

Dossier thématique de la
Fondation de l'Avenir

NEUROLOGIE

SOMMAIRE

I - Fonctionnement du cerveau

- A - Un organe complexe
- B - Le cerveau, un organe en évolution

II - Les maladies neurologiques

A - Les AVC

- 1 – Symptômes
- 2 – Traitements actuels
- 3 – Les recherches

B - Parkinson

- 1 – Symptômes
- 2 – Traitements actuels
 - a) La L-Dopa :
 - b) La stimulation cérébrale profonde
- 3 – Les recherches
 - a) Faire repousser les neurones atteints par la maladie de Parkinson
 - b) Greffer et faire repousser des neurones dopaminergiques détruits par la maladie de Parkinson.
 - c) Améliorer les symptômes grâce à la radio-chirurgie.

C - La sclérose en plaques

- 1 – Symptômes
- 2 – Traitements actuels
- 3 – Les recherches

D - L'épilepsie

- 1 – Symptômes
- 2 – Traitements actuels
- 3 – Les recherches

E - Lésions neurologiques

- 1 – Symptômes
- 2 – Traitements actuels
- 3 – Les recherches

NEUROLOGIE

Le cerveau est un organe fragile et encore insuffisamment connu. Sa complexité a longtemps dérouté les chercheurs qui luttent contre les maladies neurologiques.

Sclérose en plaques, maladie de Parkinson, d'Alzheimer, épilepsie, séquelles de traumatismes, troubles obsessionnels compulsifs, tumeurs malignes... ces maladies qui affectent le système nerveux central font peur. Terriblement invalidantes, elles engendrent souvent une perte d'autonomie chez les malades. En raison de l'allongement de la durée de la vie, leur fréquence augmente. Longtemps, la recherche médicale s'est révélée impuissante face à ces atteintes neurologiques, peinant à en déterminer les causes et à mettre en place des traitements efficaces. Mais, vous le découvrirez à travers ces pages, les efforts de ces dernières années redonnent espoir dans de nombreux domaines. De nouvelles techniques comme la thérapie cellulaire, les ultrasons ou la stimulation électrique sont développées avec succès.

Dans ce dossier, nous nous attacherons à présenter le fonctionnement du cerveau, puis à décrire les recherches en cours concernant différentes pathologies du cerveau.

I - Fonctionnement du cerveau

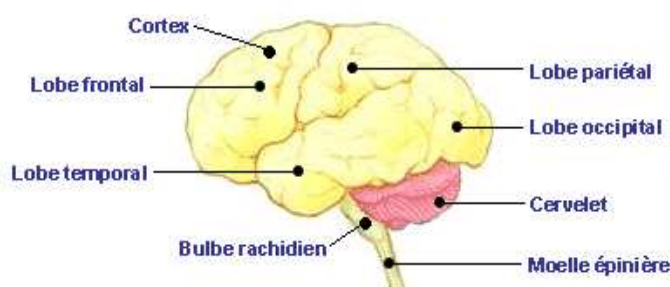
A - Un organe complexe

Notre cerveau ne représente pas plus de 2 % de la masse de notre corps. Pourtant, il consomme à lui seul plus de 20% de notre énergie.

Composé de plus de 10 milliards de cellules, l'encéphale comprend :

- le cerveau composé de 2 hémisphères comportant chacun 6 lobes (4 externes et 2 internes),
- le cervelet
- l'hypothalamus

Il est relié à notre corps par le tronc cérébral qui se prolonge par la moelle épinière. Cette structure encéphalique contrôle tous nos mouvements et toutes nos pensées, elle est constituée d'un type bien particulier de cellules : les neurones.



Chaque partie de notre encéphale a une fonction bien précise. Plus simplement, chaque hémisphère régit la partie opposée du corps en sensibilité et motricité. Le contrôle du langage se tient dans l'hémisphère gauche, le goût et l'olfaction dans le lobe temporal. Les mouvements sont déclenchés par les lobes frontaux et contrôlés par le cervelet. Le tronc cérébral transmet l'information et gère nos fonctions vitales comme la respiration. Toutes ces opérations – plusieurs milliards à la seconde – passent par nos neurones. Ceux-ci communiquent entre eux grâce à des signaux électriques, qui transitent par des points de connexion : les synapses.

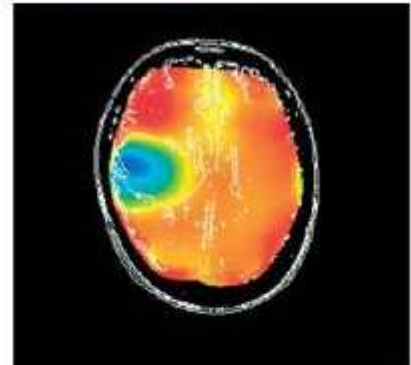
B - Le cerveau, un organe en évolution

On a longtemps pensé que le cerveau était un organe " fini " à la naissance, et qu'un neurone perdu l'était définitivement. On savait que le cerveau était fait de cellules et de connexions : plus on apprend, plus on interconnecte les neurones. Si une de ces connexions était détruite, on savait que le cerveau pouvait compenser, mais pas indéfiniment.

Or, il y a bientôt 10 ans, les scientifiques ont découvert l'existence des cellules souches. Récemment, on en a également découvert dans les profondeurs du cerveau, qui peuvent se transformer en neurones, en cellules gliales (qui assurent le bon fonctionnement des neurones, sans transmettre l'influx nerveux)...

L'hypothèse nouvelle consiste à envisager la possibilité que ce « réservoir » puisse servir, plus ou moins spontanément, à remplacer les cellules mortes au sein du cerveau. L'hypothèse est d'autant plus intéressante que dans un deuxième temps, la communauté scientifique a mis en évidence que des cellules souches provenant d'autres tissus tels que graisse, muscle, moelle osseuse.... pourraient également se transformer en neurones (particulièrement les cellules de moelle osseuse). Les perspectives de cette découverte sont immenses.

Imagerie cérébrale multimodalités



▲ Les nouvelles techniques d'imagerie du cerveau permettent d'étudier le fonctionnement du cerveau et les lésions en cours de constitution.

II – Les maladies neurologiques

C'est un ensemble très vaste, allant de l'accident vasculaire cérébral (AVC) à des maladies génétiques dites « orphelines » du fait de leur rareté. On trouve :

- Les destructions du « tissu » par ischémie comme l'accident vasculaire cérébral : avec 140 000 AVC par an (parmi lesquels 75 % des patients ont plus de 65 ans), le risque vasculaire reste au premier rang des préoccupations des neurologues.
- Les maladies « neuro- dégénératives » : responsables de troubles moteurs comme la maladie de Parkinson ou de troubles cognitifs comme la maladie d'Alzheimer.
- Les attaques du système nerveux par le corps lui-même comme la sclérose en plaques, qui affecte 40 000 patients.
- Les conséquences d'un cerveau trop excitable qui conduisent à l'épilepsie ; cette maladie touche 500 000 personnes en France et son incidence, après le pic de la petite enfance, augment régulièrement après 50 ans pour atteindre après 70 ans des taux dépassant 1,5%.

A cela se rajoutent les traumatismes qui détruisent une partie du système nerveux central, et en particulier les atteintes de la moelle épinière, qui peuvent conduire à une paraplégie ; mais la seule atteinte d'un nerf peut aussi conduire à l'atrophie d'un groupe de muscles, conduisant à un handicap important et souvent définitif.

Muscles, nerfs, neurones, tout est lié. La recherche doit donc se poursuivre pour faire repousser les nerfs, mieux soigner les lésions de la moelle épinière et permettre aux paraplégiques de vivre pleinement.

A - Les AVC

1 - Symptômes

L'accident vasculaire cérébral (AVC) correspond à un phénomène vasculaire brutal au niveau cérébral. Le plus souvent il s'agit d'un arrêt brutal de la circulation sanguine au niveau du cerveau, dû à un caillot qui bouche l'artère, plus rarement à un saignement (AVC "hémorragique").

Il est la 3^e cause de mortalité et la première cause de handicap en Europe.

2 - Traitements actuels

Il est de plus en plus démontré qu'une prise en charge très précoce et adaptée permet de réduire considérablement la mortalité de ces "attaques" cérébrales et le handicap qui en résulte, même chez les patients très âgés. C'est pourquoi, depuis une dizaine d'années, se créent progressivement partout en France des unités « cérébro-vasculaires » spécialisées, coordonnées avec les secours d'urgence dans le cadre de véritables réseaux de soins.

Ces centres dédiés à la prise en charge des AVC, les « unités neurovasculaires », constituent une grande avancée. Le fait de disposer de personnels pluridisciplinaires formés à ces prises en charges particulières, de la phase pré-hospitalière jusqu'à la rééducation, se traduit pour les patients par une nette amélioration de leur pronostic.

Le perfectionnement des techniques de thrombolyse, qui permet dans certains AVC ischémiques de faire « fondre » le caillot qui bloque la circulation sanguine dans le cerveau, a permis de sauver de nombreuses vies et d'éviter de lourds handicaps.

Il faut également savoir que 20% des victimes d'AVC décèdent encore au terme du 1^{er} mois et que 75 % des survivants ont des séquelles définitives. Cette prise en charge précoce représente donc un enjeu majeur de santé publique. Il faut aussi souligner l'impact positif des campagnes de prévention concernant les facteurs de risque vasculaire que sont l'hypertension artérielle, le diabète... Manger sainement, ne pas fumer, faire du sport, c'est important aussi dans la lutte contre ces maladies.

3 - Les recherches

La moitié des personnes victimes d'un AVC garderont de graves séquelles parmi lesquelles l'hémiplégie, consécutive à la destruction d'une partie du cerveau. Cette hémiplégie n'est pas toujours totale ni définitive, et une certaine récupération est possible. Mais de nombreux patients conservent des difficultés à retrouver leur équilibre et une marche normale.

Le professeur **Pérennou** du CHU de Dijon a montré que certains troubles de l'équilibre persistant chez de nombreux patients sont dus à une mauvaise représentation « interne » de la verticale : ils « penchent » sans s'en rendre compte, et tombent. Le projet en cours consiste maintenant à recalibrer durablement le sens de la verticalité de ces patients par des exercices répétés de positionnement du tronc, guidés par une rétroinformation sonore ou visuelle qui permettra à leur cerveau de se servir de toutes les informations disponibles pour « réapprendre » la verticale et ne plus tomber.

L'équipe du docteur **Calmels** (Saint-Etienne) poursuit ses travaux sur le réentraînement à l'effort et à la marche des patients atteints d'hémiplégie. Elle effectue une étude comparative des résultats sur les capacités cardio-vasculaires, musculaires et neuromotrices de plusieurs programmes de réentraînement à la marche. L'objectif est d'élaborer des programmes personnalisés et complémentaires pour optimiser les capacités de la marche (vitesse, endurance) dans l'objectif de retrouver les meilleures capacités fonctionnelles pour un usage quotidien et une meilleure qualité de vie.

B - Parkinson

1 - Symptômes

La maladie de Parkinson est une maladie neuro-dégénérative apparaissant généralement après 55 ans, même s'il existe des formes plus rares de l'adulte jeune. 140 000 personnes seraient touchées en France avec 8 000 nouveaux cas par an. La maladie se manifeste par des tremblements au repos, des troubles du tonus, une difficultés à effectuer certains mouvements, et une sensation générale de « raideur ».

Les troubles sont dus à la destruction, dans le cerveau, des neurones dopaminergiques. Ces neurones ont la particularité de sécréter un neurotransmetteur, **la dopamine**, qui transmet l'influx nerveux. Sans dopamine, les informations ne sont plus véhiculées.

Les premiers symptômes sont compatibles avec une vie à peu près normale pendant quelques années. Mais, après 6 ans, 60% des personnes atteintes souffrent de troubles moteurs handicapants pour les gestes de la vie quotidienne.

2 - Traitements actuels

a) La L-Dopa

Depuis les années 70, le traitement médicamenteux de référence est la lévodopa (L-Dopa), une molécule qui permet la fabrication de la dopamine dans le cerveau. Ces médicaments permettent de minimiser les symptômes et les résultats sont spectaculaires puisque le handicap lié aux troubles du mouvement (tremblement, rigidité...) diminue de près de 70 %. Cependant, l'effet de ces traitements diminue avec le temps, au fur et à mesure que la dégénérescence progresse et que les cellules se détruisent. Et surtout des complications du traitement lui-même apparaissent, comme des mouvements désordonnés, des fluctuations brusques de l'état du patient, des pertes d'équilibre...

b) La stimulation cérébrale profonde

La stimulation cérébrale profonde, même si elle n'est applicable, dans ces indications actuelles, qu'à environ 20% des patients, constitue la seconde révolution dans le traitement de la maladie de Parkinson. C'est une réponse thérapeutique supplémentaire à offrir aux patients pour lesquels les médicaments ont encore une efficacité, mais ont atteint leurs limites en terme d'effets secondaires.

En 1987, le professeur **Benabid** (Grenoble) a eu le premier l'idée de stimuler à haute fréquence le thalamus, une région identifiée depuis longtemps comme responsable des tremblements. Le procédé inhibe de manière totalement réversible l'hyperactivité des neurones concernés et le patient ne tremble plus.

Six ans plus tard, pour agir sur les deux autres symptômes de la maladie que sont la rigidité et la raréfaction des mouvements, son équipe a placé des électrodes directement dans le noyau subthalamique du patient.

Dans 80 % des cas, après réglages du stimulateur auquel sont reliées les électrodes, les symptômes s'arrêtent et le patient reprend une vie normale.

De plus, des travaux réalisés récemment au CHU de Grenoble semblent démontrer que la technique protège car ces cellules dopaminergiques restantes pourraient ralentir la progression de la maladie. Ceci plaide en faveur d'une implantation plus précoce chez les patients susceptibles de bénéficier de la méthode. La stimulation cérébrale profonde est donc devenue en 20 ans un des traitements de référence de la maladie de Parkinson.

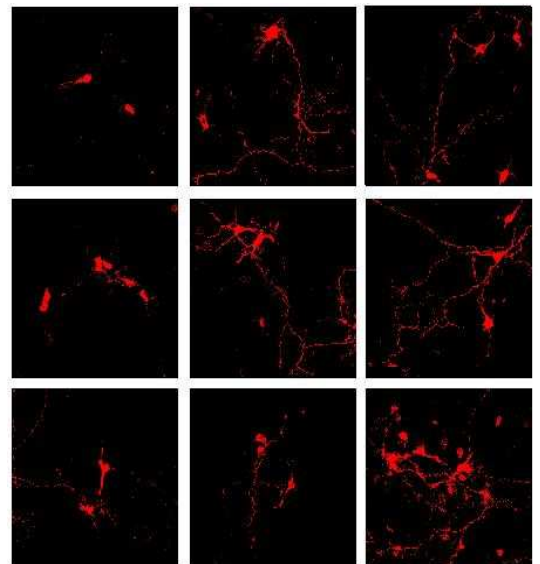
3 - Les recherches

Malgré l'avancée des traitements, les limites d'application de certains procédés motivent les chercheurs à poursuivre leurs recherches tout particulièrement au bénéfice des patients qui ne peuvent pas être traités par la stimulation cérébrale profonde, ou pour lesquels les médicaments ne font plus d'effet, et aussi pour tenter, à plus long terme, d'enrayer la perte neuronale, voire de guérir la maladie.

a) Faire repousser les neurones atteints par la maladie de Parkinson

La maladie de Parkinson se caractérise par la destruction des neurones dopaminergiques qui transmettent l'influx nerveux. Les travaux du professeur **Philippe Menei** (Angers) visent à rétablir la liaison entre les neurones en acheminant des facteurs de croissance à proximité de ces cellules endommagées. Pour apporter ces facteurs de croissance aux seuls neurones lésés l'équipe a mis au point une technique utilisant des billes de polymères microscopiques facilement manipulables. Cette technique s'est révélée efficace sur les modèles expérimentaux mais son efficacité était de trop courte durée.

Son équipe tente désormais d'associer des cellules souches « adultes », provenant du patient lui même, aux facteurs de croissance pour traiter plus durablement les zones atteintes.



Repousse de neurones

b) Greffer et faire repousser des neurones dopaminergiques détruits par la maladie de Parkinson.

Les récents travaux sur la greffe de cellules embryonnaires menés par l'équipe des docteurs **Besnard** et **Gaillard** ont abouti à la transformation de cellules souches en neurones capables de délivrer de la dopamine, recréant ainsi la liaison disparue entre deux régions du cerveau appelées striatum et substance noire.

Les docteurs **Besnard** et **Gaillard** se sont attachés à greffer des cellules directement dans la structure lésée : la substance noire. Ils ont pu constater, non seulement une repousse des cellules mais également une activité électrique témoin d'une connexion rétablie entre les neurones.

Ces résultats expérimentaux encourageants se poursuivent actuellement sur des modèles de plus en plus proches de l'homme en vue de l'application clinique.

c) Améliorer les symptômes grâce à la radio-chirurgie.

La «dopathérapie» médicamenteuse puis la stimulation cérébrale profonde ont révolutionné la vie des patients atteints de maladie de Parkinson, mais la stimulation cérébrale profonde reste malheureusement impossible à appliquer pour une partie d'entre eux. C'est pourquoi le professeur **Jean Régis**, neurochirurgien à l'hôpital de la Timone (Marseille) a mis au point une technique de radiochirurgie de haute précision qui permet de détruire une toute petite zone du cerveau, responsable du tremblement, sans ouvrir la boîte crânienne, grâce à un appareillage qui permet de focaliser très précisément des rayonnements gamma, et de s'en servir comme d'un «scalpel» à rayons gamma. Cette technique est actuellement en cours d'évaluation clinique pour la maladie de Parkinson.

C - La sclérose en plaques

1 – Symptômes

La sclérose en plaques est une maladie inflammatoire évolutive causée par notre système immunitaire et touchant le cerveau et la moelle épinière. Elle se caractérise par la destruction localisée de la gaine protectrice des fibres nerveuses, la myéline - gaine protégeant les cellules nerveuses - qui permet le transfert d'informations partant du cerveau vers les autres organes.

Ces lésions du système nerveux se traduisent par des symptômes tels que des paralysies, des troubles de l'équilibre et de la coordination des mouvements, des contractures musculaires, des douleurs, des troubles visuels...

La maladie évolue par poussées suivies de rémissions partielles, qui conduisent à une perte d'autonomie progressive plus ou moins rapide.

Les chercheurs progressent et continuent à travailler sur de nouvelles pistes pour réparer la myéline et soigner la sclérose en plaques.

2 - Traitements actuels

Aujourd'hui, même si on connaît les effets sur la gaine de myéline, l'origine de la maladie reste inconnue, et l'on est juste capable de tenter de contrôler l'intensité de la réaction inflammatoire. A la suite de l'attaque, c'est le système nerveux central qui tente lui-même une réparation de la myéline centrale. Malheureusement, ces tentatives ne sont pas toujours efficaces, et dépendent de nombreux paramètres comme l'évolution de la maladie et l'âge du patient.

3 - Les recherches

Les docteurs **Anne Baron Van Evercooren** et **François Lachapelle** (la Pitié-Salpêtrière), cherchent à favoriser la réparation de la myéline. Pour cela, ils ont tout d'abord tenté d'utiliser des cellules myélinisantes du système nerveux périphérique : les cellules de Schwann. Ces cellules produisent la myéline qui gaine les nerfs de nos jambes et de nos bras. Elles ont donc la même fonction que les cellules myélinisantes du système nerveux central (oligodendrocytes), à une différence près : elles produisent cinquante fois moins de myéline que les oligodendrocytes.

L'avantage est que ces cellules peuvent être prélevées aisément, ceci donnant la possibilité d'envisager des autogreffes.

De plus, les cellules de Schwann ne sont jamais attaquées lors des poussées de la maladie et favorisent la croissance des prolongements des cellules nerveuses : les axones. Or, nous savons depuis quelques années que la démyélinisation peut aussi conduire à la perte d'axones.

Avec des cellules de Schwann, l'équipe a réalisé un modèle d'autogreffe dans la moelle épinière. Et cela fonctionne. Les cellules ont été capables de produire de la myéline autour des axones qui étaient préalablement mis à nu. C'est un premier résultat extrêmement encourageant.

Poursuivant ses travaux commencés depuis quelques années, l'équipe des docteurs Lachapelle et Baron van Evercooren travaille maintenant sur une approche originale de thérapie cellulaire qui associe les cellules de Schwann à des astrocytes plus difficile à obtenir mais plus myélinisants.

D - L'épilepsie

1 - Symptômes

Près de 500 000 personnes seraient atteintes d'épilepsie en France, dont plus de la moitié à plus de 50 ans, voire plus de 70 ans (séquelles d'AVC ou de tumeurs cérébrales). Longtemps considérée comme une maladie psychiatrique, l'épilepsie résulte d'un fonctionnement anormal de l'activité électrique du cerveau. Incontrôlés et excessifs, les influx électriques perturbent les cellules nerveuses de proche en proche. Dans certains cas cette onde se propage à tout le cerveau et provoque une crise d'épilepsie généralisée. Les formes sont diverses, allant des crises partielles, n'affectant qu'une partie du corps ou causant des troubles uniquement sensoriels jusqu'à des crises généralisées avec convulsions. Ces crises vont donc de brefs mais multiples « trous de mémoire » jusqu'à des accidents plus graves, avec des blessures provoquées par la perte de contrôle de ses mouvements et la perte de connaissance.

2 - Traitements actuels

40 % des épilepsies seraient dues à des lésions cérébrales localisées (malformation congénitale, traumatisme crânien, accident vasculaire cérébral, tumeur...), parfois opérables. Pour 70 % des malades, un traitement médicamenteux approprié contrôle ou supprime les malaises épileptiques potentiellement catastrophiques. Certes aucun médicament ne guérit de l'épilepsie, mais les antiépileptiques bloquent les crises, et diminuent leur intensité et leur gravité. Seul le suivi assidu du traitement (prise régulière sans oublier aucun comprimé) permet de stabiliser la maladie chez la majorité des patients.

Cependant, il n'existe pas de prise en charge universelle ; à chaque patient, une solution.

3 - Les recherches

Pour les patients inopérables et résistants aux médicaments, les travaux du docteur **Antoine Depaulis** (Grenoble) constituent une immense avancée. Grâce aux méthodes de stimulation cérébrale profonde, son équipe a en effet pu identifier le rôle de circuits nerveux sous-corticaux qui empêchent la généralisation des crises d'épilepsie. En surveillant à partir des électrodes implantées ces zones impliquées dans la propagation des crises, il devient possible d'asservir la stimulation au démarrage des crises pour une plus grande efficacité. L'équipe perfectionne actuellement la technique de stimulation et devrait pouvoir l'évaluer prochainement sur des volontaires.

La recherche médicale appliquée a récemment développé une autre approche thérapeutique, alternative à la chirurgie, également porteuse d'espoir dans la lutte contre les épilepsies rebelles.

Elle consiste, grâce à un boîtier installé sur le patient, à stimuler de manière intermittente le nerf vague, le principal nerf crânien qui régule les fonctions dites « végétatives » (automatiques) du corps.

Cette stimulation aurait un effet stabilisant global sur le système nerveux. Les recherches du docteur **Fabrice Wallois** (Amiens) et de son équipe devraient permettre d'optimiser les paramètres de stimulation et de préciser les indications du traitement.

Enfin, à Reims l'équipe du professeur **Jacques Motte** continue de travailler sur les épilepsies graves du lobe temporal. Ces épilepsies font généralement suite à des convulsions fébriles répétées et graves du nourrisson, qui peuvent entraîner une dégénérescence localisée des neurones. Les neurones atteints se réorganisent de manière pathologique créant des foyers épileptogènes dans certaines zones du cerveau. L'équipe a identifié le rôle de certaines molécules dans ces processus inflammatoires vraisemblablement à l'origine de la perte initiale de neurones. Elle cherche maintenant à déterminer le moment le plus approprié pour administrer des médicaments anti-inflammatoires spécifiques, dès les premières crises, pour enrayer l'évolution de la maladie sans risquer de l'aggraver.

E - Lésions neurologiques

1 – Symptômes

Chaque année, plusieurs milliers de personnes sont victimes d'accidents qui entraînent une paralysie plus ou moins grave. A la suite d'un accident de circulation, domestique (chutes dans l'escalier ou la salle de bain), ou d'un accident vasculaire cérébral, la personne perd l'usage de certains de ses fonctions motrices.

Cette paralysie, qui peut être générale, est consécutive à la destruction d'une partie du cerveau qui commande les muscles ou à la rupture des voies de communication : moelle épinière ou nerfs.

Selon la localisation de la destruction nerveuse, la paralysie sera située plutôt d'un côté (hémiplegie), ou en dessous de la lésion (paraplégies et paralysies périphériques des membres). Dans ce dernier cas, les muscles paralysés ne sont plus innervés, dégèrent et perdent la capacité de se réparer.

2 – Traitements actuels

Quand une réparation est possible, il faut donc réinnerver le plus rapidement possible les fibres musculaires. Mais la réinnervation des lésions nerveuses périphériques reste complexe malgré les grands progrès réalisés récemment en chirurgie réparatrice. En effet, il faut non seulement reconstruire les fibres nerveuses détruites, mais également faire en sorte que les muscles ré-innervés récupèrent leur fonction perdue.

Cette chirurgie exige souvent une double compétence, à la fois en neurochirurgie et en orthopédie, encore peu répandue. Heureusement, depuis quelques années, les techniques de chirurgie microscopique ont permis d'améliorer le traitement du nerf lésé. La rééducation tient aussi une place importante pour ceux qui ne sont pas atteints de traumatismes définitifs. Mais dans tous les cas, le problème de la régénération des muscles reste incontournable.

3 - Les recherches

Il faut donc réinnerver le plus rapidement possible les fibres musculaires. Plusieurs équipes de chercheurs s'y emploient par des approches complémentaires.

Celle du professeur **Jean-Paul Marie** (Rouen) cultive des cellules qui produisent la gaine de myéline nécessaire au fonctionnement des neurones. Parmi elles, les cellules gliales olfactives sont connues pour accélérer la repousse nerveuse et la récupération des lésions, notamment pour la réparation de la moelle épinière. L'équipe de Rouen les injecte désormais sur des lésions nerveuses expérimentales périphériques. Il est possible de visualiser la repousse des nerfs et l'équipe évalue ensuite le gain de motricité acquis. Si la qualité de la repousse se confirme, il sera bientôt possible d'appliquer cette technique pour une guérison des lésions en cause dans certaines paralysies fréquentes, comme celles des cordes vocales, du visage ou du diaphragme.

À Montpellier, l'équipe du professeur **Michel Chammas** continue son travail sur la récupération musculaire après lésions nerveuses, grâce à des transferts de cellules souches directement sur le muscle endommagé. Elle sélectionne et cultive des cellules souches musculaires pour le régénérer, et les injecte en différents points de la zone lésée. Les premiers résultats obtenus se sont révélés particulièrement efficaces sur le modèle expérimental et l'équipe sécurise maintenant la technique pour pouvoir l'appliquer à des patients volontaires.

Le processus moléculaires des lésions de la moelle épinière n'est pas linéaire : des « pics » d'aggravation des lésions se succèdent dans les premières 24 heures, au-delà desquelles les lésions sont irréversibles. C'est ce qu'a permis de mettre en lumière l'équipe pluridisciplinaire dirigée par le professeur **Privat** (Montpellier), grâce au perfectionnement des techniques d'imagerie médicale permettant de suivre l'évolution des lésions et d'adapter les traitements.

Deux ans de recherche sur les souris ont été nécessaires pour mettre au point les techniques d'observation, alliant résonance magnétique et spectroscopie. Le monitoring IRM spectroscopie permet d'identifier les zones lésées et d'observer leur évolution très précisément. La spectroscopie permet de quantifier les substances toxiques dans ces mêmes zones. L'intérêt est colossal puisque selon le degré et la nature de la lésion, les réponses thérapeutiques diffèrent.

Les mécanismes étant les mêmes chez l'homme, la seconde étape consiste à comparer ces images « modèles » avec celles obtenues chez les patients. Dans deux ou trois ans, l'équipe espère disposer d'une cartographie temporelle complète de ces lésions. Elle permettra l'application d'un traitement adapté au bon moment, seule manière de limiter les séquelles de traumatismes ou d'infections médullaires, mais également de traumatismes crâniens ou d'accidents vasculaires cérébraux.