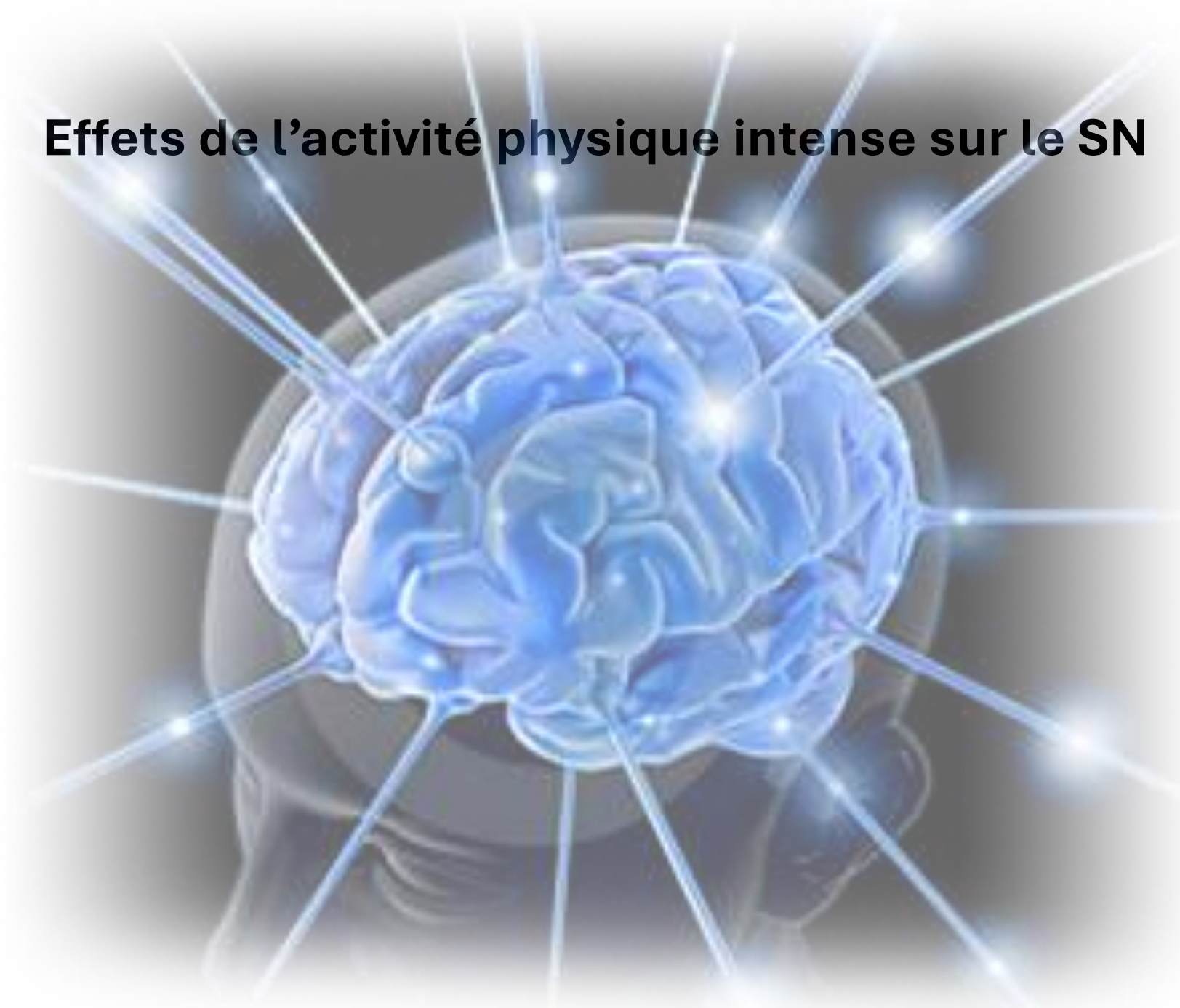


# Effets de l'activité physique intense sur le SN



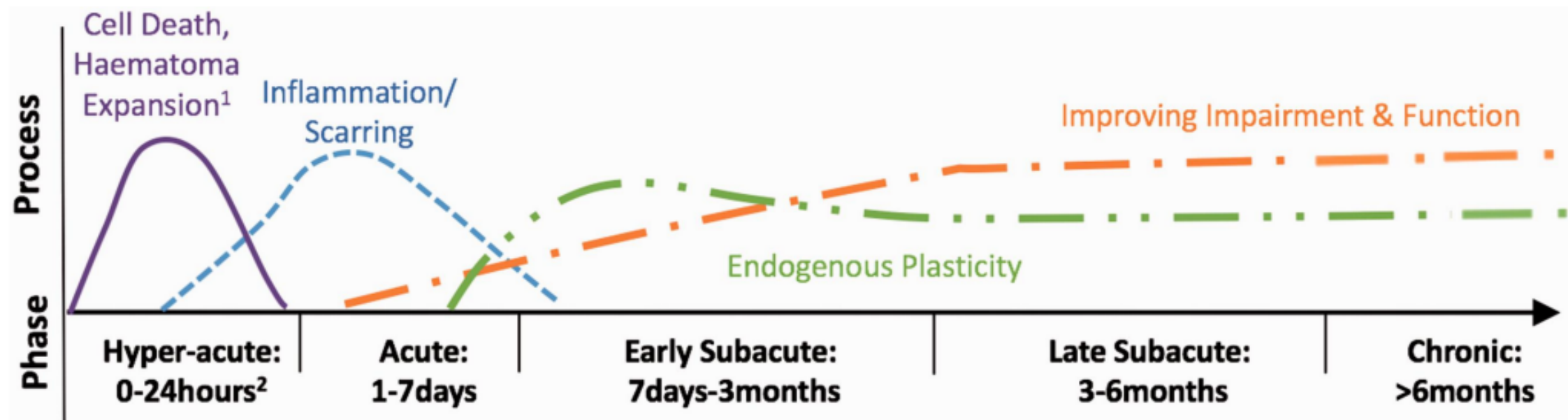


# La Neuroplasticité





# Les mécanismes post AVC

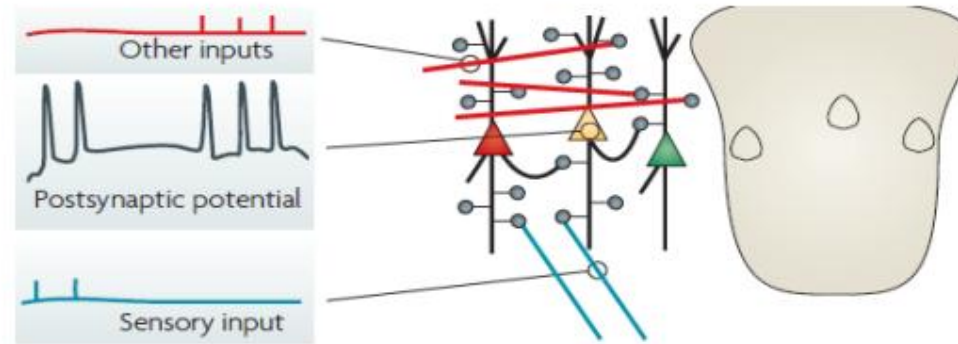
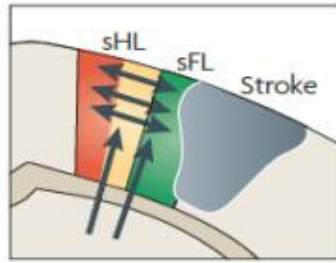


<sup>1</sup> Haemorrhagic stroke specific. <sup>2</sup> Treatments extend to 24 hours to accommodate options for anterior and posterior circulation, as well as basilar occlusion.

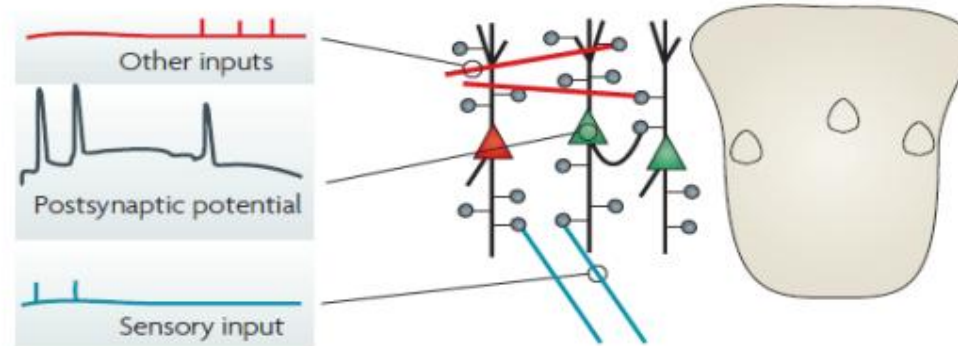
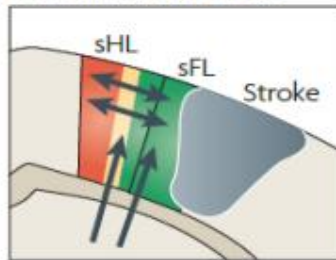
# Stimuler la plasticité cérébrale post lésionnelle



c 1-4 weeks after stroke



d 4-8 weeks after stroke



*Timothy H. Murphy & Dale Corbett, Plasticity during stroke recovery : from synapse to behaviour, in Nature Reviews Neuroscience, 2009*



# La Neuroprotection

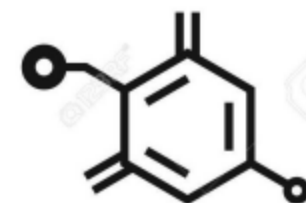
# Exemple de la Maladie de Parkinson

Etude du Lancet Neurol, Petzinger et al 2013, Chez l'Homme MPI



## ✓ Effets métaboliques

Augmentation de la production de facteurs neurotrophiques BDNF/ GDNF  
Diminution des facteurs oxydatifs  
Augmentation de la neurotransmission et la libération la Dopamine  
Modulation du Glutamate



## ✓ Effets cellulaires

Amélioration de la qualité de la colonne dentritique  
« Favorise la neurogènèse »



## ✓ Effets sur la circulation sanguine

Augmentation du flux sanguin et angiogénèse



## ✓ Effets immuno-modulateur

Augmentation de production de cytokines IL-6 anti-inflammatoires



A grayscale electron micrograph showing a cross-section of a myelin sheath. A central, irregularly shaped area is highlighted in pink, representing the myelin lamellae. This central area is surrounded by a darker, textured region, likely the cytoplasm of the myelin-forming cell. The entire structure is bordered by a thin green line, and a blue, branching structure is visible on the right side. The word "Remyélinisation" is overlaid in blue text on the pink area.

# Remyélinisation

# Causes de la fatigue et maladies neurologiques



Causes neurologiques :  
lenteur de la commande,  
causes physio  
(ex : SEP),  
diminution de  
l'énergie produite



Traitement  
médicamenteu  
x : anti-  
épileptiques,  
corticoïdes



Désadaptation  
à l'effort liée à  
la sédentarité



Anémie :  
diminution du  
taux de GR



Troubles du sommeil (ex :  
Parkinson)



Métaboliques :  
Troubles  
alimentaires



Psychologiques  
Dépression et  
Anxiété

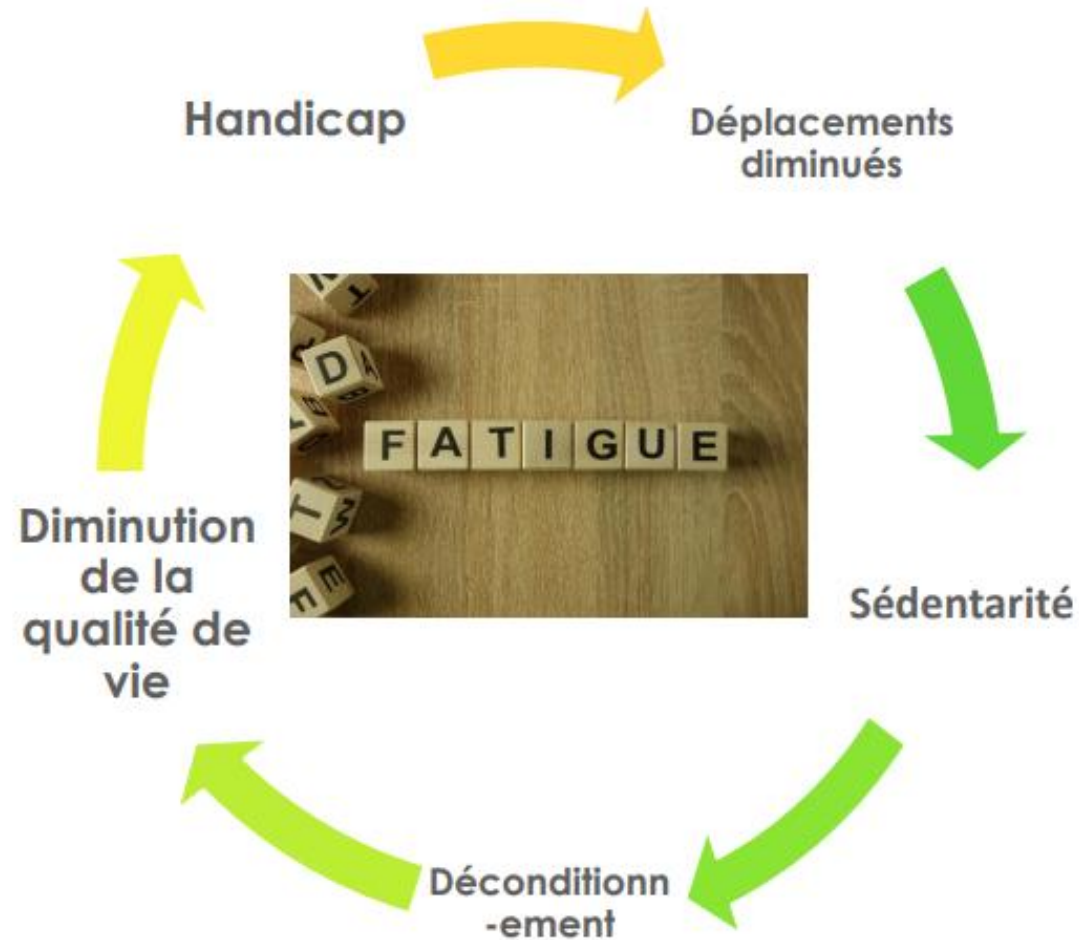


Cognitive (attentionnelle)

Chaudhuri A et al, Lancet, 2004

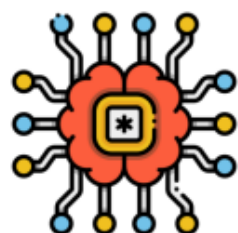
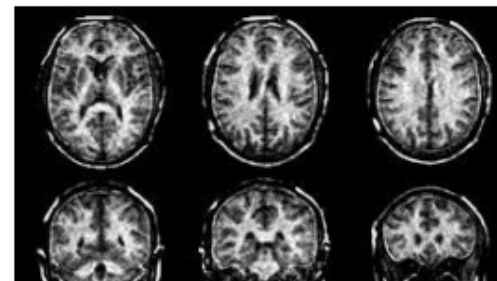


# Conséquences de la fatigue



# Myéline centrale et Activité Physique

- Nouvelles techniques d'imagerie IRM → myéloarchitecture en trois dimensions par rapport aux analyses bidimensionnelles proposées par l'histologie classique
- Le développement de la myélinisation au cours de la vie ressemble à une courbe en forme de U inversé, avec la teneur en myéline cérébrale la plus élevée entre 30 et 60 ans, et un déclin ultérieur après 60 ans



Deux processus :

- Myélinisation adaptative → Liée à l'apprentissage d'une nouvelle tâche
- Remyélinisation → Liée à l'exercice moteur volontaire



Bloom MS, Orthmann-Murphy J, Grinspan JB. Motor Learning and Physical Exercise in Adaptive Myelination and Remyelination. ASN Neuro. 2022 Jan-Dec;14:17590914221097510. doi: 10.1177/17590914221097510. PMID: 35635130; PMCID: PMC9158406.

Kujawa MJ, Marcinkowska AB, Grzywińska M, Waśkow M, Romanowski A, Szurowska E, Winkowski PJ, Szarmach A. Physical activity and the brain myelin content in humans. Front Cell Neurosci. 2023 Jun 5;17:1198657. doi: 10.3389/fncel.2023.1198657. PMID: 37342769; PMCID: PMC10277468.

# Myéline et Activité Physique

[Neurorehabil Neural Repair](#). 2022 Jun; 36(6): 381–389.

PMCID: PMC9127936

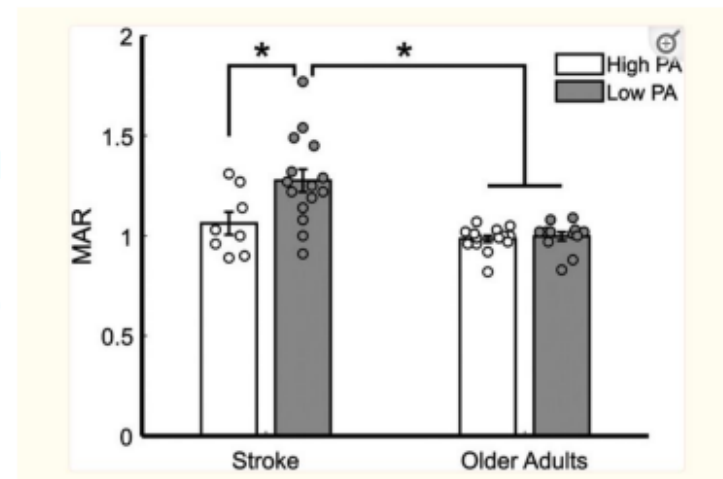
Published online 2022 May 9. doi: [10.1177/15459683221100497](#)

PMID: [35533214](#)

Individuals with Higher Levels of Physical Activity after Stroke Show Comparable Patterns of Myelin to Healthy Older Adults

[Brian Greeley](#), PhD,<sup>1</sup> [Cristina Rubino](#), MSc,<sup>2</sup> [Ronan Denyer](#), MSc,<sup>3</sup> [Briana Chau](#), MSc,<sup>2</sup> [Beverley Larssen](#), MSc,<sup>2</sup>  
[Bimal Lakhani](#), PhD,<sup>1</sup> and [Lara Boyd](#), PhD<sup>1,2,3</sup>

31 Patients post AVC > 6mois vs  
témoins sains  
MAR (Myéline Asymétrie Ratio) à  
l'IRM  
Activité physique intense vs  
Activité physique faible intensité  
Accéléromètre pendant 72h



**Patient post AVC  
AP élevée =  
Sujets sains**

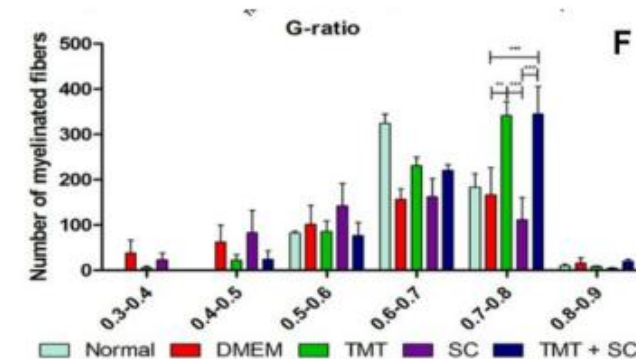
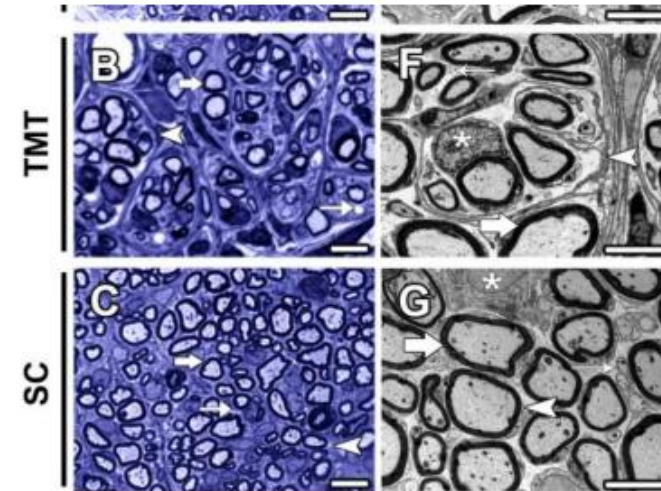


# Myéline périphérique et Activité Physique

- Peu d'études chez l'homme
- Chez le rat : Tapis  
2x30min/jour 3x/sem sur  
8sem → Effet de  
remyélinisation et sécrétions  
de facteurs trophiques sur les  
axones lésés du nerf sciatique

(Goulart et al 2014)

- Régénération tissulaire visible en  
coupe histologique → TMT (tapis)
- Et augmentation du nombre,  
surface de fibres myélinisées +  
vaisseau sanguin



Zhou Y, Notterpek L. Promoting peripheral myelin repair. Exp Neurol. 2016 Sep;283(Pt B):573-80. doi: 10.1016/j.expneurol.2016.04.007. Epub 2016 Apr 11. PMID: 27079997; PMCID: PMC5010970.

Goulart CO, Jürgensen S, Souto A, Oliveira JT, de Lima S, Tonda-Turo C, Marques SA, de Almeida FM, Martinez AM. A combination of Schwann-cell grafts and aerobic exercise enhances sciatic nerve regeneration. PLoS One. 2014 Oct 15;9(10):e110090. doi: 10.1371/journal.pone.0110090. PMID: 25333892; PMCID: PMC4198198.

Réalisé par Anne-Laure Chatain

# A Retenir

## 01 **Neuroplasticité**

Timothy H. Murphy & Dale Corbett, in Nature Reviews Neuroscience, 2009

## 02 **Neuroprotection**

Petzinger et al 2013, Lancet Neurol,

## 03 **Remyélinisation**

Bloom MS, et al. 2022

# Modalité d'intensité physique en neurologie



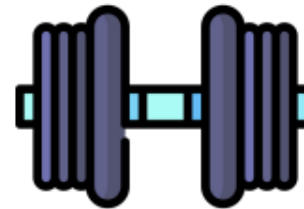
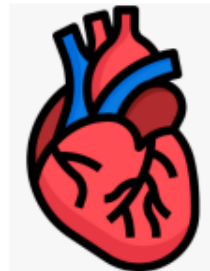


# Quel type d'activité physique ?

- Activité physique : D'après la définition de l'OMS, l'activité physique (AP) correspond à « *tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui requiert une dépense d'énergie* » → **INSUFFISANT**

## Réentrainement à l'effort ?

- Ensemble des techniques et stratégies permettant à un individu d'améliorer ses performances fonctionnelles par une sollicitation métabolique individualisée et standardisée en lien avec les objectifs physiopathologiques (Kemoun et Pelissier 1999).
- **Entrainement Cardio-respiratoire + Renforcement musculaire**



# Comment bien cibler le niveau d'intensité ?

## 1. Cardio-respiratoires :

### FC cible

Calcul selon la FC max théorique (FCMT)  
 $208 - 0,7 \times \text{âge}$  (Londeree et col. 1982, Tanaka)

Ou

Calcul selon le FC réserve  
Karvonnenn :

**FCR = FC max - FC repos**

**FC cible = (FCR x % choisi) + FC repos**

A key element of locomotor training is cardiovascular intensity

Remember **Intensity Matters!**

The recommended target HR range is 70-85% of HR max

Heart rate (HR) maximum (HRmax=208-0.7\*age)

Age	65%	75%	85%	HR Max
20	126	146	165	194
25	124	143	162	191
30	121	140	159	187
35	119	138	156	184
40	117	135	153	180
45	115	132	150	177
50	112	130	147	173
55	110	127	144	170
60	108	125	141	166
65	106	122	138	163
70	103	119	135	159
75	101	117	132	156
80	99	114	129	152
85	97	111	126	149
90	94	109	123	145

Visit [www.neuropt.org/practice-resources/Locomotor-KT](http://www.neuropt.org/practice-resources/Locomotor-KT)

# FC cible

## FC MAX :

- Faible intensité : 50-60% de la FCM
- Intensité modérée : 60-70% de la FCM
- Forte intensité : 70-80% de la FCM (aérobie)
- Très forte intensité : 80-90% de la FCM (anaérobie)
- Maximale : 90-100% de la FCM

## FC Karvonen selon FCR :

- 50 à 60% : zone de récupération ou échauffement
- 60 à 70% : zone d'endurance modérée
- 70% à 80% : zone d'endurance aérobie
- 80% à 90% : zone d'endurance intensive anaérobie
- 90% à 100% : zone d'endurance maximale














# Calcul de la Puissance Maximale Théorique

- Ce test mesure indirectement la PAMT (puissance maximale aérobique théorique)
  - Matériel
    - Vélo ergo
    - FC, SaO<sub>2</sub>
  - **Protocole sur 16 min**
    - échauffement 2 min (10 à 20W)**
    - 3 paliers de 4 min, à vitesse de 60 tours/min**
      - à puissance P1, P2, P3**
    - calcul de la FC la 4<sup>o</sup>min: FC1, FC2, FC3**
    - retour au calme 2 min**
- Prise de la puissance à 80% de la FC max

# Comment bien cibler le niveau d'intensité ?

## 1. Cardio-respiratoire : Effort perçu

Echelle de BORG	Perception de l'intensité de l'effort	Intensité relative	Lien avec une séance type d'activité physique	Emotions
6	Aucun effort	20 %	Echauffement/ retour au calme	 
7	Extrêmement facile	30 %		
8		40 %		
9	Très facile	50 %		
10		55 %		
11	Facile	60 %	Zone cible	   
12	Zone d'entraînement optimale	65 %		
13	Moyennement difficile	70 %		
14		75 %		
15	Difficile	80 %		
16		85 %	Zone d'effort très intense	  
17	Très difficile	90 %		
18		95 %		
19	Extrêmement difficile	100 %		
20	Exténuant	Acidose		

• **Faible intensité** : 6-11 sur une échelle de 6 à 20 : « Repos à Vous pouvez parler sans problème »

• **Intensité modérée** : 12-14 intensité de 60-70 % de la FC maximale : « difficile mais vous pouvez encore parler »

• **Forte intensité** : 15-17  
• 75-85 % de la FC maximale : « C'est dur, vous êtes essoufflés et seulement faire des phrases courtes »

• **Intensité maximale** : 18-20  
90-100 % de la FC maximale « très difficile, impossible de parler »

# Comment bien cibler le niveau d'intensité ?

## 2 . La force musculaire : % RM

Calcul de la Résistance Maximale (RM)

- Formule de Brzycki
- Test de l'effort submaximal





# Test physique de l'effort submaximal

- 1. Préparation d'une résistance subjective avec laquelle le patient pense qu'il ne peut faire que 10 reps.
- 2. Si le patient réussi a faire 10 répétitions correctement, laisser 3 minutes de repos et augmenter 10-20% le poids.
- 3. Répéter cela jusqu'à que le patient soit capable de lever 10 ou moins repetitions.

# Calcul final de la résistance maximale

**Formule de Brzycki :**
















**Charge max=charge supportée/(1,0278-(0,0278 x nombre de répétitions max))**

# Comment bien cibler le niveau d'intensité ?

## 3. La fonction

- Marche (Test de 10m → Vitesse de marche)
- Equilibre (Mini Best Test)
- Transfert (Sit to Stand)
- Préhension (Nine Hole Peg Test)

# Quels sont les paramètres de surveillance ?

 <b>Vital Sign Parameter Guidelines</b>		
Parameter	Rest	Activity
Heart Rate	 >120 bpm <sup>1</sup>	 >85% HR Maximum <sup>1</sup>
	 <60 bpm <sup>1</sup>	 >80% HRR (Karvonen formula) <sup>1</sup> *Reduce HR range by 10-15 bpm if on beta-blockers <sup>2</sup>
Blood Pressure	 >180/110 mmHG (SBP/DBP) <sup>3</sup> *When either value is close to above limit at rest, reassess after 5 minutes of exercise	 >250/115 mmHg (SBP/DBP) <sup>1</sup> *When either value is close to above limit, stop exercise and reassess after 5 minutes
	 <90/60 mmHG	 Reduction >10mmHg in systolic accompanied by other symptoms of ischemia
SaO <sub>2</sub>	 <92% <sup>1</sup> *Other notable signs may be pallor, wheezing, dyspnea with a reduction of SaO <sub>2</sub> from baseline	 <92% <sup>1</sup> *Other notable signs may be pallor, wheezing, dyspnea with a reduction of SaO <sub>2</sub> from baseline
Diabetes Mellitus Considerations		
Blood Glucose	 <70 mg/dL	
	 70-100 mg/dL *If DM, provide snack and monitor frequently, may require MD referral if hypoglycemia persists	
	 100-250 mg/dL *Proceed with exercise program	
	 >250 mg/dL *Should check ketones <sup>7</sup> , if ketone levels are ≥1.5 mmol/L – exercise contraindicated <sup>7</sup>	
	<b>Vital education with activity</b> *If symptoms of hypoglycemia develop with activity, recheck BG *Reduction in blood sugar can occur 6-15 hours post exercise <sup>4</sup> and can persist upwards of 48 hours post <sup>5,6</sup> , educate patient that this may occur	

<b>Repos :</b> TA : < 18/11 mmHg Sat : >92% FC : < 120 Bpm
<b>Effort :</b> TA : < 20/12 mmHG Sat: > 92%  FC : < 85% FCmax

\* -10bpm si sujet sous β-bloquant

(Hornby 2019)



# A Retenir

**01 Evaluation Cardio-respiratoire**

**02 Evaluation musculaire**

**03 Evaluation fonctionnelle**



# Mise en place

Revue, Protocoles et exemples pratiques



# Recommandations/Guidelines post AVC

	Interventions	Recommandations	Niveau de Preuve Scientifique
	Biofeedback	Recommandé	B
	Contrainte induite du membre supérieur	Recommandée	C
	Etirements	Pas assez de preuves d'efficacité	
→	<b>Exercices de marche</b>	<b>Recommandés</b>	<b>A</b>
	Imagerie motrice	Recommandée en association avec d'autres méthodes	C
	Orthèses	Recommandées au membre inférieur	B
→	<b>Programmes d'activités physiques et exercices physiques</b>	<b>Recommandées</b>	<b>A</b>
	Réalité virtuelle	Recommandée en association avec d'autres méthodes	B
	Rééducation assistée par robotique	Peu de preuve d'efficacité	
	Rééducation de la posture et de l'équilibre	Recommandé	C
	Thérapie miroir	Recommandées au membre supérieur	B
	Toxine Botulique	Recommandé en association avec d'autres méthodes	C

# Aérobic post AVC

➤ Arq Neuropsiquiatr. 2021 Sep;79(9):832-843. doi: 10.1590/0004-282X-ANP-2020-0551.

## Effects of aerobic physical exercise on neuroplasticity after stroke: systematic review

Leandro Goursand Penna<sup>1</sup>, João Pascoa Pinheiro<sup>1</sup>, Sergio Henrique Rodolpho Ramalho<sup>2</sup>, Carlos Fontes Ribeiro<sup>1</sup>

Affiliations + expand

PMID: 34669820 DOI: 10.1590/0004-282X-ANP-2020-0551

[Free article](#)

**P: Post AVC + 6 mois**

**I : Exercices Aérobies**

**C : Thérapie conventionnelle**

**O : Facteurs neurotrophiques (BDNF) et IRMf et excitabilité corticale, Test fonctionnels (TDM10, FMA, Wolf..)**

**S : ECR**



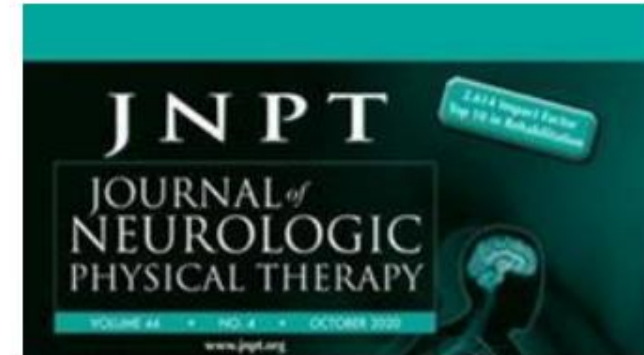
- 16 études  
→ Résultats hétérogènes sur la neuroplasticité, les fonctions motrices et cognitives



# AVC: Amélioration de la Locomotion

Hornby et al, 2020, JNPT : Guidelines de la locomotion : AVC, BM, TC > 6mois

- ✓ 111 articles scientifiques
  - ✓ Enquête sur 112 praticiens
  - ✓ Enquête sur les préférences des patients
- ✓ Examen d'experts



- ✓ **Recommandations:** selon, preuve scientifique, risque, coût, utilité clinique

TABEAU 4 - Résultats du sondage

Marche hors sol (91%)	Entraînement aérobie (13%)
Équilibre (64%)	Marche assistée par robot (8%)
Tapis roulant (40%)	Circuit training (4%)
Renforcer (27%)	Tai chi (1%)
Neurofacilitation (26%)	Aquatique (0%)
Stimulation électrique fonctionnelle (18%)	Plateforme de vibration (0%)

Réalisé par Anne-Laure Chatain

# AVC: Amélioration de la Locomotion

Types d'intervention	Recommandations/Preuve
Entraînement à la marche de modérée à haute intensité	AVC : Qualité de Preuve : I-II Recommandations : Forte
Entraînement à la marche en réalité virtuelle	AVC : Qualité de Preuve : I-II Recommandations : Forte
Entraînement en force	AVC et BM Qualité de Preuve : I-II Recommandations : Faible
Entraînement au cyclisme	AVC Qualité de Preuve : I-II Recommandations : Faible
Parcours Training	AVC Qualité de Preuve : I-II Recommandations : Faible
Assis-debout et remise en charge	Non recommandé par rapport à une autre technique
Tapis de marche et Allègement du poids du corps	Non recommandé par rapport à une autre technique
Assistance robotisée (exosquelette)	Non recommandé par rapport à une autre technique

# AVC : Amélioration de la Locomotion

**Discussion :** Les résultats collectifs suggèrent que de grandes quantités de pratique spécifique à une tâche (c'est-à-dire locomotrice) peuvent être essentielles pour améliorer la fonction de marche, mais seulement à des intensités cardiovasculaires plus élevées ou avec un retour d'information augmenté pour augmenter l'engagement du patient. Les interventions de marche à faible intensité ou les stratégies d'entraînement basées sur la déficience ont montré une efficacité équivoque ou limitée.

**Limites :** La vitesse et la distance de marche étant les principaux critères de jugement, les participants à l'étude ont marché sans assistance physique importante. Cette recommandation peut ne pas s'appliquer aux patients ayant une fonction ambulatoire limitée, pour lesquels l'apprentissage de la marche peut nécessiter une assistance physique importante.

**Résumé :** La directive suggère que des exercices de marche spécifiques à une tâche doivent être effectués pour améliorer la vitesse et la distance de marche chez les personnes atteintes d'une lésion aiguë du système nerveux central, mais uniquement à des intensités plus élevées ou avec un retour d'information accru. Les études futures devraient clarifier l'utilité potentielle de paramètres d'entraînement spécifiques qui conduisent à une amélioration de la vitesse et de la distance de marche chez ces populations aux stades chronique et subaigu après une blessure.

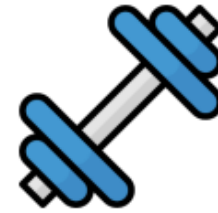
# Recommandations Travail Aérobie

- **AVC :**  
5 à 7 jours /semaine  
↗Durée de 20min à 60min  
Borg 16/20  
60 à 80% de la FC Max  
*Surveillance TA et FC*





# Recommandations entrainement contro- resistance



- **AVC légers à modérés**

2 à 3 jours / semaine

1 à 3 séries

10 à 15 répétitions

8 à 10 exos

Choisissez une résistance entre 30 et 50 % et jusqu'à 50 et 80 % de 1-RM.

Grands groupes musculaires

*Surveillance TA et FC*

# Excentrique ?

Randomized Controlled Trial > NeuroRehabilitation. 2021;48(4):513-522.

doi: 10.3233/NRE-201601.

## Eccentric training effects for patients with post-stroke hemiparesis on strength and speed gait: A randomized controlled trial

Nisrine Abdelnour Lattouf<sup>1</sup>, Roland Tomb<sup>2</sup>, Ayman Assi<sup>3</sup>, Luc Maynard<sup>4</sup>, Serge Mesure<sup>5</sup>

Affiliations + expand

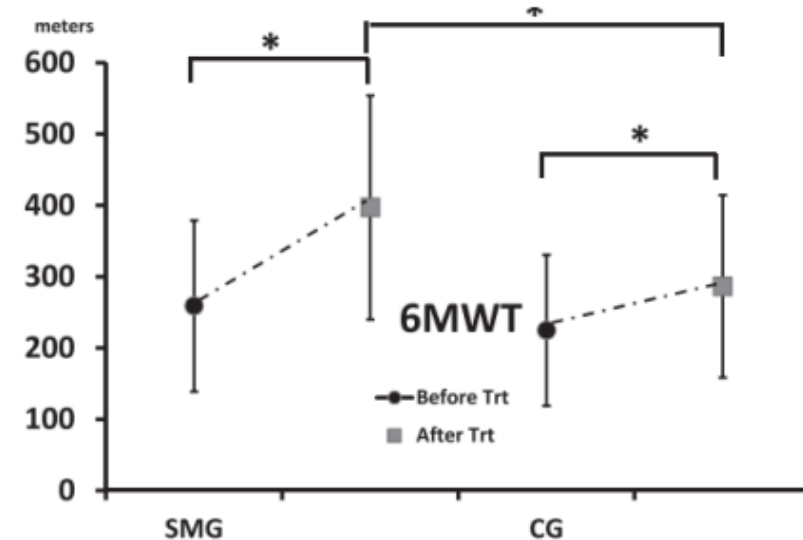
PMID: 33967063 DOI: 10.3233/NRE-201601

Population : N= 37 post AVC (19 et 18)  
chronique

Intervention : 3x 5 reps en contraction  
excentrique MI, 4 semaines 3x/sem sur press ,  
40%→ 60%RM

Critères d'évaluation : RM, TDM10 , TDM6min.

Résultats : **Augmentation de la force et de la  
vitesse de marche du TDM6**



# Excentrique ?

Review > Top Stroke Rehabil. 2024 Oct;31(7):667-680. doi: 10.1080/10749357.2024.2330040.

Epub 2024 Mar 20.

## Effects of eccentric strength training on motor function in individuals with stroke: a scoping review

Natalia Perez<sup>1</sup>, Cristian Morales<sup>2</sup>, Alvaro Reyes<sup>3</sup>, Travis Cruickshank<sup>4</sup>, Luis Penailillo<sup>3</sup>

Affiliations + expand

PMID: 38507234 DOI: [10.1080/10749357.2024.2330040](https://doi.org/10.1080/10749357.2024.2330040)

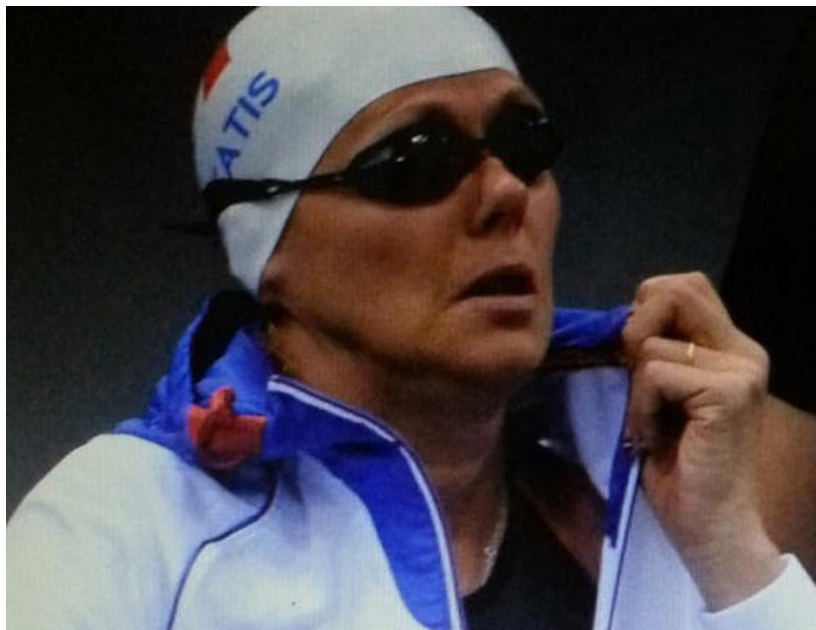
**Résultats :** Dix études, portant sur 257 personnes, ont été analysées. L'ECC a révélé des effets positifs sur la force musculaire, l'activité musculaire, l'équilibre, la vitesse de marche et la fonctionnalité, principalement en comparaison avec l'entraînement concentrique, la physiothérapie et la routine quotidienne. Aucun événement indésirable significatif n'a été signalé pendant l'ECC. L'évaluation critique des articles individuels allait de peu préoccupante à très préoccupante.

**Conclusion :** L'ECC a eu un effet plus important et positif sur la fonction motrice des personnes victimes d'AVC que les autres modalités d'exercice. Cependant, le nombre limité d'études, la variabilité des résultats et le risque de biais ont produit une faible certitude des preuves.

# A Retenir

- 01 **Faites monter la fréquence cardiaque !**
- 02 **Chargez vos patients, jouez sur la vitesse et la course !**
- 03 **Ajoutez du fonctionnel dans un programme intensif !**





# Intérêt, réflexion ?

