte L et al. Constraint therapy versus intensive training: implications for motor control and brain plasticity after stroke. *Neuropsychol Rehabil* 2010;20(6):854-68.
- [18] Schenk T, Philipp J, Häussler A, Hauck A, Hermsdörfer J, Mai N. A system for the study of visuomotor coordination during reaching for moving targets. *J Neurosci Methods* 2000;100(1-2):3-12.
- [19] Gaveau V. Rôle des régulations automatiques du contrôle moteur. Mise en place d'un protocole de rééducation. La préhension. Interface Inserm, 2010 : SOFMER Marseille.
- [20] Sanford J, Moreland J, Swanson LR, Stratford PW, Gowland C. Reliability of the Fugl-Meyer assessment for testing motor performance in patients following stroke. *Phys Ther* 1993;73(7):447-54.



QUIZ

Réponses page 65

- 1. Les processus impliqués dans la motricité automatique :**
- ☐ A- partagent des ressources sensorielles communes avec la motricité intentionnelle
 - ☐ B- sont caractérisés par des délais de traitements sensori-moteurs élevés
 - ☐ C- sont préemptifs sur ceux impliqués dans la motricité intentionnelle
- 2. Le « pilote automatique de la main » fait référence à :**
- ☐ A- des processus sensori-moteurs intégrés dans la moelle épinière
 - ☐ B- des processus sensori-moteurs intégrés dans la voie occipito-pariétale supérieure
 - ☐ C- des processus sensori-moteurs intégrés dans la voie occipito-pariétale inférieure
- 3. Dans un acte moteur, les capacités attentionnelle et de concentration d'un patient :**
- ☐ A- sont surtout sollicités dans des exercices moteurs intentionnels
 - ☐ B- sont surtout sollicités dans des exercices moteurs automatiques
 - ☐ C- ne dépendent pas du type de mouvement réalisé
- 4. Lors de la réalisation d'un mouvement rapide :**
- ☐ A- le sujet a toujours le contrôle volontaire des corrections motrices qui s'opèrent
 - ☐ B- le mouvement est sous le contrôle de processus automatiques qui guident l'action vers son but
 - ☐ C- une atteinte de la voie occipito-pariétale supérieure entraîne des déficits de correction automatique
- 5. L'échelle du Fugl-Meyer est un test clinique évaluant :**
- ☐ A- le déficit moteur du membre supérieur
 - ☐ B- la spasticité musculaire
 - ☐ C- les capacités de préhension dans les activités fonctionnelles