

PLASTICITÉ DES SYSTEMES

Pr Isabelle Bonan

Faculté de médecine de Rennes
Service de Médecine Physique et de Réadaptation (MPR)
Laboratoire EMPENN INSERM-INRIA



PLAN

Introduction: quelle importance en MPR?

Exemples de plasticité de 4 systèmes

La plasticité est globale et interactive entre les systèmes

Les plasticités maladaptatives

Qu'en déduire pour la prise en charge en MPR



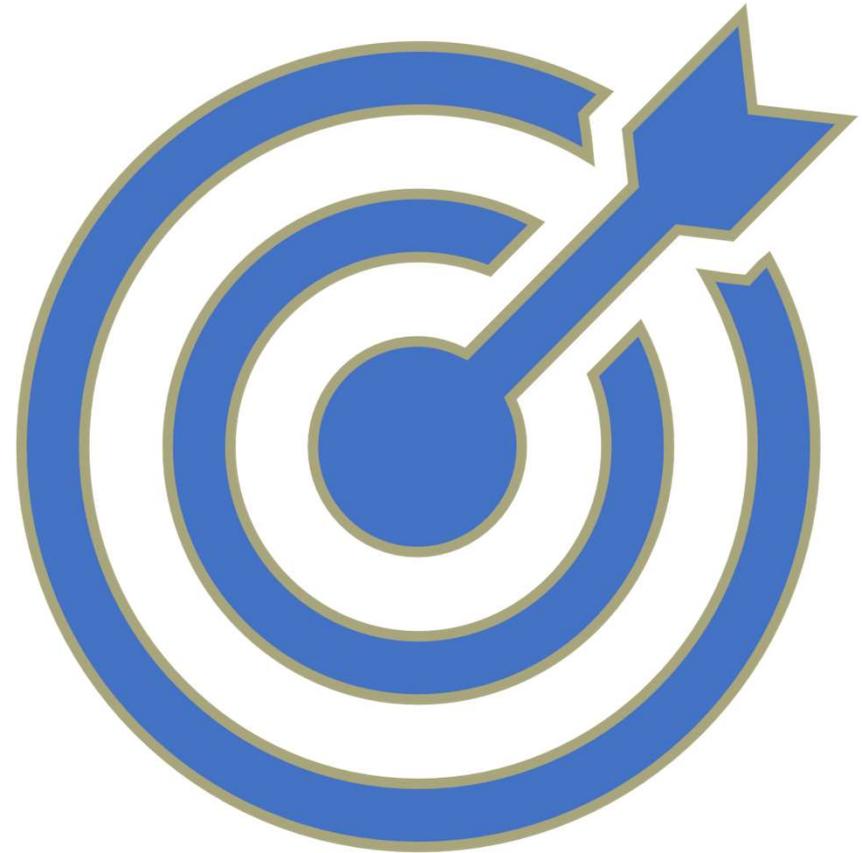
OBJECTIFS

Donner 4 exemples de plasticité

Savoir que les systèmes interagissent entre eux

Comprendre le concept de plasticité maladaptative

Avoir compris le lien entre plasticité et MPR



POURQUOI PARLER DE PLASTICITÉ AUJOURD'HUI?

La plasticité des systèmes est un concept structurant de la MPR

Connaissances sur la plasticité des systèmes fondamentales pour tout médecin MPR quelque soit son domaine pour savoir orienter et planifier l'ensemble du projet de rééducation

Fédère toute la communauté des MPR

Plasticité du cerveau, des nerfs, des muscles, os, système pulmonaire, système cardiaque,.....

plasticité système/ système mais interaction entre les syst +++

OÙ INTERVIENT LA PLASTICITÉ?

La plasticité vise

la récupération +/- complète au niveau de la déficience = restitution

ou

l'adaptation du système à de nouvelles conditions de fonctionnement = adaptation fonctionnelle

Plasticité maladaptative: plasticité ne permettant pas d'utiliser toutes les capacités de restitution et/ou d'adaptation fonctionnelle

Ex sous utilisation acquise du membre supérieur après AVC

OÙ INTERVIENT LA PLASTICITÉ EN MPR?

Pour chaque patient, quelle que soit sa maladie et son environnement : le raisonnement MPR

1/Faire un diagnostic fonctionnel

- Exemple marche d'un patient hémiparétique

2/Connaitre le pronostic ++++

- En terme de déficience } **plasticité**
- En terme fonctionnel

-Connaissance du mode de fonctionnement du système lésé
-de sa capacité à récupérer
-des compensations possibles

3/Mise en adéquation avec le handicap

- Facteurs personnel
- Facteur environnementaux

4/Elaborer un plan d'action

- Objectifs
- Moyens thérapeutiques

Et suivre la maladie et prévenir les complications

COMME CERTAINS MATÉRIAUX, L'HOMME EST PLASTIQUE



Qui est susceptible de se déformer sous l'action d'une **force extérieure** et de **conserver** sa forme lorsque la force a cessé d'agir

Capacité du système (nerveux, musculaire, osseux, cardiovasculaire...) à modifier son organisation et son fonctionnement en fonction des contraintes internes ou environnementales qui lui sont imposées

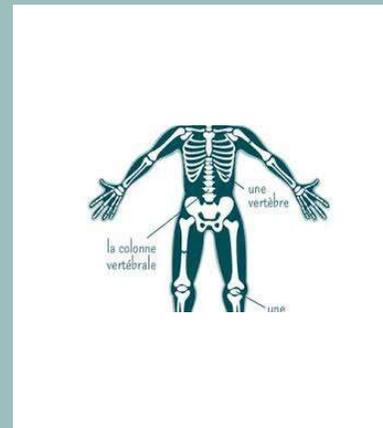
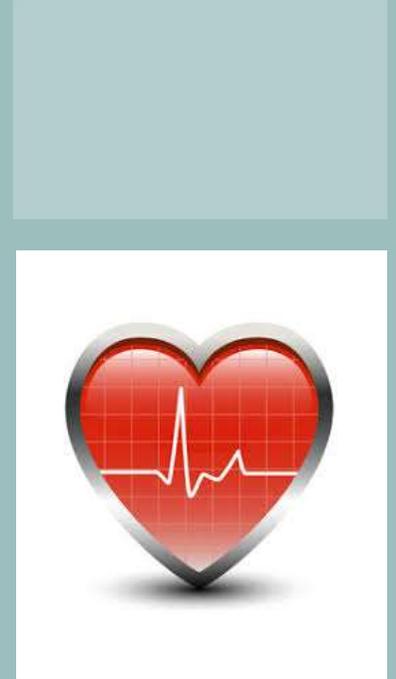
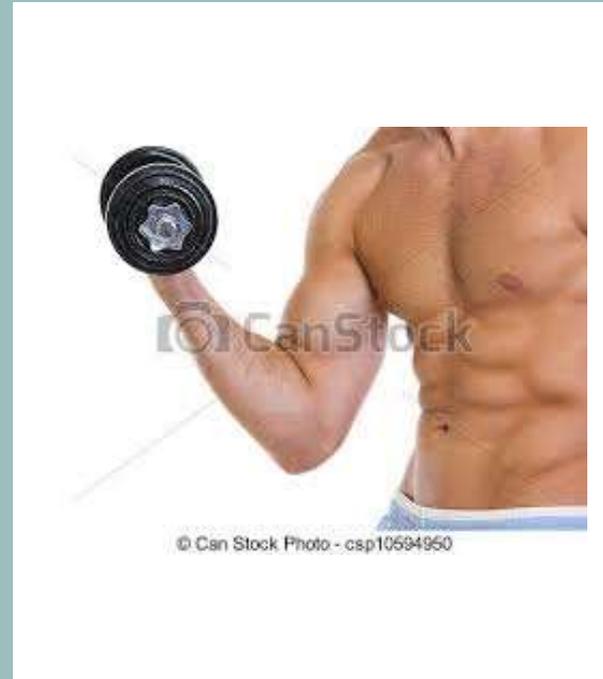
CHEZ L'HOMME
TOUT EST
PLASTIQUE

L'os, le muscle, les sens, la peau, le Coeur, le poumon....

La moelle épinière, le cerveau... sont plastiques

“se déformer sous l'action d'une **force extérieure**” :
la force extérieure **c'est la fonction, le faire**

LA PLASTICITÉ DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES



LA PLASTICITÉ MUSCULAIRE

l'immobilisation, apesanteur, dénervation induit une amyotrophie

→ modifications structurales du muscle (↓ volume, ↓ nb noyaux)

Ex: Période de 5 semaines de bed rest réduit de 20% activité musculaire Qcps (Berger 1962), les « contre mesures » = contractions isométriques sont efficaces (Akina 2000)

Ex: En cas de lésion musculaire: pas de régénéscence de cellule musculaire mais nouvelles fibres musculaires trouvant leur origine dans les cellules satellites du muscle squelettique. (à l'intérieur du membrane basale des fibres musculaires) capable de fusionner entre pour former de nouvelles fibres musculaires squelettiques. Puis reafférentation par prolifération axonale

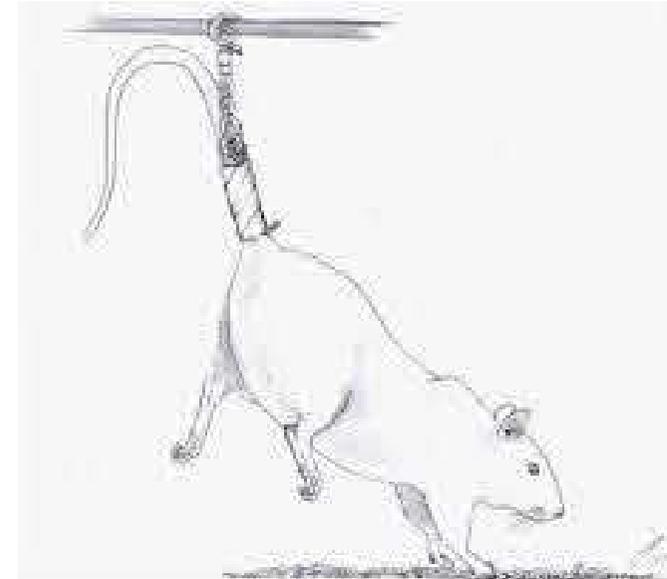


Figure 6 Dessin du modèle de souris suspendue.



LA PLASTICITÉ MUSCULAIRE

Entraînement musculaire induit des changements typologiques des fibres musculaires

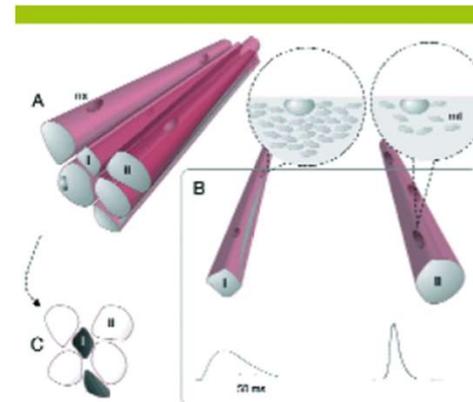
-Fibres lentes type 1
(capacité oxydative >)

-Fibres rapides type 2
(2 types)

Changement au niveau du muscle **dépend** intensité, durée, type exercices

Exercices en résistance → réponse hypertrophique

Exercices en endurance → réponse hyperplasique



INTERVENTION DU SYSTÈME NERVEUX CENTRAL DANS LA PLASTICITÉ MUSCULAIRE

L'entraînement musculaire augmente la synchronisation entre les unités motrices par des changements dans les connections entre les motoneurones et la moelle épinière.

Modification de la représentation corticale

LA PLASTICITÉ CARDIAQUE

Le Coeur (est un muscle)

Sujet sain: plasticité importante (sportif)

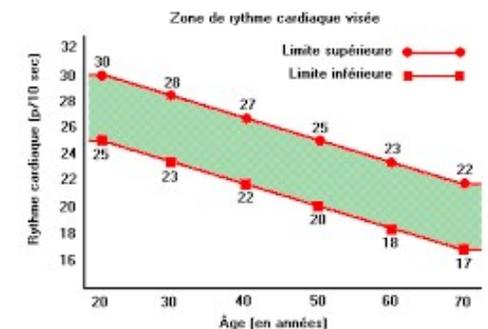
Sujet pathologique:

Ex de l'IC: Altérations complexes et
intriquées des systèmes d'adaptation à l'effort

Symptômes pas liés directement
insuffisance du débit cardiaque
mais dus à altérations métaboliques
Efficacité ++

Exercices aérobie à la FC cible (épreuve d'effort)

mais faire aussi renforcement analytique segmentaire (% résistance max RM)



L'OS EST MALLÉABLE

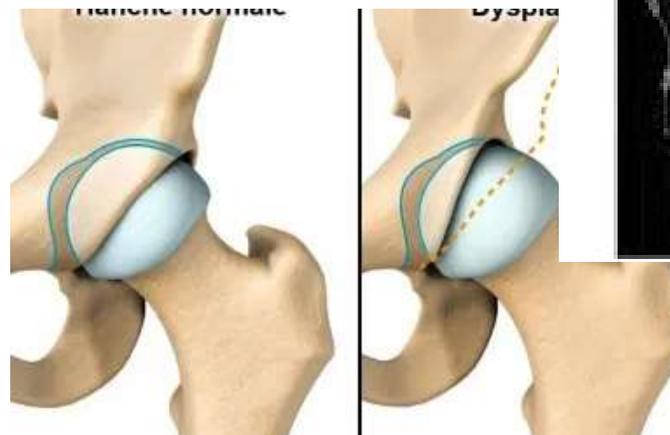
les pressions biomécaniques répétées modèlent l'os

- poids du corps-
- traction-compression
- tractions musculaires

Ex enfant en croissance

Ex adulte pour activer une consolidation:
système d'arthrodèse non fixe=dynamisation du montage

Ex l'Activité physique est préventive de l'ostéoporose (traction musculaire sur l'os ↑ ostéogénèse)





Hanche normale



Dysplasie

LA PLASTICITÉ OSSEUSE

Pendant la croissance:

Risque +++ de déformations osseuses: hypotrophie, torsions, déformation avec des tractions musculaires insuffisantes, asymétriques (role de la spasticité)...

Prévention++++

PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

Pour le cerveau, c'est aussi la fonction qui modèle le cerveau



QUAND VOUS VOUS ENTRAINEZ VOTRE CERVEAU SE TRANSFORME

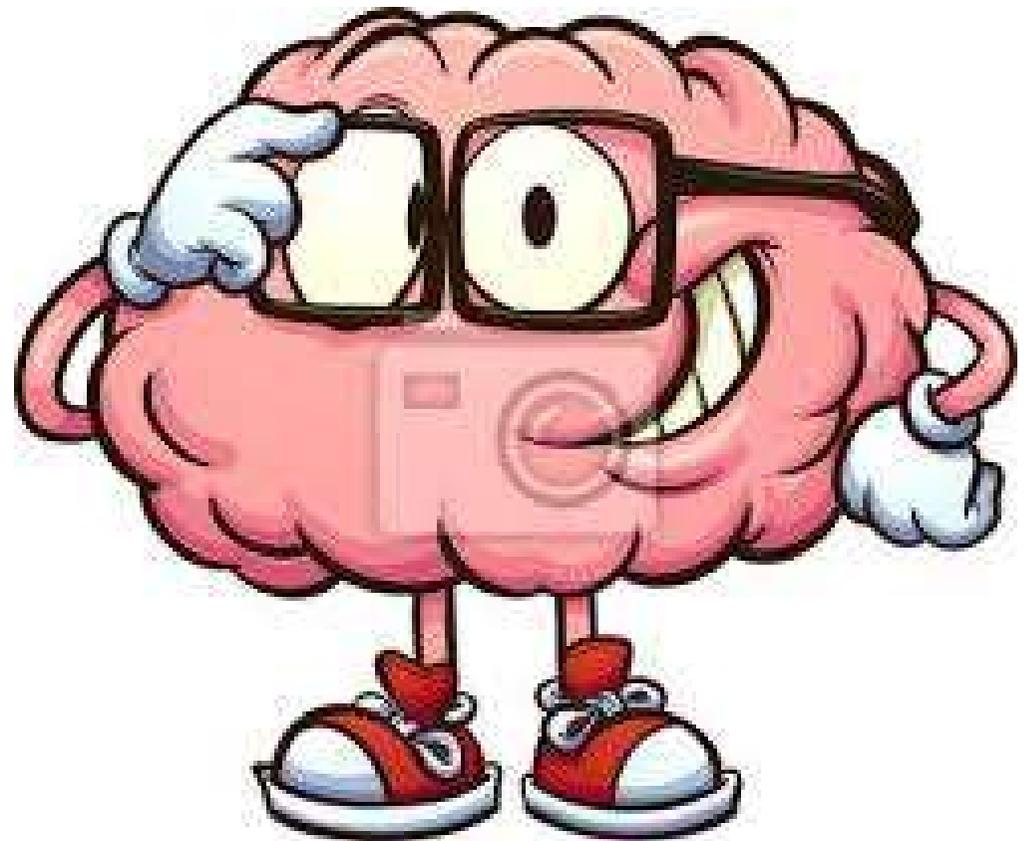
Apprendre le piano

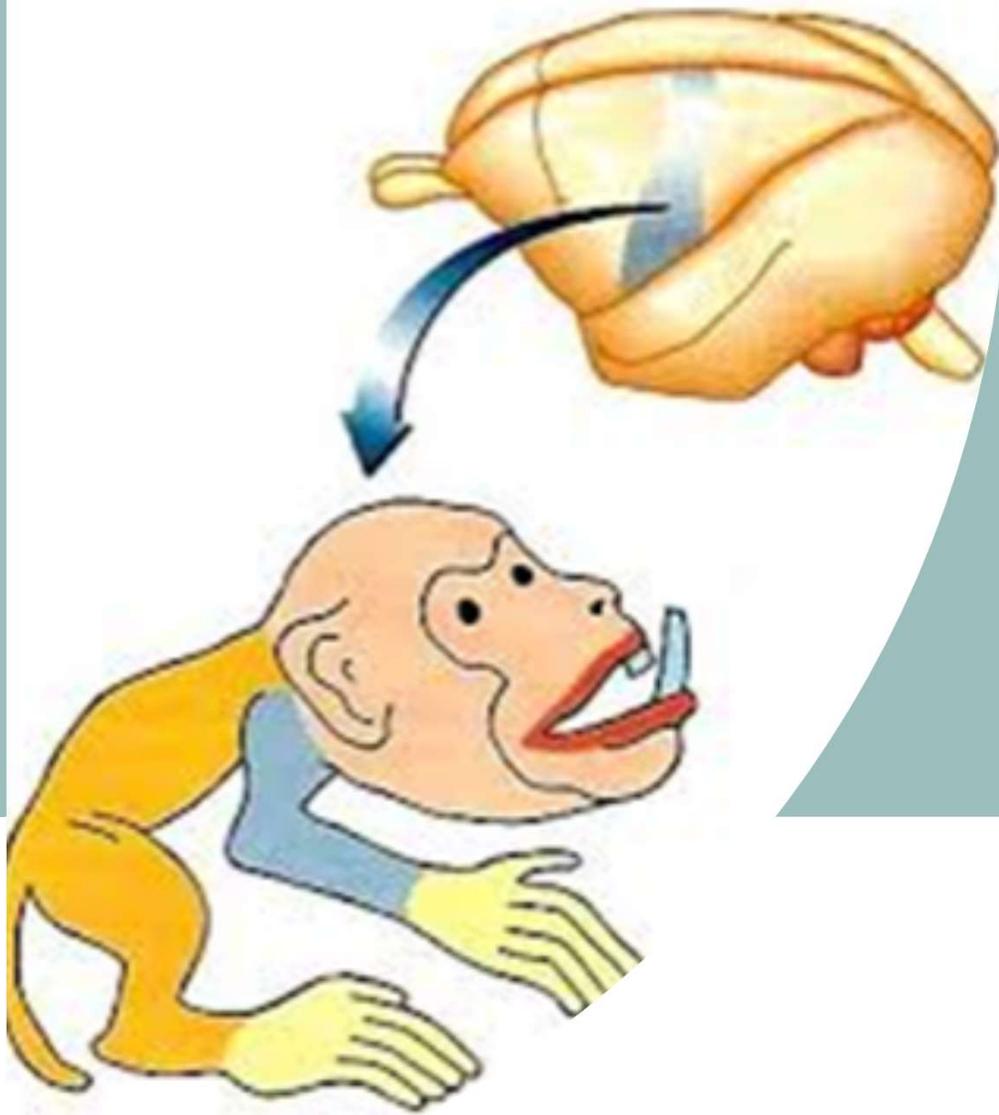
Apprendre à jouer au tennis

S'exercer aux cartes

.....

Vous modelez votre cerveau





LES PREMIÈRES DONNÉES
SONT CHEZ LE SINGE ET
POUR LA MOTRICITÉ

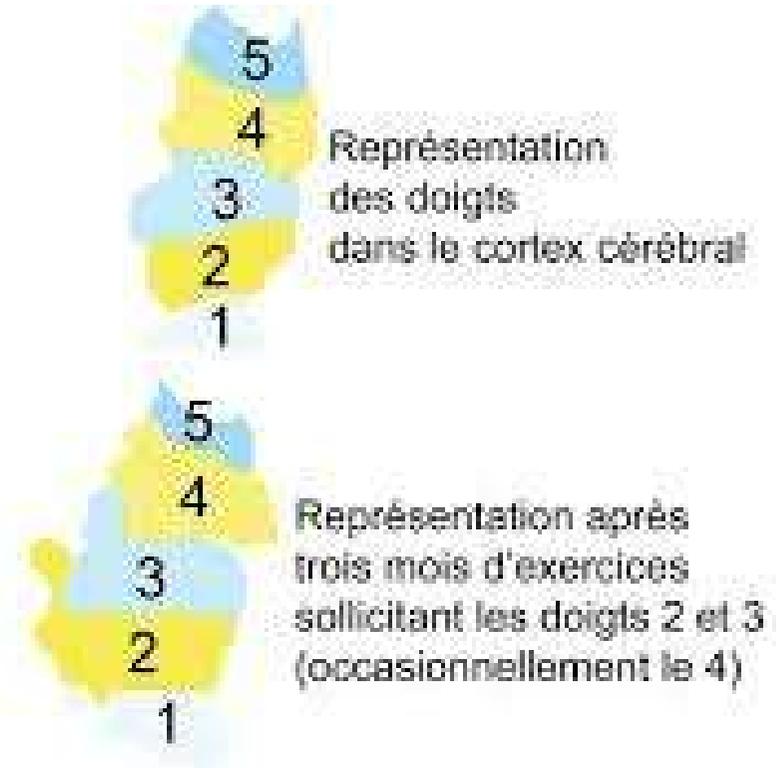
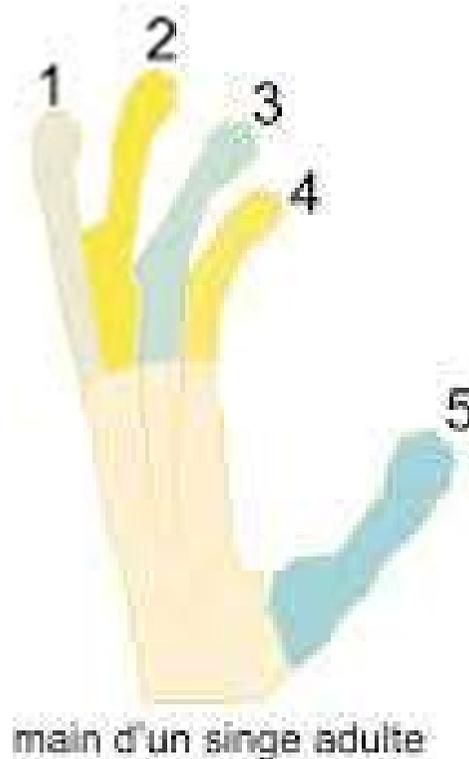


EXEMPLE CHEZ LE SINGE DE MODIFICATION DE LA CARTE CORTICALE PAR EXECUTION D'UNE TÂCHE MOTRICE

Cerveau de singe

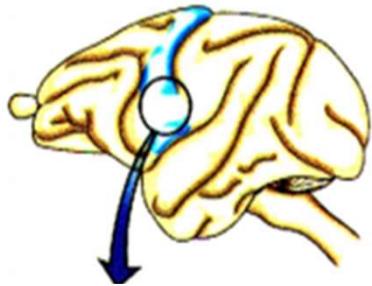


Entraînement
différencié des doigts
= Modification de la
carte corticale
différenciée



AUTRE EXEMPLE CHEZ LE SINGE

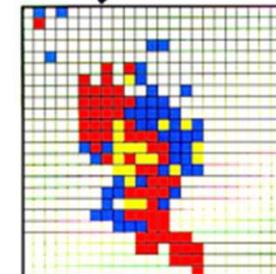
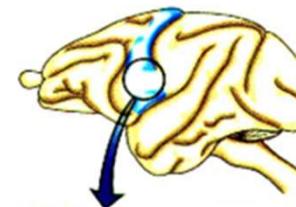
Cerveau de singe



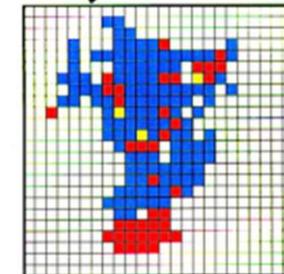
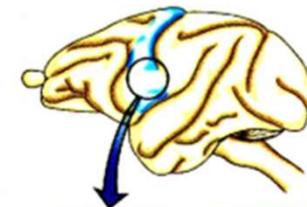
Entraînement différencié de la main
= Modification de la carte corticale **différenciée**



Singes entraînés avec un petit plateau



Singes entraînés avec un grand plateau

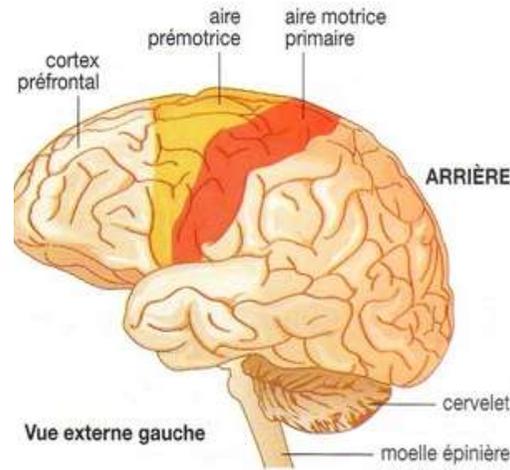
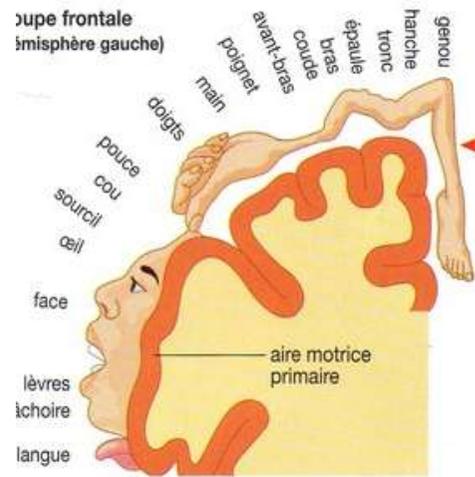


■ Doigts ■ Poignet et avant-bras ■ Doigts, poignet et avant-bras

-Chaque partie du corps est associée au territoire qui assure sa commande

=**carte corticale**

-La representation est **proportionnelle** à la dexterité attendue



◀ Toute stimulation pratiquée dans l'aire motrice se traduit par l'exécution d'un mouvement d'une partie du corps alors qu'une lésion entraîne une paralysie de cette même partie. Des expériences systématiques de stimulation, qui confirment une investigation par imagerie cérébrale, ont permis de dresser une cartographie de l'aire motrice : sur la *représentation ci-contre*, appelée *homunculus* moteur, chaque partie du corps humain a été associée au territoire du cortex qui assure sa commande motrice.

Homunculus de Penfield

QUELQUES EXPLICATIONS:
ORGANISATION DE LA MOTRICITÉ

EXERCICES MOTEURS CHEZ L'HOMME

Apprentissage du piano

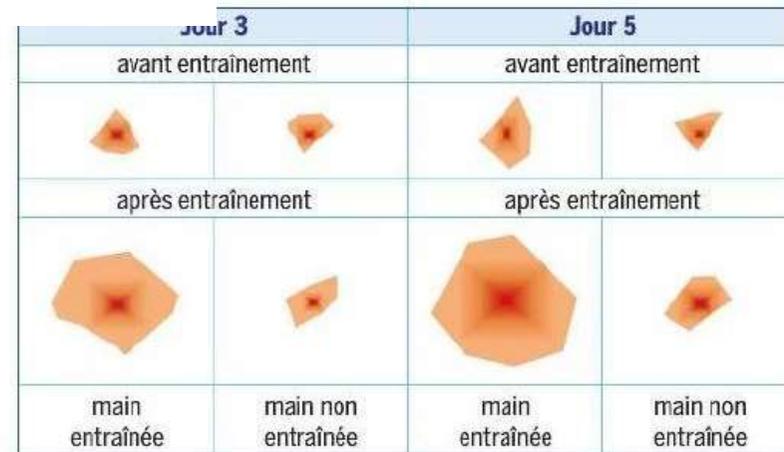
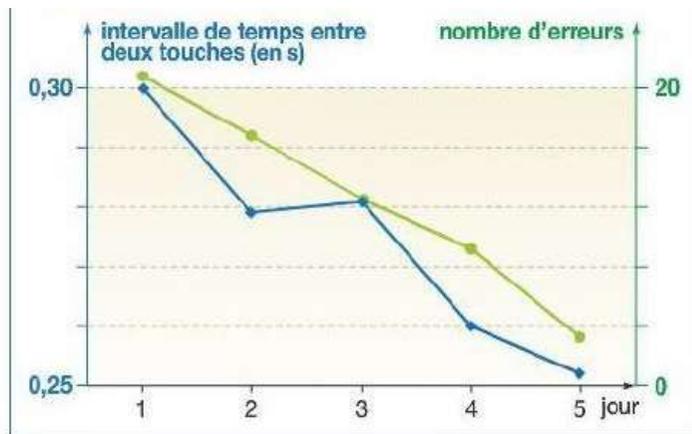
5 jours entraînement avec 1 main d'une séquence

Puis test répétition 20 fois

Progrès à G

Carte motrice main à D

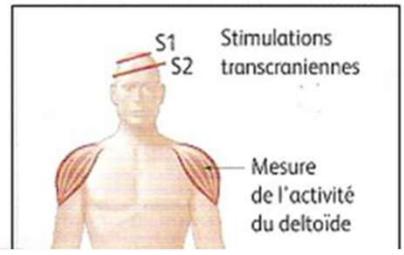
→ effet dose+++



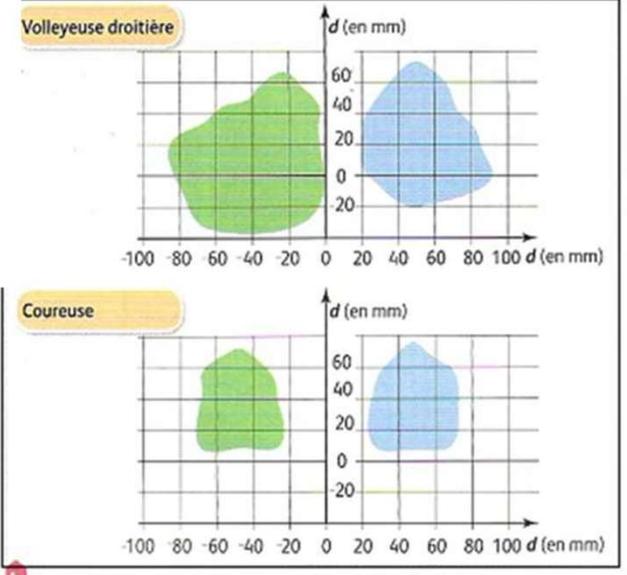
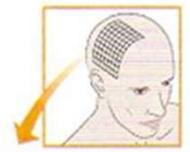
EXERCICES MOTEURS CHEZ L'HOMME

Comparaison
entraînement
volley/course à pied

haut niveau.



tation motrice
neur d'athlètes
solicite particu-



Illustration

Relation système musculaire-système
nerveux central

EFFET PLUS GLOBAL L'ENTRAÎNEMENT SUSCITE ≠ TRANSFORMATIONS DANS LE CERVEAU

Carte motrice et sensorielle de musiciens
ayant appris à jouer du piano avant l'âge de sept ans

Sont modifiés

- Cortex moteur primaire (rouge)
- Planum temporale : du lobe temporal qui correspond à du cortex **auditif associatif** (jaune)
- Corps calleux : commissure transversale composée d'axones qui assure le transfert d'informations **entre les deux hémisphères** et leur coordination (orange)



Figure 2 | **Structural changes in the brains of musicians.** Some of the brain areas that have been found to be enlarged in musicians in morphometric studies based on structural magnetic resonance imaging. Red, primary motor cortex; yellow, planum temporale; orange, anterior part of the corpus callosum.

Source : "The musician's brain as a model of neuroplasticity" (Münke et collègues, édité dans la revue Nature (vol 3: page 474, 2002))



LA PLASTICITÉ APRÈS AVC

Comment se passe-t-elle?



A L'ECHELLE DU CERVEAU: PLUSIEURS PROCESSUS DE PLASTICITÉ CONCERNANT LE CONTÔLE MOTEUR

Utilisation zones adjacentes à la lésion

Utilisation zones périlésionnelles

Utilisation zones prémotrices ipsilésionnelles

Utilisation aires sensibles ipsilésionnelles

Cortex controlatéral M1

Cortex controlatéral zones prémotrice et aire motrice supplémentaire

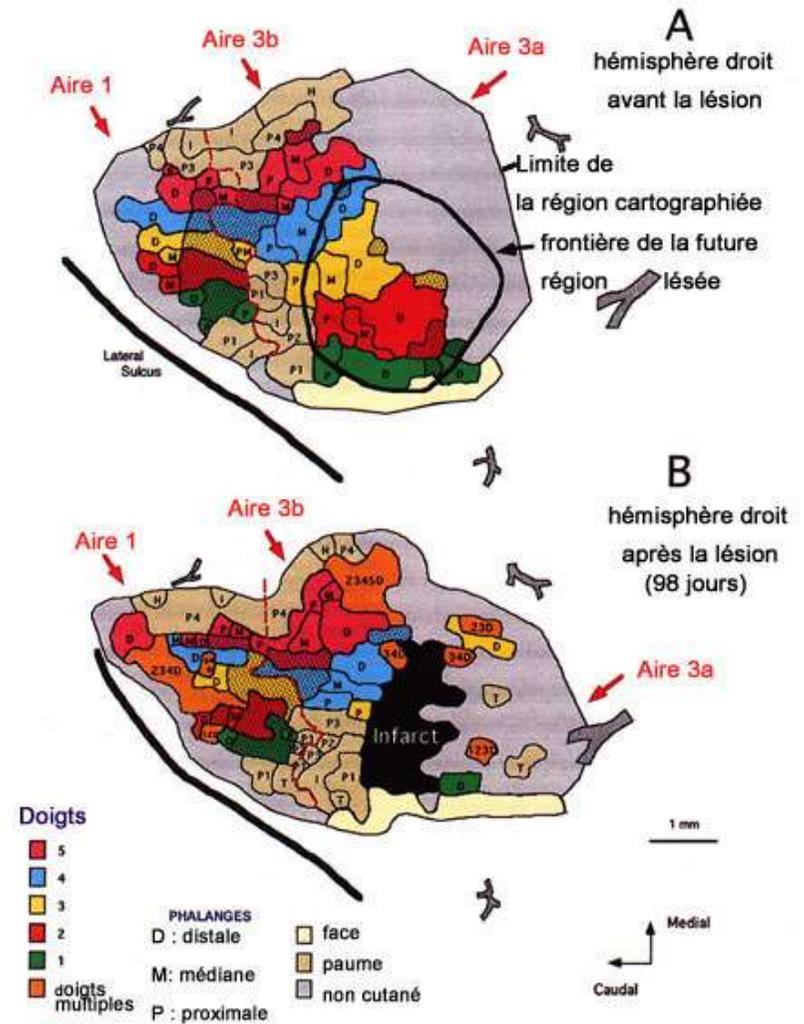
Réseau moteur descendant accessoire rubro ou réticulospinal



UTILISATION ZONES ADJACENTES À LA LÉSION

Jaillard 2005

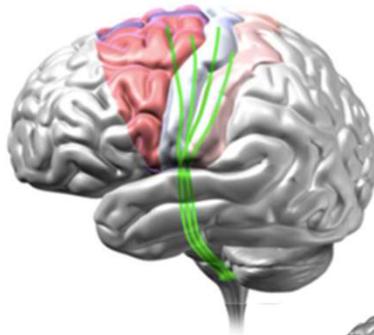
Les zones des doigts en region infarctie "colonisent" les aires de la face



DIFFÉRENTES PLASTICITÉ PLUS À DISTANCE

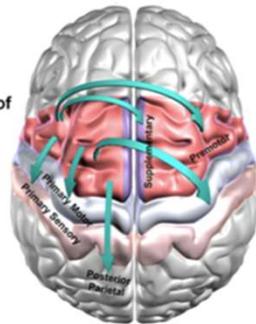
Ipsilésionnelle

Ipsilesional Corticospinal Plasticity

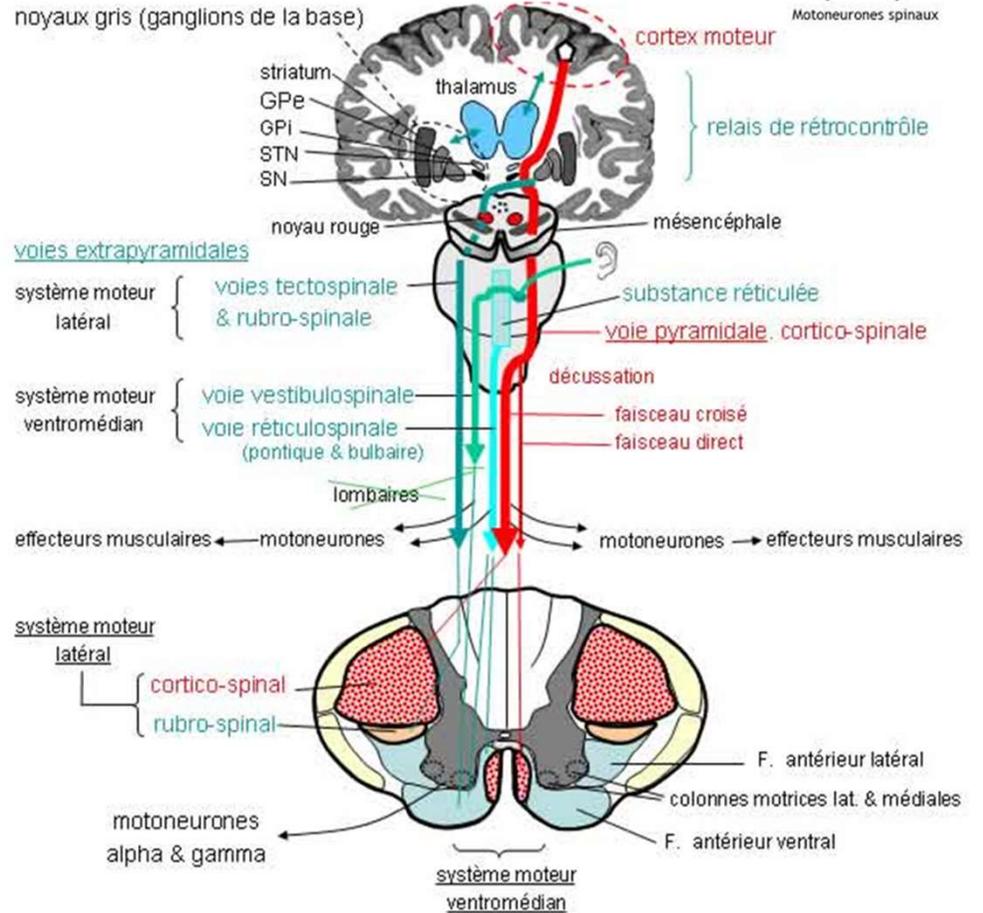
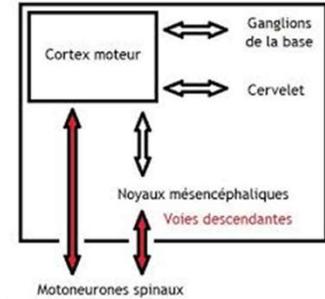


contralesionnelle

Vicarious Recruitment of Synergists



Réseau moteur accessoire



LES THÉRAPEUTIQUES POUR FAVORISER LA RECUPERATION MOTRICE APRÈS AVC

Les principes pour favoriser la plasticité cérébrale

Rééducation intensive

Répétition des exercices

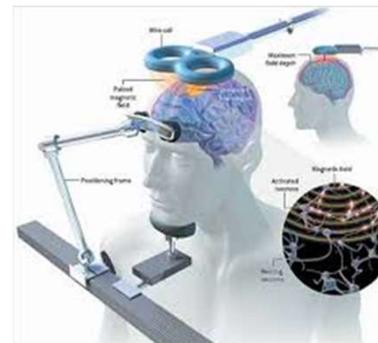
Orientée vers la tâche

Engagement-motivation

Lutter contre la sous utilisation acquise

Stimuler les circuits de compensation non lésés

Utiliser neurones miroirs



L'ATTEINTE D'UN ORGANE PERIPHERIQUE A UN EFFET DANS LE CERVEAU: LA PLASTICITE SENSORIELLE

En cas de surdité unilatérale la carte cérébrale de l'oreille sourde va être « colonisée » par la zone de l'oreille entendant et la transmission des informations facilitée

plasticité transmodale

- En cas de surdité bilatérale, le **système visuel** va « coloniser » la carte corticale de l'audition des 2 oreilles. On parle de
- L'inverse est vrai: chez un aveugle, le cortex visuel est utilisé pour l'audition spatiale et la localisation auditive

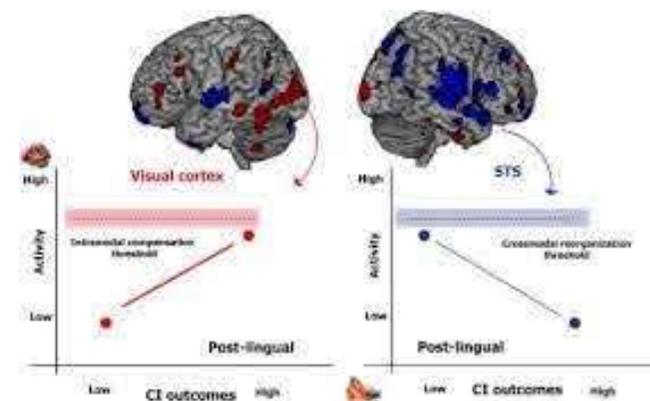
Plasticité pré et post-implant:

personne sourde de naissance \neq acquise,
signé a occupé la zone cérébrale non occupée

car langage labial et

activation d'aires corticales auditives plus larges et moins spécifiques

→ intelligibilité moindre \neq surdité acquise où la récupération plus aisée et plus complète.



L'AMPUTATION A DES CONSEQUENCES DANS LE CERVEAU

amputation + greffe des mains

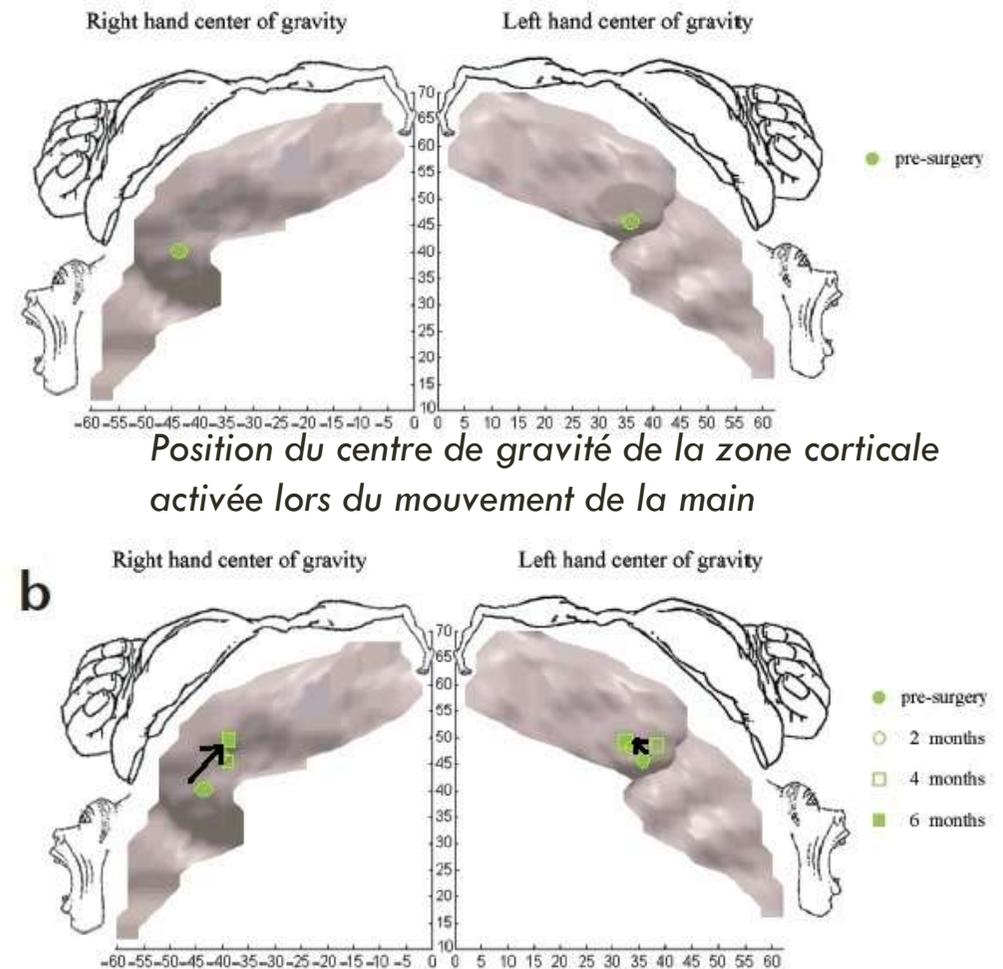
(à Lyon)

Avant la greffe, disparition zone de la main et élargissement zones dévolues au coude et à l'épaule

Après 4 ans greffe des mains

Résultats en IRMf

Re-colonization progressive de la zone main



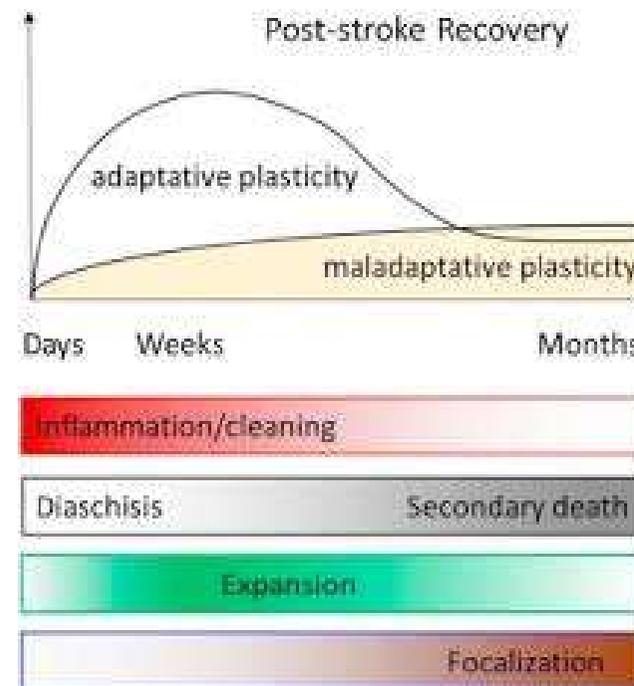
LES PLASTICITÉS MALADAPTATIVES

Sd de non utilisation acquise

après lésion cérébrale

→ si membre non utilisé

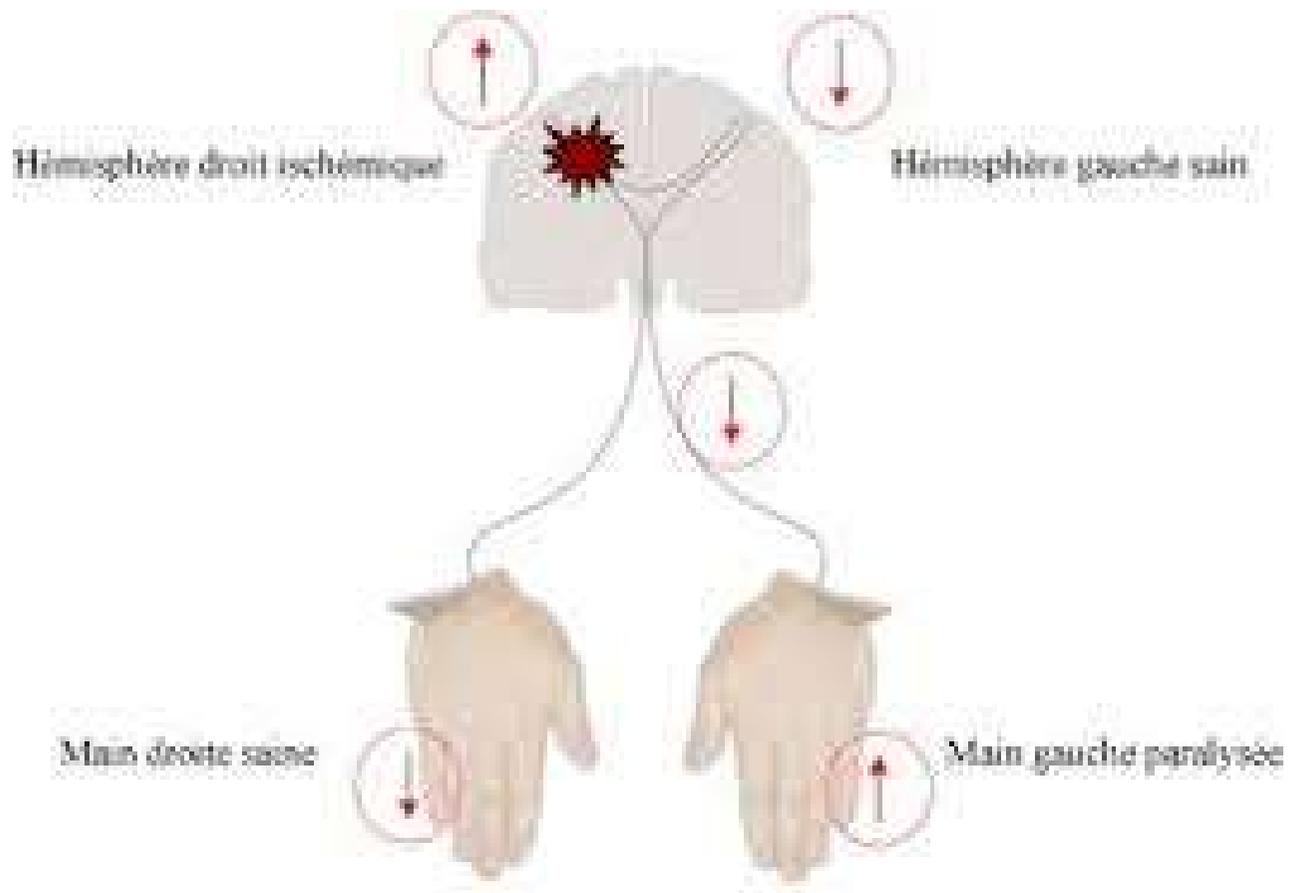
→ réorganisation cérébrale non optimale par exemple activation contra-lésionnelle persiste



PLASTICITÉ MALADAPTATIVE APRÈS LESION DU SNC

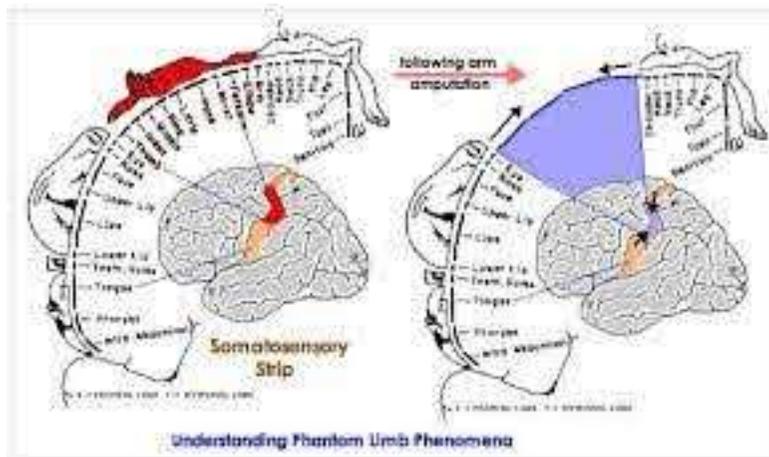
2 notions

- Compétition interhémisphérique
- Sd de non utilisation acquise



LES PLASTICITÉS MALADAPTATIVES

Les douleurs de membre fantôme
Le SDRC



après lésion appareil musculosquelettique
→ la périphérie doit être afférentée au SNC

POURQUOI LA PLASTICITÉ DES SYSTÈMES AU CŒUR DE LA MPR

Notre raisonnement est basé dessus

Pour réparer les systèmes:

-Il faut connaître le mode de fonctionnement (physiologie) des systèmes

-Il faut savoir ce qui est réparable (plasticité)

-Il faut savoir comment stimuler la réparation (moyens thérapeutiques)

= pronostic de la récupération: complète, partielle, impossible?

→ Objectifs thérapeutiques et Plan d'action

IMPLICATION EN MPR

-A qui proposer quel programme pour quel(s) objectif(s)

Comment faire un renforcement musculaire ciblé

Comment stimuler la consolidation osseuse

Comment faire un réentraînement à l'effort

Comment stimuler la récupération après AVC

AU TOTAL

La plasticité intéresse tout le corps humain

La plasticité est très articulée avec la fonction puisque la fonction crée la plasticité et la plasticité améliore la fonction

Très important de bien maîtriser les connaissances sur ces plasticités

Beaucoup plus intriquées entre elles que l'on ne le pense, justifie notre transversalité/autre spécialité et notre unité entre MPR

structurant pour la MPR quelque soit le domaine d'expertise

Obj n° 1 en MPR faire récupérer au maximum proche du fonctionnement antérieur grâce à plasticité

Dans un second temps importance +++ de connaître les moyens de compensation (chirurgie, appareillage, aides techniques....) et Connaître le domaine médicosocial

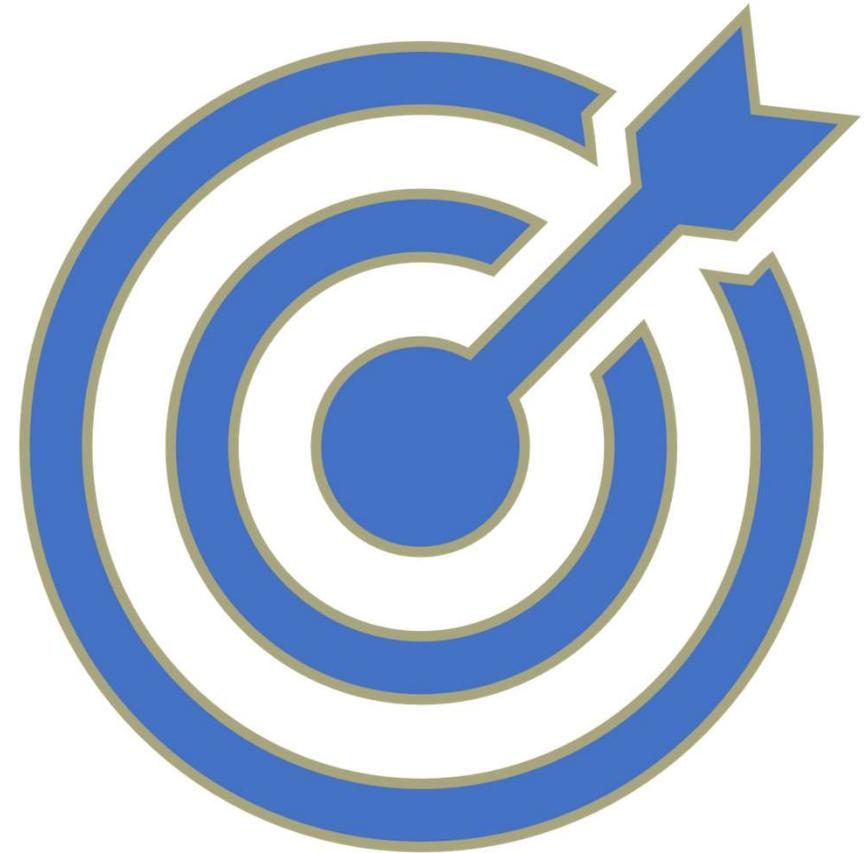
OBJECTIFS

Donner 4 exemples de plasticité

Savoir que les systèmes interagissent entre eux

Comprendre le concept de plasticité maladaptative

Avoir compris le lien entre plasticité et MPR



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

