



Plasticité cérébrale et réhabilitation par Alexis Perrot

Le cerveau humain est la seule partie du corps dont les cellules ne peuvent se régénérer, ou du moins c'est ce qui a longtemps été pris pour acquis dans la littérature scientifique. Les neurones sont probablement les cellules du corps humain les plus sensibles aux changements dans leur environnement (approvisionnement en oxygène, nutriments, déchets métaboliques, etc.). Lorsqu'un caillot se loge dans une artère durant un AVC (accident vasculaire cérébral), l'approvisionnement de sang aux neurones est restreint ou complètement coupé, ce qui implique que les neurones subissent déjà des dommages dans les secondes suivant l'accident. Comment expliquer alors que des personnes ayant subi un AVC réussissent à retrouver une partie des fonctions perdues suite à leur accident, si la structure du cerveau n'est pas malléable ?

Bases en neurosciences

Les avancées en recherche ont permises de découvrir que le cerveau est non seulement capable de se « régénérer » (à moindre échelle que le reste du corps), mais aussi de se transformer et d'évoluer tout au long de notre vie par l'entremise d'un processus appelé la plasticité cérébrale (Berlucchi, 2011). D'abord, qu'est-ce que la plasticité cérébrale ? On peut la définir comme le processus par lequel le cerveau encode ses expériences et fait des apprentissages. Parmi les mécanismes inhérents à la plasticité cérébrale, on compte la neurogenèse, la consolidation synaptique et la consolidation systémique (Goldstein, 2015).

La neurogenèse, le processus par lequel de nouveaux neurones sont créés, est surtout présente dans le cerveau immature des nourrissons (Johnston, 2009), mais les plus récentes recherches ont démontrées une persistance du processus durant l'âge adulte, notamment dans certaines parties de l'hippocampe. La capacité des nouveaux neurones de s'intégrer aux circuits existants et de remplacer les neurones endommagés a poussé les chercheurs à explorer les possibles applications de la transplantation de cellules souches dans les programmes de réhabilitation pour les dommages neuronaux (Berlucchi, 2011).

Consolidation synaptique

La consolidation synaptique fait référence aux changements structuraux qui se produisent au niveau des synapses des neurones et qui résultent en un changement de la force de la connexion. L'activité synaptique provoque une série de réactions chimiques qui amènent la synthèse de nouvelles protéines responsables des changements structuraux au niveau de la synapse. Une des conséquences de ces changements structuraux est le renforcement de la transmission synaptique. Le phénomène résultant de ce renforcement est appelé la LTP (*long term potentiation*). La LTP cause l'augmentation du nombre d'influx nerveux produit par le neurone, pour un même stimulus. À l'opposé, le phénomène de LTD (*long term depression*) est associé à une diminution de la force de transmission synaptique et par conséquent une diminution du déclenchement d'influx nerveux (Goldstein, 2015). Les processus de LTP et de LTD sont des fonctions clés dans la réorganisation et la stabilisation du développement des réseaux neuronaux dans le cortex sensorimoteur (Johnston, 2009). La LTP est également associée à la formation de la mémoire dans l'hippocampe (Goldstein, 2015).

Consolidation systémique

La plasticité cérébrale loin de se limiter aux changements structuraux au niveau de la synapse, est aussi responsable du caractère dynamique des réseaux neuronaux. En effet, les neurones ont la capacité d'étendre leurs projections vers celles d'autres neurones, jeunes ou vieillissantes, pour former de nouvelles connexions synaptiques, processus nommé germination axonale. Le remodelage des projections synaptiques (formation, élimination et changement de forme) et la germination axonale sont aujourd'hui reconnus comme les principaux mécanismes par lesquels la maturation et l'expérience réorganisent, de manière constante, la connectivité des neurones durant notre vie (Berlucchi, 2011). Un peu comme si nos réseaux routiers avaient la capacité de continuellement s'adapter à l'achalandage de voitures qui y circulent.

Selon le principe du *use it or lose it*, les réseaux neuronaux qui ne sont pas activés de manière régulière se dégradent. Ainsi, dans le contexte de la réhabilitation, cela souligne l'importance de l'entraînement des fonctions endommagées afin de protéger des réseaux neuronaux qui seraient autrement perdus après l'accident. Lors de l'entraînement, il faut aussi effectuer l'activité de manière suffisamment intense et fréquente pour pouvoir induire la LTP et alors, observer des changements plus importants et durables (Kleim et al., 2008).

Approches en réhabilitation des fonctions cérébrales

On peut diviser les approches pour l'amélioration des fonctions cérébrales après des dommages au cerveau en deux catégories. Il y a celles qui tentent de limiter la gravité des dommages initiaux pour minimiser les pertes de fonctions cérébrales, puis celles qui se concentrent sur la réorganisation du cerveau, afin de restaurer ou de compenser pour des

fonctions déjà altérées ou perdues. Les conséquences comportementales les plus évidentes aux dommages cérébraux sont les techniques de compensation qu'un individu développe pour effectuer ses tâches quotidiennes. On peut dès lors considérer qu'un cerveau que l'on tente de réorganiser par la réhabilitation est aussi un cerveau qui a déjà enclenché une réorganisation conséquente aux techniques de compensation « auto-apprises » par l'individu. Cette capacité d'adaptation peut autant contribuer de manière positive au résultat final, qu'elle peut nuire à l'avancement du traitement. Par exemple, les mauvaises habitudes apprises sont susceptibles d'induire une plasticité non désirée, interférant avec le traitement (Kleim et al., 2008).

Stimulation cérébrale

Lors d'une lésion cérébrale, les tissus intacts entourant la région endommagée ont un effet inhibiteur sur celle-ci, un phénomène appelé inhibition intra-hémisphérique. On postule qu'une compétition intra-corticale entre les régions adjacentes est responsable de l'inhibition. Parmi les stratégies proposées pour augmenter l'activité de la région cérébrale lésée, on retrouve notamment la rTMS (Transcranial magnetic stimulation) et la tDCS (Transcranial direct current stimulation) (Johansson, 2011). La rTMS consiste à envoyer des ondes électromagnétiques de diverses fréquences à partir d'un dispositif (gros aimant) placé sur la tête, vers une région ciblée du cortex (National Institute of Mental Health, 2016). Avec la rTMS, on a trouvé que lorsqu'exposé de manière répétée à des fréquences d'ondes élevées (environ 20 Hz), on pouvait observer une augmentation temporaire de l'excitabilité du cortex (Johansson, 2011). La tDCS, est un dispositif envoyant un faible courant électrique constant par l'entremise d'électrodes placées sur le cuir chevelu. Selon l'emplacement des électrodes, le courant peut avoir une action différente sur l'excitabilité des neurones. En plaçant l'anode (électrode négative) au-dessus de la zone d'intérêt du cortex, le courant électrique produit une dépolarisation des neurones cibles. Ce qui signifie que le courant diminue le seuil de stimulation nécessaire au neurone pour produire un influx nerveux. Plus simplement, la sensibilité du neurone est augmentée. En plaçant la cathode (électrode positive), cette fois, au-dessus de la zone d'intérêt, on obtient un effet d'hyperpolarisation : la « sensibilité » du neurone est réduite (Neuromodec, 2017).

Une autre approche pour la stimulation électrique du cerveau s'attaque au principe d'inhibition inter-hémisphérique. Ce principe fait référence à l'influence que détient la représentation motrice et/ou sensorielle d'une fonction intacte d'un hémisphère sur son homonyme endommagé de l'autre hémisphère. Pour ramener un équilibre entre les hémisphères, on se concentre soit à augmenter l'activité de l'hémisphère endommagé avec des fréquences élevées de rTMS ou avec la tDCS « anodale », soit à diminuer celle de l'hémisphère intact avec des fréquences faibles de rTMS ou la tDCS « cathodale » (Johansson, 2011). Lorsque combinée à l'entraînement, la stimulation corticale a le potentiel d'amplifier la plasticité déjà produite par l'apprentissage et ainsi produire des résultats plus marqués et durables (Neuromodec, 2017). L'avantage d'utiliser la technique de tDCS dans les traitements est qu'elle est plus facile à appliquer et moins coûteuse (Johansson, 2011).

Entraînement multisensoriel

À la suite de lésions corticales, la capacité de traitement simultanée des stimuli environnants est réduite. Les données actuelles appuient les bénéfices de l'entraînement multisensoriel dans le réapprentissage et la compensation de la perte d'une fonction. Parmi les méthodes présentement utilisées, on trouve « l'action-observation », l'imagerie mentale et la réalité virtuelle. L'action-observation consiste à observer des actions quotidiennes qui sont semblables aux mouvements effectués durant l'entraînement. Les neurones qui sont activés en association avec la performance d'une tâche motrice et l'observation d'un autre individu effectuant la même action sont nommés les neurones miroirs. Les neurones miroirs contribuent à l'imitation de mouvement et à la compréhension des intentions des autres. Cette méthode a montré des résultats supérieurs à l'entraînement seul, dans le rétablissement des fonctions motrices (Johansson, 2011).

Compléter une tâche en imagerie mentale (se visualiser en train d'effectuer une tâche) requiert une activation consciente des régions cérébrales associées à la préparation et à l'exécution des mouvements. Dans des tests cliniques, l'entraînement mental s'est révélé efficace pour améliorer les fonctions motrices chez des patients victimes d'AVC, par rapport aux groupes contrôles. L'entraînement mental pourrait aussi altérer la représentativité d'une fonction sur le cortex et donc, possiblement limiter l'inhibition par les autres fonctions intactes adjacentes. Un des avantages de l'imagerie mentale est qu'elle peut être entamée tôt dans le processus de réhabilitation car elle ne dépend pas de l'habileté de la personne à effectuer la tâche (Johansson, 2011).

Finalement, les entraînements en réalité virtuelle, en plus d'être associés avec l'amélioration des fonctions comme l'attention, la vitesse et la précision d'exécution d'une tâche, permettent aussi aux patients de pratiquer des tâches quotidiennes en recréant un environnement réaliste comme celui d'une épicerie. Par ailleurs, un système de réalité virtuelle à faible coût est en développement pour les patients atteints d'AVC (Johansson, 2011). Il sera intéressant de voir comment cette technologie sera intégrée au traitement des patients, particulièrement une fois sortie des centres hospitaliers.

Références

BERLUCCI, Giovanni. (2011). « Brain plasticity and cognitive neurorehabilitation », *Neuropsychological Rehabilitation*, 21,5 : 560-578 [En ligne] <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09602011.2011.573255> (Page consultée le 23 octobre 2016).

GOLDSTEIN, Bruce. (2015). *Cognitive psychology: Connecting mind, research and everyday experience, 4th edition*, Stamford, Cengage learning, 464 p.

JOHANSSON, B. B. (2011). « Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity », *Acta Neurologica Scandinavica*, 123 : 147–159 [En ligne] <https://www.researchgate.net/publication/45797320> (Page consultée le 23 octobre 2016).

JOHNSTON, Michael V. (2009). « Plasticity in the developing brain: Implication for rehabilitation », *Developmental disabilities research reviews*, 15: 94–101 [En ligne] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ddrr.64/epdf> (Page consultée le 23 octobre 2016).

KLEIM, Jeffrey A., Theresa A. JONES. (2008). « Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage », *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51: S225–S239 [En ligne] <http://jslhr.pubs.asha.org/article.aspx?articleid=1773394> (Page consultée le 23 octobre 2016).

National Institute of Mental Health. (2016). « Brain Stimulation Therapies », [En ligne] <https://www.nimh.nih.gov/health/topics/brain-stimulation-therapies/brain-stimulation-therapies.shtml> (Page consultée le 19 janvier 2016).

Neuromodec. (2017). « WHAT IS TRANSCRANIAL DIRECT-CURRENT STIMULATION (TDCS)? », [En ligne] <https://neuromodec.com/what-is-transcranial-direct-current-stimulation-tdcs/> (Page consultée le 19 janvier 2017).