

La rééducation fonctionnelle : une question de techniques corporelles

Agnès Roby-Brami*, Sandra Martin** Nathanaël Jarrassé***.

* Directeur de recherche INSERM. Institut des systèmes intelligents et de robotique. ISIR, Université Pierre et Marie Curie. **

** Ergonome, , Institut des systèmes intelligents et de robotique. ISIR, Université Pierre et Marie Curie

*** Chargé de recherche CNRS en robotique. Institut des systèmes intelligents et de robotique. ISIR, Université Pierre et Marie Curie

roby-brami@isir.upmc.fr

Le but de ce chapitre est de mettre en évidence l'importance de l'apprentissage des techniques corporelles lors la rééducation en vue d'une récupération fonctionnelle. Pour cela, nous prendrons comme exemple le cas de patients devenus hémiparétiques à la suite d'une lésion neurologique, typiquement à la suite d'un accident vasculaire cérébral (AVC).

Cette pathologie très fréquente associe des déficiences variées et sa prise en charge soulève des questions complexes : d'une part celle des interactions entre les mécanismes biologiques (plasticité cérébrale) et comportementaux (apprentissage, compensations) qui conditionnent la récupération, et d'autre part la place des techniques du corps dans la pratique de rééducation. Immédiatement après l'AVC, les patients présentent une paralysie de la moitié du corps du côté opposé à la lésion (hémiparésie). Cette paralysie diminue progressivement pendant les semaines qui suivent et le patient peut récupérer une certaine fonction motrice. Toutefois, cette récupération spontanée est inconstante et le plus souvent incomplète : si beaucoup peuvent récupérer la marche, plus de la moitié des patients gardent des séquelles fonctionnelles au niveau du bras, ce qui occasionne un handicap important dans la vie quotidienne. Classiquement, on considérait en clinique neurologique que l'ensemble des symptômes et des déficits que présentait le patient étaient liés à la taille et la localisation de la lésion par rapport aux aires cérébrales qui contrôlent la motricité. La récupération était attribuée uniquement à des processus biologiques survenant au sein du cerveau pendant les premières semaines ou mois après l'AVC. Après la fin de cette période sensible on considérait alors que les possibilités de récupération étaient très réduites. Or cette opinion est contestée depuis une quinzaine d'année en raison d'une part de la démonstration de la plasticité cérébrale et d'autre part d'observations de récupérations fonctionnelles même longtemps après un accident vasculaire cérébral grâce à de nouvelles techniques de rééducation. Le champ de la rééducation fonctionnelle est désormais en renouvellement. Les investigations sur le plan fondamental ne se limitent plus à la biologie mais prennent maintenant en compte les théories de l'apprentissage. De nombreuses études récentes proposent de nouvelles techniques faisant intervenir la technologie (robotique, réalité virtuelle..) dans l'espoir d'améliorer les possibilités de récupération et de limiter les séquelles fonctionnelles et

donc le handicap. Ces avancées scientifiques font évoluer les pratiques quotidiennes de rééducation c'est-à-dire à la fois le regard médical sur la motricité des patients, la pratique de la rééducation en tant que technique corporelle professionnelle et les techniques corporelles enseignées par les thérapeutes.

En suivant le cadre de la Classification Internationale du Fonctionnement, nous examinons dans cet article d'abord les mécanismes bio-médicaux qui déterminent la récupération fonctionnelle post-AVC en relation avec la plasticité cérébrale puis les mécanismes comportementaux qui font largement appel à l'apprentissage des techniques du corps.

1. Handicap et Classification Internationale du Fonctionnement

Les travaux de l'Organisation Mondiale de la Santé ont d'abord permis d'éclaircir les relations entre les maladies, leurs conséquences corporelles (déficiences), fonctionnelles (incapacités) et le handicap social. Récemment, la Classification Internationale du Fonctionnement (CIF) qu'elle a éditée a placé ces notions dans un cadre universel en reconnaissant que tout humain peut avoir l'expérience d'un certain degré de handicap. Grâce à cette classification, le handicap n'est plus considéré uniquement comme un problème biologique ou médical, mais est placé dans le contexte social et environnemental. La CIF liste des items en distinguant le niveau des structures et des fonctions corporelles, le niveau de l'activité et le niveau de la participation sociale. Dans le cas qui nous occupe, un patient hémiparétique, c'est-à-dire victime d'une déficience à l'origine d'une forme mineure d'hémiplégie, présente une atteinte de structures corporelles (du cerveau) et de plusieurs fonctions corporelles : les troubles du « contrôle volontaire des mouvements simples » sont souvent associés à d'autres troubles fonctionnels élémentaires. Mais, comme permet de le formaliser la CIF, ces troubles perturbent le niveau de l'activité (par exemple ce patient est gêné pour « porter, déplacer et manipuler des objets »), ce qui retentit sur ses possibilités de participation sociale. La CIF liste également les facteurs environnementaux qui peuvent intervenir, en particulier les aides techniques et autres moyens technologiques.

Comme son nom l'indique la CIF est une classification et non pas une théorie : elle n'aborde pas les mécanismes d'articulation, de passage ou de production entre ces niveaux. Néanmoins elle a le mérite de mettre en valeur la spécificité et l'importance du niveau de l'activité.

2. Mécanisme de la récupération post lésionnelle

2.1. Plasticité activité dépendante

Le système nerveux central est organisé de façon hiérarchique, ses différentes structures contrôlent des fonctions de plus en plus complexes depuis les niveaux inférieurs (les réflexes contrôlés par la moelle épinière) jusqu'aux niveaux les plus sophistiqués comme le cortex cérébral. Le cortex cérébral, est organisé en aires primaires spécialisées pour les fonctions sensorielles et motrices élémentaires et en aires associatives pour les interactions plus complexes. Le cortex préfrontal, qui est particulièrement développé chez l'homme, est déterminant pour les fonctions exécutives et cognitives.

Commenté [ARB1]: La référence web n'est peut être pas utile car immédiate à retrouver.

Les aires primaires sont organisées de façon somatotopique, c'est-à-dire qu'elles reproduisent une certaine carte du corps. Chaque zone du cortex somato-sensoriel reçoit des informations d'une partie du corps comme chaque zone de l'aire motrice primaire en commande une partie définie. Ces cartes reflètent l'importance fonctionnelle de chaque partie du corps avec une représentation proportionnellement beaucoup plus grande de l'aire de la main par rapport au tronc. Les aires associatives comportent également des cartes qui associent avec une combinatoire complexe les informations provenant des cartes primaires. Ces cartes cérébrales ont longtemps été considérées comme fixes jusqu'à la démonstration dans les années 80' de possibilité de plasticité corticale de ces aires, c'est-à-dire par exemple des modifications de la répartition des zones corporelles sur les cartes corticales primaires (voir la revue de littérature effectuée par Christian Xerri¹). La démonstration a d'abord porté sur les modifications de ces aires à la suite d'altérations corporelles chez l'animal (amputation, section de nerf...); ensuite, il s'est avéré que ces modifications sont étroitement dépendantes de l'activité de l'animal; enfin on a observé une plasticité corticale à la suite d'apprentissages sensori-moteurs particuliers. Cette plasticité liée à l'apprentissage a été par la suite démontrée chez l'homme par des techniques d'imagerie².

L'hémiplégie est liée à l'atteinte de l'aire motrice primaire ou du faisceau pyramidal (qui convoie les commandes motrices cérébrales de cette aire vers la moelle épinière puis les muscles). Randolph Nudo et son équipe ont montré en 1996 que cette aire peut être le siège d'une plasticité (voir la revue de littérature effectuée par Numa Dancause et Randolph Nudo³). Pour cela ils ont pratiqué une lésion localisée de la zone de la main chez des singes et ont placé les animaux dans deux conditions d'élevage différentes. En condition normale, les aliments sont présentés sur un plateau dans des alvéoles larges et évasées, et les singes peuvent les attraper avec un mouvement global de la main; en condition expérimentale, les aliments sont placés dans des alvéoles profondes et étroites, et les singes doivent pratiquer des mouvements plus fins des doigts pour les attraper. Les auteurs ont ensuite étudié la carte de l'aire motrice corticale après une période de plusieurs mois. Ils ont observé un rétrécissement de la carte corticale de la main bien au-delà de la zone lésée chez les singes placés dans les conditions normales. Au contraire, chez les singes entraînés à faire des mouvements des doigts, la carte non seulement ne dégénère pas mais elle a tendance à s'accroître. Cette expérience très importante montre a) qu'il y a une possibilité de plasticité corticale post lésionnelle et b) que cette plasticité est « activité-dépendante ». La plasticité se manifeste aussi par la vicariance (c'est-à-dire une certaine possibilité de substitution) entre les cartes corticales, en particulier l'implication accrue des aires motrices secondaires si l'aire primaire est lésée. Ces données ont été très largement confirmées depuis, chez l'animal mais aussi chez l'homme après un AVC. La plasticité est d'autant plus importante que la lésion s'installe lentement comme dans le cas des tumeurs.

2.2. Compensation et « non-utilisation acquise »

D'autres observations récentes, sont venues conforter l'idée d'amplifier l'apprentissage sensorimoteur pendant la rééducation. En partant d'un modèle animal, Edward Taub a proposé l'hypothèse que des phénomènes de « non-utilisation acquise » (« learned non-use ») peuvent apparaître du fait d'un cercle vicieux qui

s'établit dans les semaines qui suivent l'AVC⁴. Brièvement, comme les tentatives de mouvement avec le bras hémiparétique sont difficiles et mal coordonnées, les effets associés à ces mouvements (échec, douleur) agissent comme un renforcement négatif. En parallèle, le patient prend l'habitude d'utiliser le « bon » bras dans les activités quotidiennes et l'efficacité croissante de cette compensation agit comme un renforcement positif. Au total, ce phénomène pourrait aggraver la perte fonctionnelle du côté hémiparétique : le membre se retrouve comme exclu de l'organisation des gestes. Surtout, Edward Taub a défendu l'hypothèse de la réversibilité ou d'une certaine flexibilité de ce phénomène. Il a montré que des patients hémiparétiques au stade chronique, chez qui on n'espérait plus d'amélioration, peuvent progresser par ce qu'il a nommé une « thérapie par la contrainte ». Il s'agit à la fois de les empêcher d'utiliser le bras valide et de les inciter à utiliser au maximum le bras hémiparétique pendant plusieurs heures par jour pendant deux semaines. Les bons résultats cliniques initiaux ont conduit à diffuser ce type de méthode, mais avec des aménagements de la contrainte. En effet, on sait maintenant que l'efficacité dépend plus du renforcement de l'activité du bras hémiparétique que de la contrainte elle-même comme l'a montré l'évaluation clinique multicentrique effectuée par Wolf et collaborateurs⁵. Les principes de la thérapie modifiée sont d'associer une pratique intense ancrée dans les activités quotidiennes et des exercices gradués selon le principe du « shaping » qui consiste à sélectionner des tâches précisément adaptées à la déficience, à donner des informations sur les résultats de chaque geste (« knowledge of result, KR »), à quantifier et présenter des informations sur la qualité du mouvement (« knowledge of performance, KP »), et à augmenter la difficulté régulièrement par étapes.

Par ailleurs, les patients hémiparétiques peuvent utiliser d'autres types de compensation que l'usage du « bon » bras. Dans une série d'études, nous avons montré avec Mindy Levin que lorsque les patients ont des difficultés à tendre le bras pour prendre des objets par exemple, ils peuvent tout simplement fléchir le tronc de façon excessive⁶. En effet, le corps est mécaniquement redondant comme l'a bien démontré Nikolaï Bernstein⁷, ce qui fait qu'il y a plusieurs façons de coordonner les articulations pour provoquer un déplacement de la main vers un objet. Les patients tirent profit de cette redondance et choisissent un autre type de coordination entre le tronc et le bras pour accomplir la tâche (prendre un objet) malgré la paralysie du coude et la mauvaise coordination épaule-coude en fléchissant le tronc. Pour faire travailler la coordination épaule-coude, il est alors important de bloquer la flexion du tronc lors des exercices du membre hémiparétique, sinon les patients ont tendance à exagérer encore cette compensation et la coordination épaule-coude n'en est pas améliorée.

Le concept de « non-utilisation acquise » permet de distinguer deux mécanismes de restauration fonctionnelle en s'appuyant sur les niveaux d'analyse de la CIF. La récupération « vraie » se rapproche de la normalité. Du fait de la plasticité cérébrale activité-dépendante, l'activité cérébrale et la coordination du membre tendent à se normaliser ce qui a pour effet de réduire le niveau de déficience. Dans d'autres cas, l'évolution peut se faire selon un schéma de compensation (utilisation accrue du « bon » bras ou du tronc) dans ce cas, le patient peut récupérer un certain niveau d'activité dans la vie quotidienne malgré ses déficiences.

Certains auteurs, comme par exemple Mark Latash et Greg Anson, considèrent que chaque personne, valide ou non, organise sa motricité spontanément lors de son

activité quotidienne pour atteindre un équilibre dynamique qui représente la meilleure solution possible en fonction de ses propres contraintes corporelles⁸. Les différences de schémas moteurs ne devraient donc pas être considérées comme pathologiques mais comme « atypiques » par rapport à la normale. Selon ce point de vue, il ne faudrait pas tenter de normaliser certaines anomalies motrices comme les compensations mais les respecter en fonction de ce principe dynamique. Ce raisonnement est intéressant et pertinent dans certains cas, puisque le but final est d'améliorer les possibilités d'activité de la vie quotidienne, et donc de participation sociale. Mais dans le cas des patients hémiparétiques ce raisonnement méconnaît le phénomène de « non-utilisation acquise » qui risque d'aggraver le niveau final de déficience. Il méconnaît également le fait que les conséquences d'un AVC sont évolutives pendant la période initiale sensible de quelques semaines ou mois. Pendant la période initiale où il existe une certaine récupération spontanée, la rééducation active pourrait avoir un beaucoup plus grand potentiel qu'à la période chronique, des années après l'AVC.

3. Perspectives pour la rééducation

La pratique de rééducation engage des techniques du corps à la fois de la part du thérapeute et du patient. Les techniques de rééducation en kinésithérapie s'enseignent de façon traditionnelle par la pratique, directement d'enseignant à élève, avec une grande importance du contact corporel et de la démonstration. Les méthodes reposent sur des observations empiriques et sont relativement peu formalisées dans le détail.

Dans le cas des patients hémiparétiques, les méthodes classiques sont inspirées du « Concept Bobath ». Elles reposent sur la notion qu'il faut éviter le développement d'activités motrices excessives qui apparaissent du fait de l'altération du contrôle cérébral. La spasticité, les syncinésies ou les synergies pathologiques sont effectivement fréquentes après un AVC. Ces méthodes reposent sur le contrôle de la posture et la mobilisation prudente des membres afin d'inhiber les activités excessives. Il est indispensable d'effectuer des mouvements de bonne qualité avant d'envisager un entraînement actif plus intense. Ainsi, la marche par exemple n'est rééduquée spécifiquement que tardivement lorsque le patient maîtrise l'équilibre postural et des déplacements axiaux dans diverses situations. Il en est de même pour la motricité du bras. Typiquement, dans un service hospitalier, avec une ou deux séances de rééducation par jour les patients effectuent quelques dizaines de mouvements actifs du bras.

L'ensemble des connaissances récentes sur la plasticité cérébrale activité-dépendante et sur l'importance de l'apprentissage conduit à revisiter les conceptions classiques de la rééducation (voir Paul Bach-y-Rita, 2001⁹). Le but est d'associer des méthodes enrichies basées sur l'apprentissage moteur pour favoriser une motricité active le plus précocement possible, la rééducation devrait également être plus intense et prolongée.

Dans ce but, de nombreuses techniques basées sur la technologie ont été développées. En effet, la réalité virtuelle ou augmentée permet de développer des activités de rééducation « orientées vers la tâche », grâce à des interfaces homme-machine enrichies et programmées pour fournir divers types d'interactions. La robotique associée à la réalité virtuelle permet en outre d'offrir un soutien mécanique au membre¹⁰. Les premiers robots ont été conçus pour la rééducation de la locomotion

(Figure 1). Le premier visant à la rééducation du membre supérieur a été développé par le MIT (MANUS) (Figure 2), il interagit au niveau de la main pour accompagner les mouvements épaule-coude dans le plan. Il peut être programmé pour mobiliser passivement le bras ou pour accompagner le mouvement (mode actif aidé) voir résister. Ainsi si les patients ne réussissent pas à atteindre la cible, ils sont aidés par le robot et il n'y a pas de renforcement négatif. Des robots plus récents à structure d'exosquelette (c'est-à-dire de squelette externe) offrent la possibilité de contrôler le membre en différents points mais leur efficacité clinique n'a pas encore été évaluée. La réalité virtuelle associée ou non à la robotique permet d'offrir un retour visuel de certaines données issues des capteurs afin d'informer le patient sur ses résultats (KR) ou sur des aspects pertinents de sa performance (KP) et de le motiver à s'améliorer. Les expériences basées sur les jeux informatiques offrent non seulement des environnements ludiques et motivants mais également la possibilité d'adapter les difficultés aux niveaux de performance du patient. Ces techniques permettent un entraînement plus intensif : plusieurs centaines de mouvements en une séance au lieu de quelques dizaines.

Il est particulièrement difficile d'évaluer l'efficacité des méthodes de rééducation en général. La règle de bonne pratique est de faire des études comparatives randomisées et contrôlées. En raison de la grande variabilité clinique, il faut recruter un grand nombre de patients, donc dans plusieurs centres associés. De plus les critères de jugement sont difficiles à standardiser. Il faut les suivre pendant l'intervention (quelques semaines) et longtemps à distance pour observer si l'effet persiste. Il s'agit donc d'études très longues et coûteuses. De plus, le contenu d'une séance de rééducation « habituelle » est difficile à standardiser. Selon ces critères, très peu de méthodes de rééducation ont une efficacité prouvée (la thérapie par la contrainte modifiée est une exception). Il est démontré que la rééducation avec un robot est efficace mais pas plus qu'une rééducation manuelle à quantité égale (mais rappelons que la thérapie manuelle habituelle est moins intense d'un ordre de grandeur).

La rééducation assistée par la robotique pourrait-elle avoir un rôle qualitatif en plus de son apport quantitatif ? Afin de répondre à cette question, il faut analyser plus finement les interactions entre le robot et la personne humaine afin a) de favoriser également la qualité de la coordination des mouvements, en particulier grâce à des structures de type exosquelette et b) de renforcer l'implication des patients dans la production active de mouvements. Bien que les méthodes contemporaines insistent sur l'importance de bouger davantage et de façon active, il ne faut pas négliger la qualité des mouvements au risque d'amplifier les compensations voire d'entraîner des effets secondaires. La surveillance de thérapeutes est alors primordiale pour guider l'entraînement et corriger les postures à risque, en s'inspirant des principes de type Bobath.

Dans l'état actuel des connaissances il est donc difficile de recommander un type de rééducation ou un autre sur une base scientifique ferme. Par contre, une réflexion est en cours dans de nombreux pays et de nombreux guides de bonnes pratiques apparaissent, mais ils vont malheureusement peu dans les détails des techniques corporelles utilisées ou préconisées.

La question en suspens est de savoir sur quels critères précis décider s'il faut proposer

une rééducation intensive et prolongée dans le but de réduire les déficiences, ou si au contraire il faut miser sur le réapprentissage d'activités utiles dans la vie quotidienne en utilisant au maximum les compensations. Pouvoir répondre à cette question sur une base individuelle est de première importance pour guider la rééducation. Mais de nombreuses études sont encore nécessaires pour préciser les critères nécessaires et leur évolution.

Notes

- ¹ C. Xerri, « Plasticité post-lésionnelle des cartes corticales somatosensorielles : une revue ». *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1998, n° 321.
- ² F. Chollet, « La contre-attaque du cerveau ». *La recherche, Spécial cerveau*, 2007, dossier mensuel n° 410.
- ³ N. Dancause et R.J. Nudo, « Shaping plasticity to enhance recovery after injury », *Progress in Brain Research*, 2011, n°192.
- ⁴ E. Taub, G. Uswatte, T. Elbert, « New treatments in neurorehabilitation founded on basic research », *Nature Reviews Neuroscience*, 2002, n°3.
- ⁵ S.L. Wolf, C.J. Winstein, J.P. Miller, E. Taub, G. Uswatte, D. Morris, C. Giuliani, K.E. Light, D. Nichols-Larsen et EXCITE Investigators. « Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: the EXCITE randomized clinical trial », *Journal of the American Medical Association*, 2006, n° 296.
- ⁶ A. Roby-Brami, « Plasticité du comportement moteur chez les patients cérébro-lésés », *Intellectica*, 2003, n° 36-37.
- ⁷ N.A. Bernstein, « Dexterity and Its Development », In M. L. Latash et M. Turvey (dir) *On Dexterity and Its Development*, Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1996.
- ⁸ M.L. Latash et G. Anson « What are "normal movements" in atypical populations ». *Behavioral and Brain Sciences*, 1996, n° 19.
- ⁹ P. Bach-y-Rita « Theoretical and practical considerations in the restoration of function after stroke ». *Topics in Stroke Rehabilitation*, 2001; n°8.
- ¹⁰ J. Robertson, N. Jarrassé, V. Pasqui et A. Roby-Brami. « De l'utilisation des robots pour la rééducation : Intérêt et perspectives », *Lettre de médecine physique et de réadaptation*, 2007, n° 23.



Figure 1. Lokomat@Pro : Illustration d'un robot pour la rééducation de la locomotion : (Picture: Hocoma, Switzerland, <http://www.hocoma.com>).

Figure 2.

Robot Inmotion <http://interactive-motion.com/clinical-research/stroke/>