

Rééducation par activités impliquant le tronc chez l'enfant ayant une paralysie cérébrale

Pr Christian Beyaert (pédiatre, neurophysiologiste)

Laboratoire du Mouvement, Centre de Réadaptation Pierquin, IRR, Nancy

Centre de MPR de l'Enfance, IRR, Flavigny-sur-Moselle

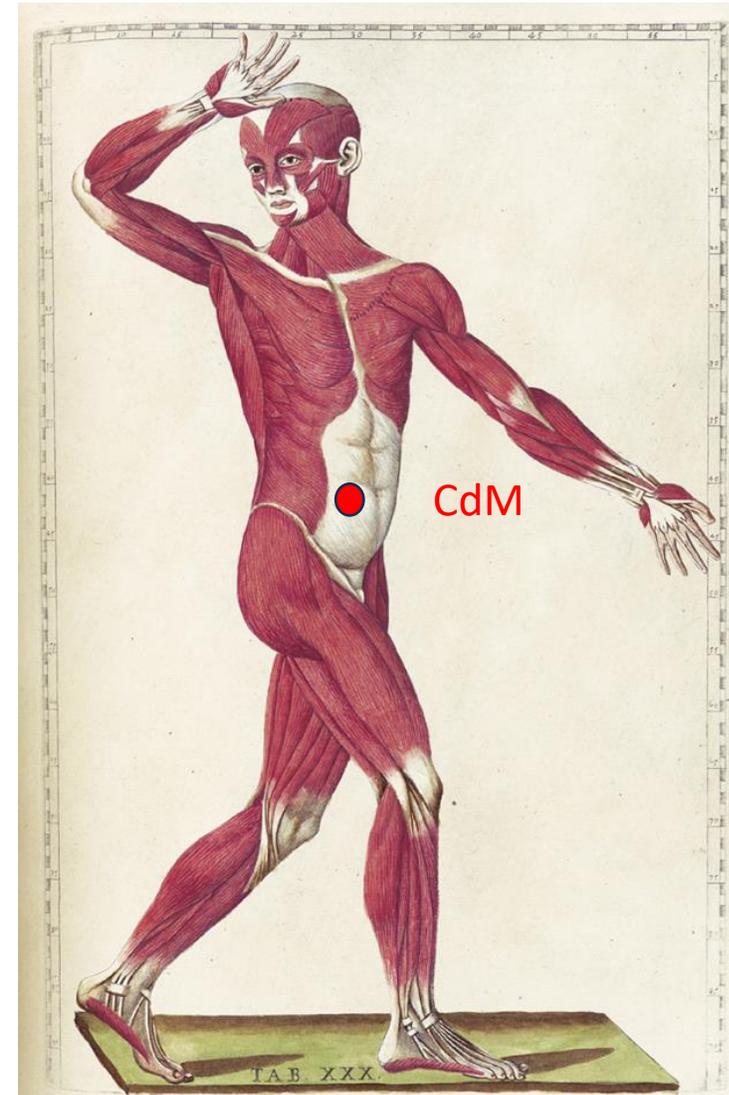
UR Développement, Adaptation et Handicap



51èmes Journées d'étude de la SORNEST, 14-15 mars 2024

Physiologie du contrôle moteur

- Le système nerveux contrôle les muscles qui mobilisent le squelette
- Contrôle moteur par fonctions
- Pendant la locomotion :
 - Support antigravitaire
 - **Contrôle de l'équilibre (ne pas chuter)**
 - Déplacement locomoteur

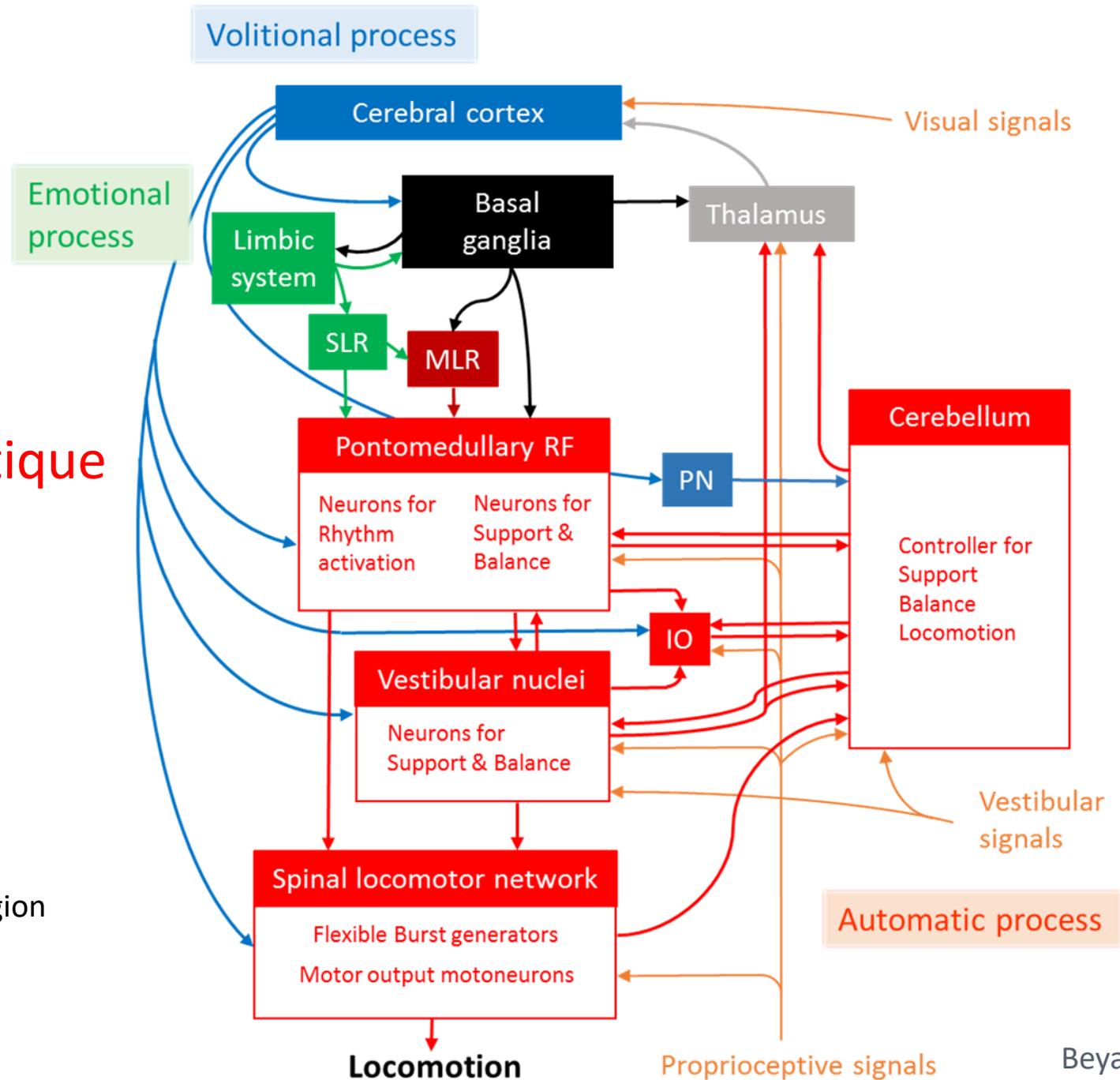


Physiologie du contrôle moteur

Contrôle postural automatique

- Support antigravitaire
- Contrôle de l'équilibre
 - Ajustements anticipés
 - Réactions posturales

SLR : subthalamic locomotor region
 MLR : mesencephalic locomotor region
 RF : reticular formation
 PN : pontine nuclei
 IO : inferior olive



Développement moteur chez l'enfant

- A la naissance :
 - Segments axiaux : hypotonique, non contrôlé
 - Membres : hypertoniques, non contrôlés
- Dans les premiers mois de vie
 - Segments axiaux : ↑ activités musculaires contrôlées pour fonctions
 - Membres : ↑ activités musculaires contrôlées, ↓ tonus de repos
- Ensuite
 - Développement des fonctions motrices (globales)
 - Orientation et soutien anti-gravitaire
 - Contrôle de l'équilibre (élévation du CdM, coordination membres, ↑ contribution du tronc)
 - Déplacements (4 pattes, marche, escaliers, ...)

Bébé est sur le dos... ou dans les bras!
Ses mouvements ne sont pas encore contrôlés.



Sur le ventre, bébé arrive à soulever sa tête et sa poitrine.



Il pédale sur un tricycle sans se cogner à des choses.



Après la marche, la course!

3 ans



Il arrive à sauter sur place sur ses 2 pieds.

2 ans



Il monte les escaliers en mettant les 2 pieds sur chaque marche et les descend à 4 pattes, à reculons.

Il a plus de facilité à lancer, attraper et faire rebondir un ballon.



Bébé marche avec assurance.

Bébé se déplace debout en s'agrippant à tout.



... Plus tard, il marche à 4 pattes.



Ça y est! Bébé fait ses premiers pas les pieds écartés et les bras ouverts.

0 mois

1 mois

2 mois

3 mois

4 mois

5 mois

6 mois

7 mois

8 mois

9 mois

10 mois

11 mois

12 mois

13 mois

14 mois

15 mois

16 mois

17 mois

18 mois

Bébé se retourne! Du ventre au dos, puis du dos au ventre.



Bébé s'assoit seul. De plus en plus stable, il peut maintenant jouer sans se tenir.



Bébé se déplace en tournant, puis en rampant...

Bébé est sur le dos... ou dans les bras!
Ses mouvements ne sont pas encore contrôlés.



Sur le ventre, bébé arrive à soulever sa tête et sa poitrine.



Il pédale sur un tricycle sans se cogner à des choses.



Après la marche, la course!

3 ans



arrive à sauter sur place sur ses pieds.

0 mois

1 mois

2 mois

3 mois

4 mois

Bébé se retourne! Du ventre au dos, puis du dos au ventre.



5 mois

6 mois

Bébé s'assoit seul. De plus en plus stable, il peut maintenant jouer sans se tenir.



7 mois

8 mois

9 mois

10 mois

11 mois

12 mois

... Plus tard, il marche à 4 pattes.



Il a plus de facilité à lancer, attraper et faire rebondir un ballon.



13 mois

14 mois

15 mois

16 mois

Ça y est! Bébé fait ses premiers pas les pieds écartés et les bras ouverts.



mettant les pieds écartés et les bras ouverts.

Bébé se déplace en tournant, puis en rampant...



Syndrome du neurone moteur supérieur

Troubles moteurs

Anomalies primaires

liées aux lésions de NMS

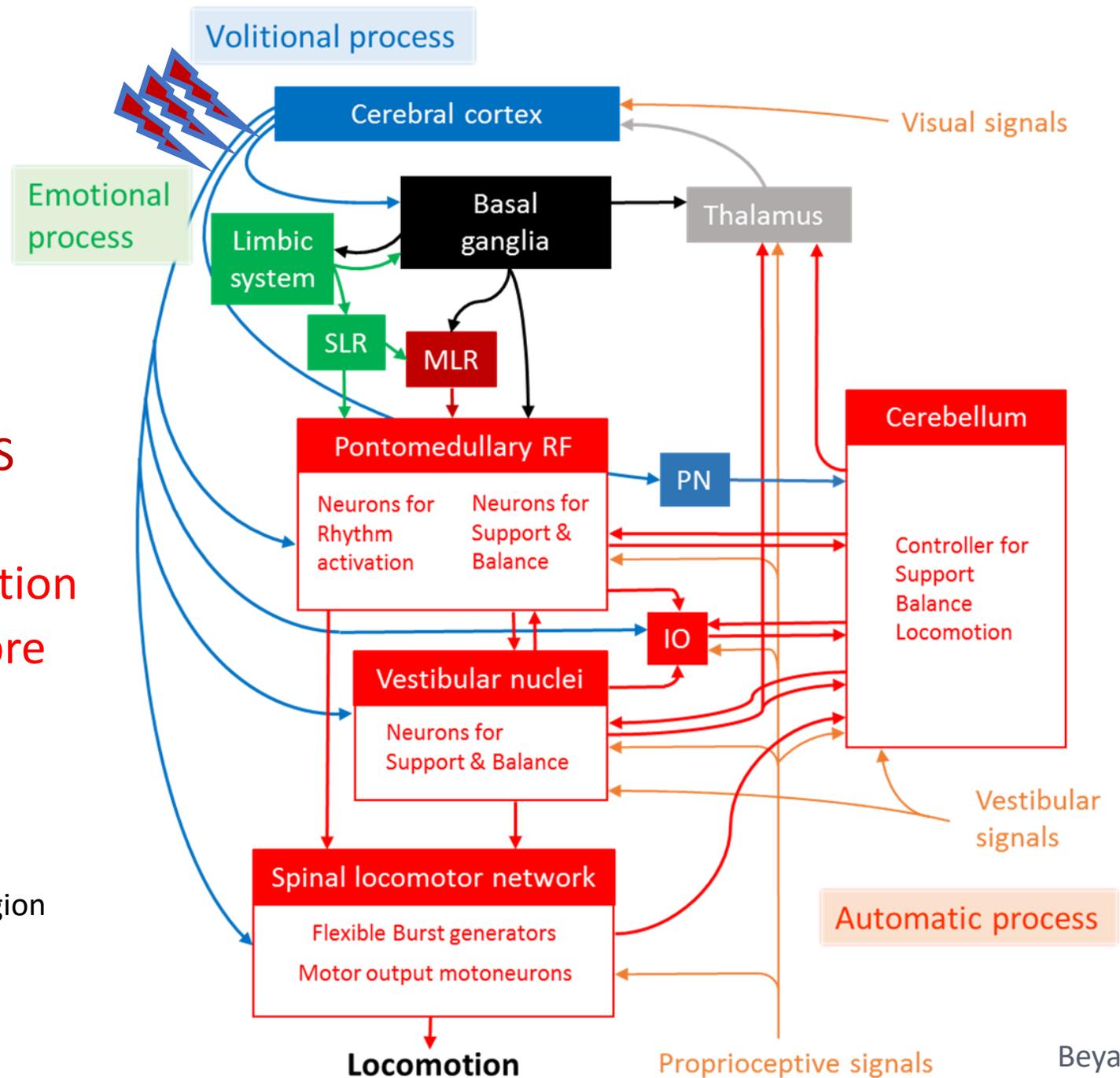
Anomalies secondaires +++

Adaptation = compensation

- pour support & équilibre

- pour déplacement

SLR : subthalamic locomotor region
 MLR : mesencephalic locomotor region
 RF : reticular formation
 PN : pontine nuclei
 IO : inferior olive



Syndrome du neurone moteur supérieur

- Pathophysiologie
 - Compensations par le contrôle postural +++ (support & équilibre)

Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology (2015) 45, 335–355



Disponible en ligne sur

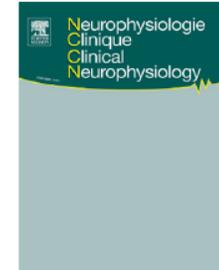
ScienceDirect

www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte

www.em-consulte.com/en



REVIEW/MISE AU POINT

Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies

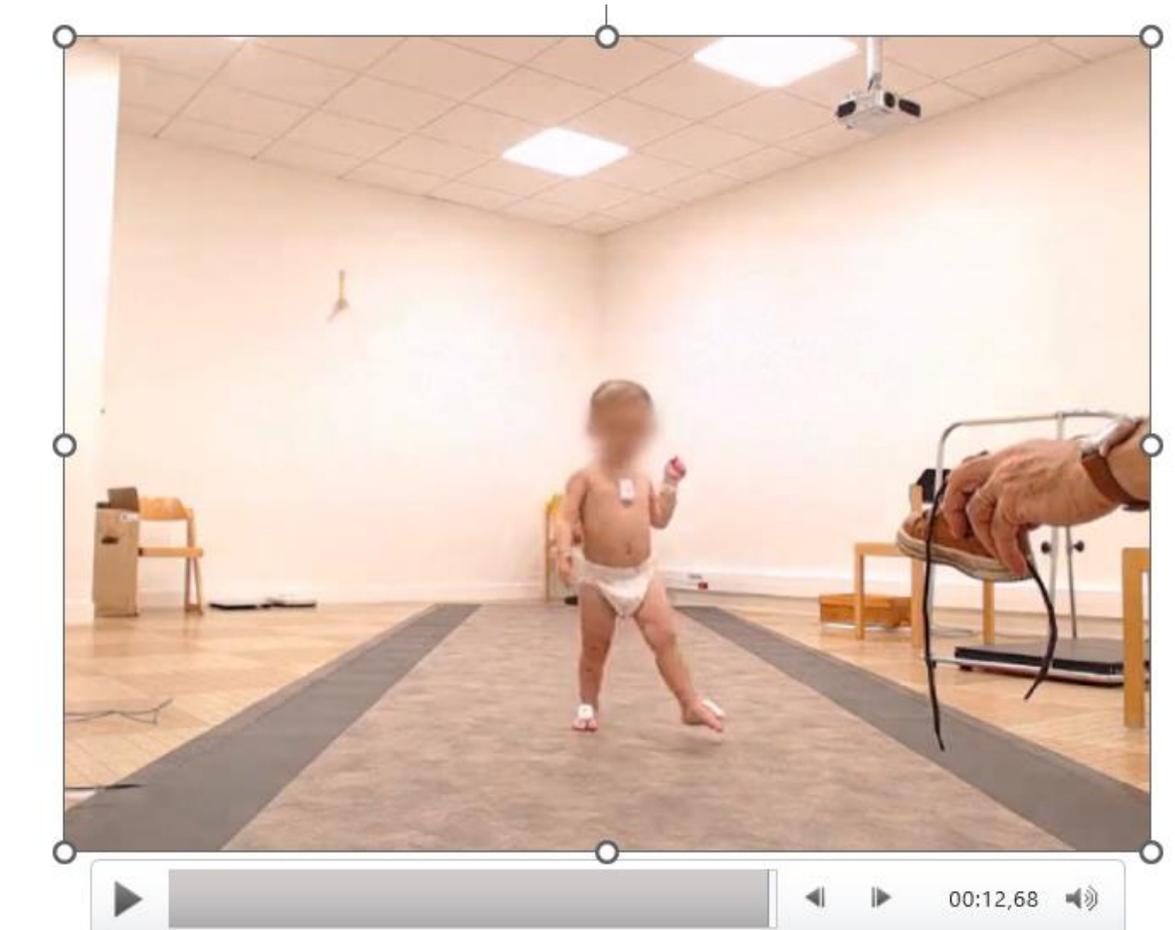


*La marche après accident vasculaire cérébral :
physiopathologie et stratégies de rééducation*

C. Beyaert^{a,b,*}, R. Vasa^c, G.E. Frykberg^d

Paralysie cérébrale et troubles moteurs

- Hémiparésie : pose pied à plat, genu recurvatum et flexion du coude



Paralysie cérébrale et troubles moteurs

- Ostéosarcome tibia G opéré, déficit TA, paresthésies pied G :
Pose pied à plat, genu recurvatum et flexion du coude controlatéral !



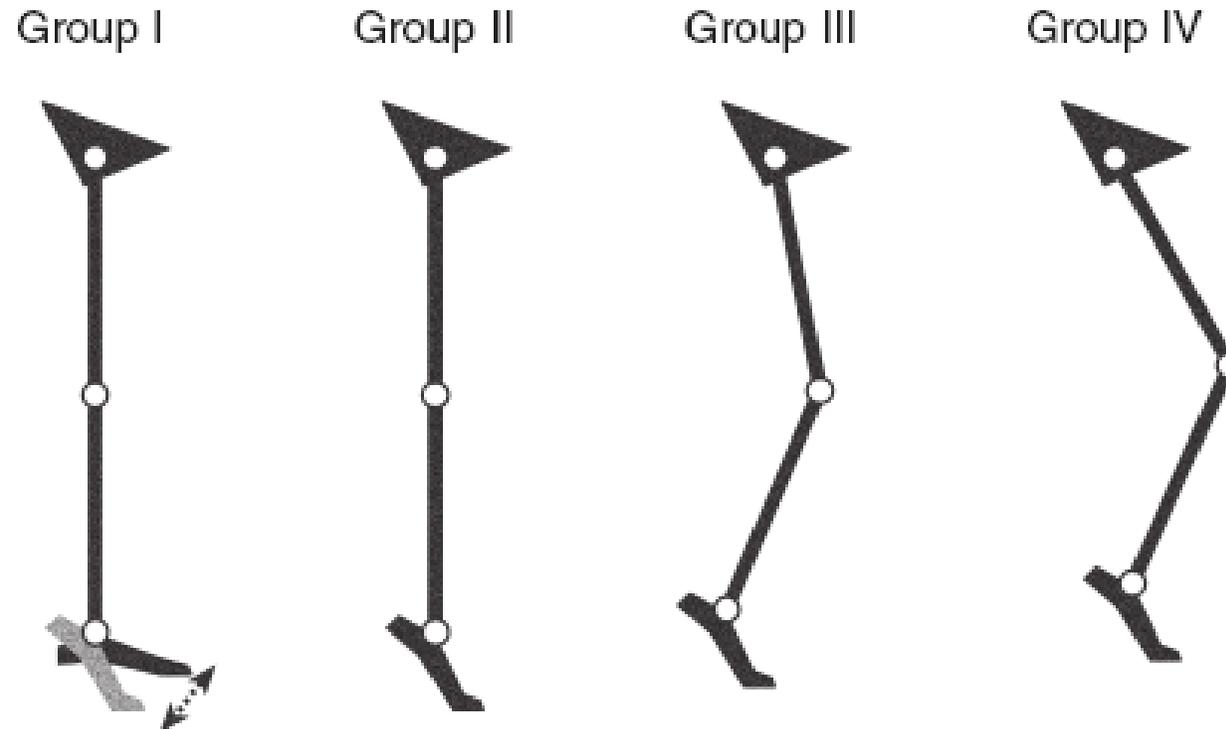
Paralysie cérébrale et troubles moteurs

- Ostéosarcome tibia G opéré, déficit TA, paresthésies pied G :
Pose pied à plat, genu recurvatum et flexion du coude controlatéral !



Paralysie cérébrale et troubles moteurs

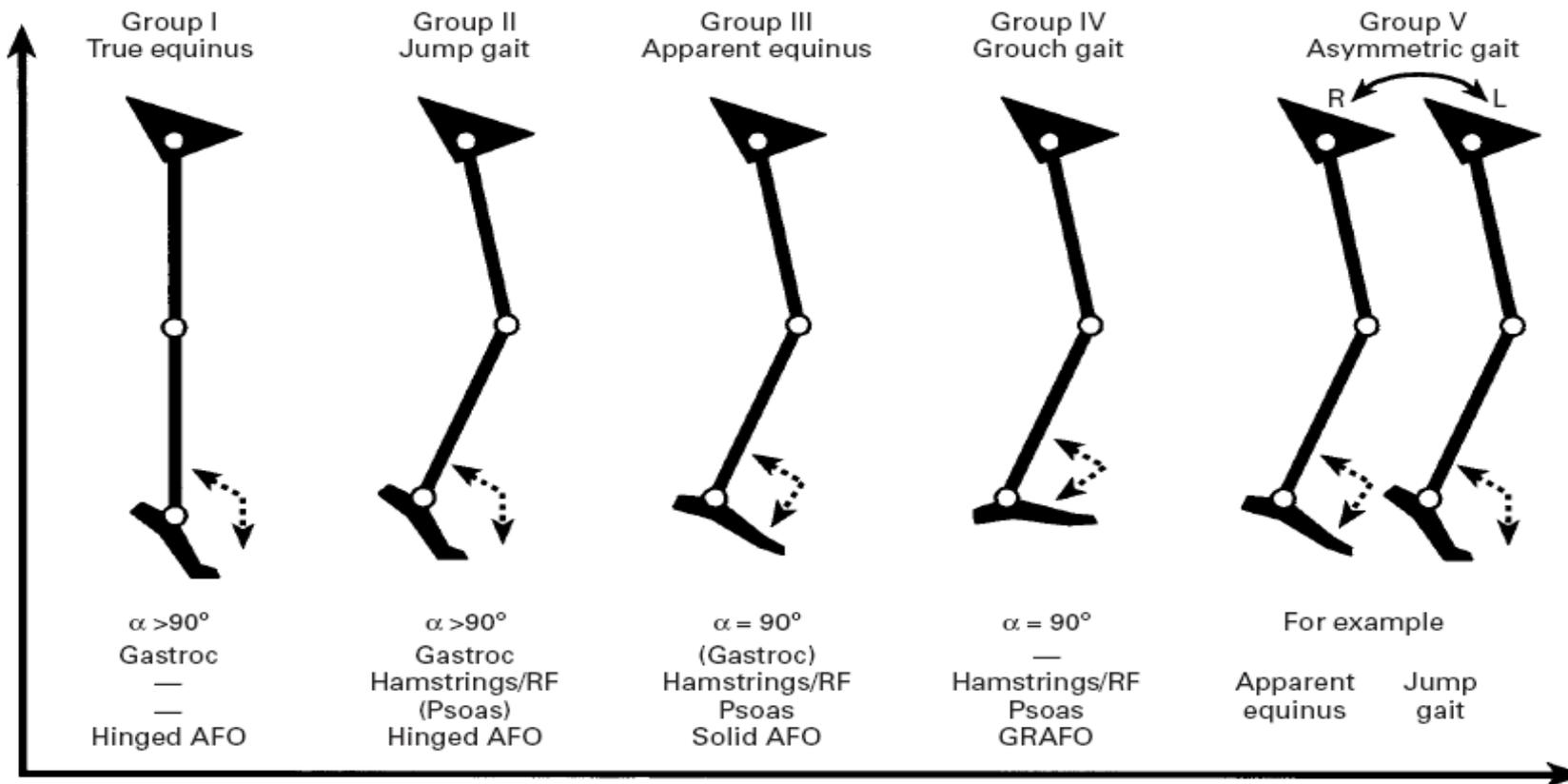
- La marche : pose du pied au sol par l'avant ou à plat (toe walking)
 - Hémiparésie : stades selon la classification de Winter



Paralysie cérébrale et troubles moteurs

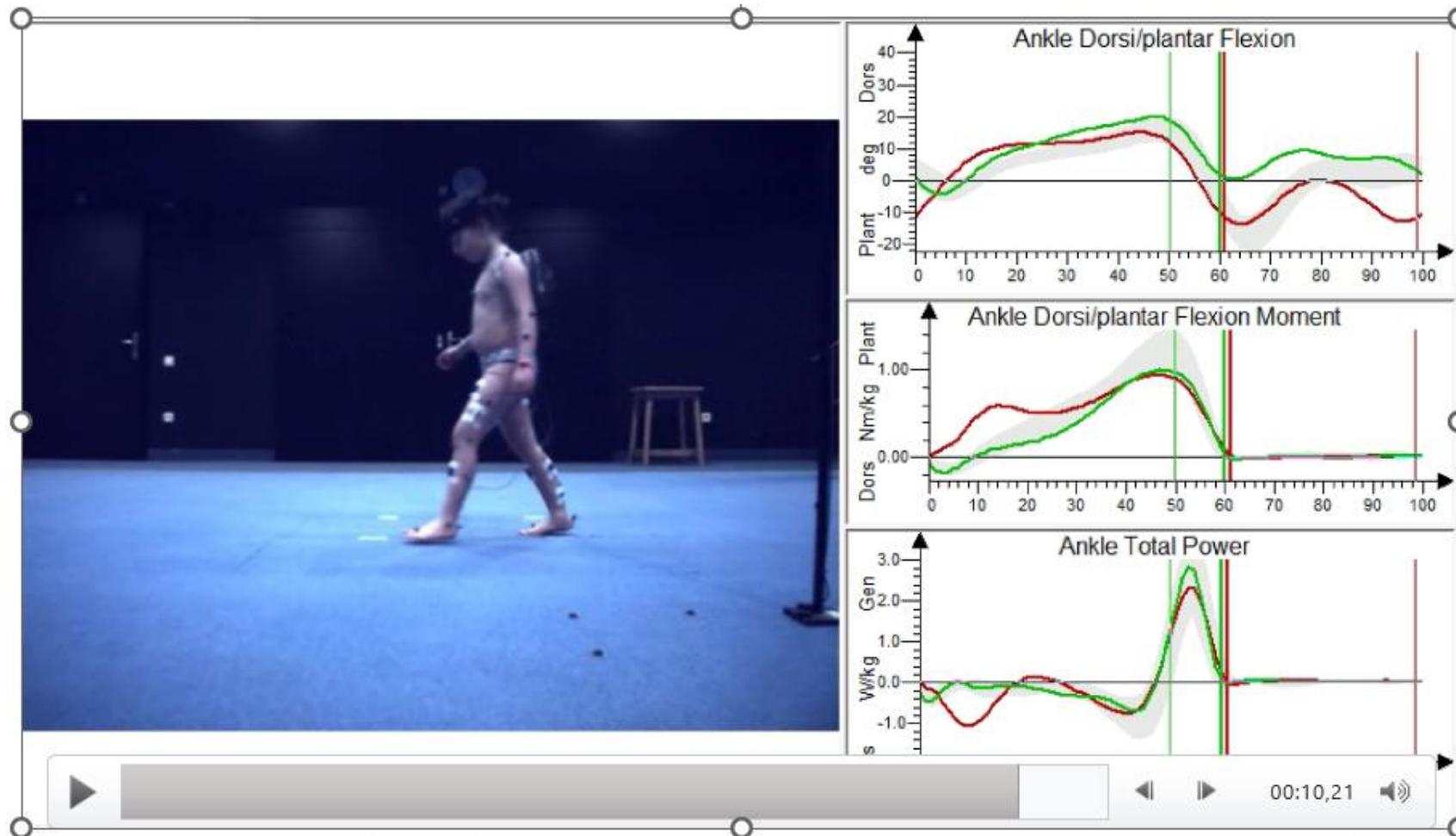
- La marche : pose du pied au sol par l'avant ou à plat (toe walking)
 - Paraparésie : stades selon la classification de Rodda

Sagittal gait patterns: Spastic diplegia



Enfants PC : pose pied et freinage précoce

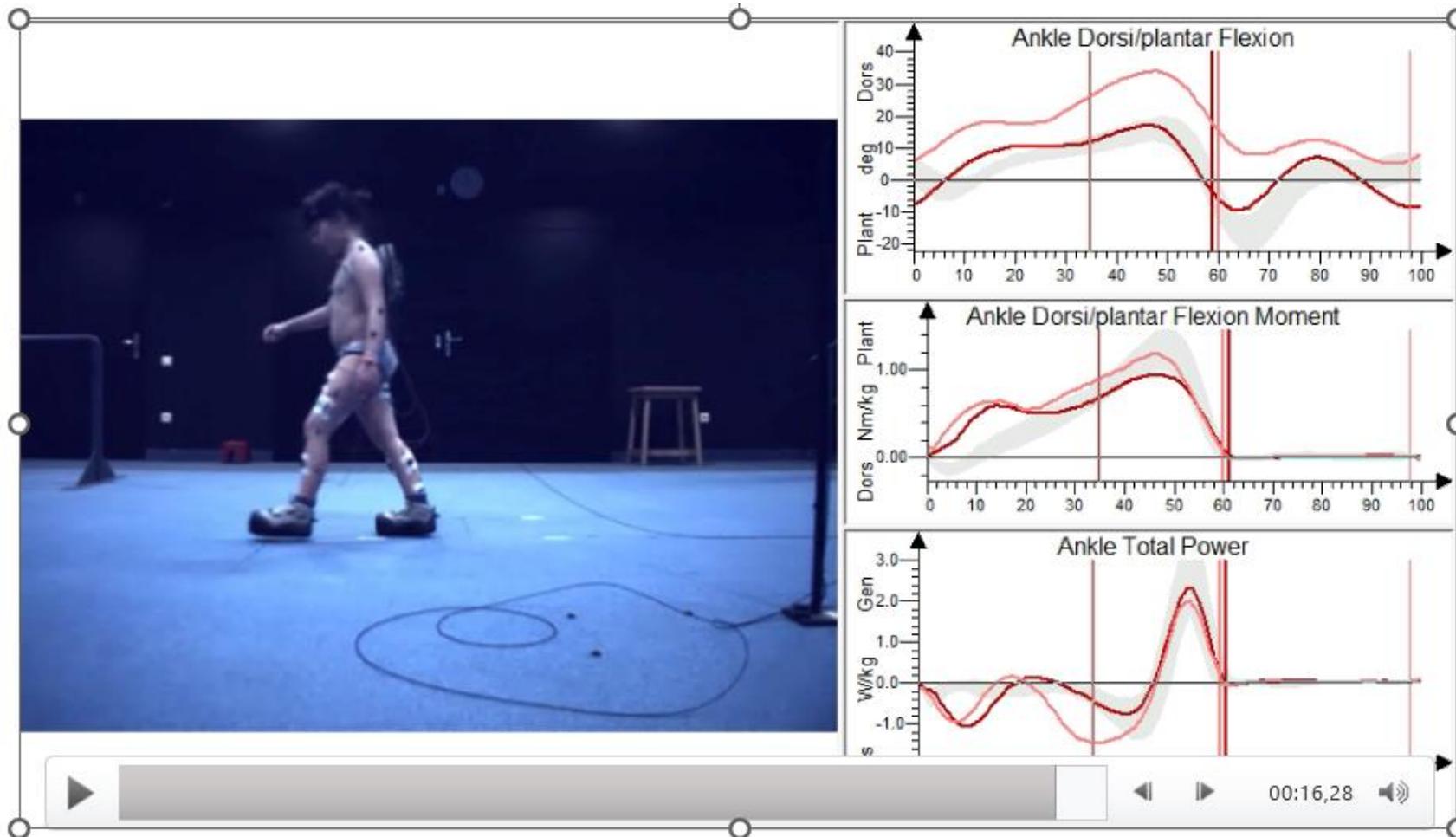
- Physiopathologie de la pose du pied chez l'enfant PC
 - Une enfant hémiplégique gauche, pieds nus



Pose du pied à plat puis freinage de l'avancée du tibia

Enfants PC : pose pied et freinage précoce

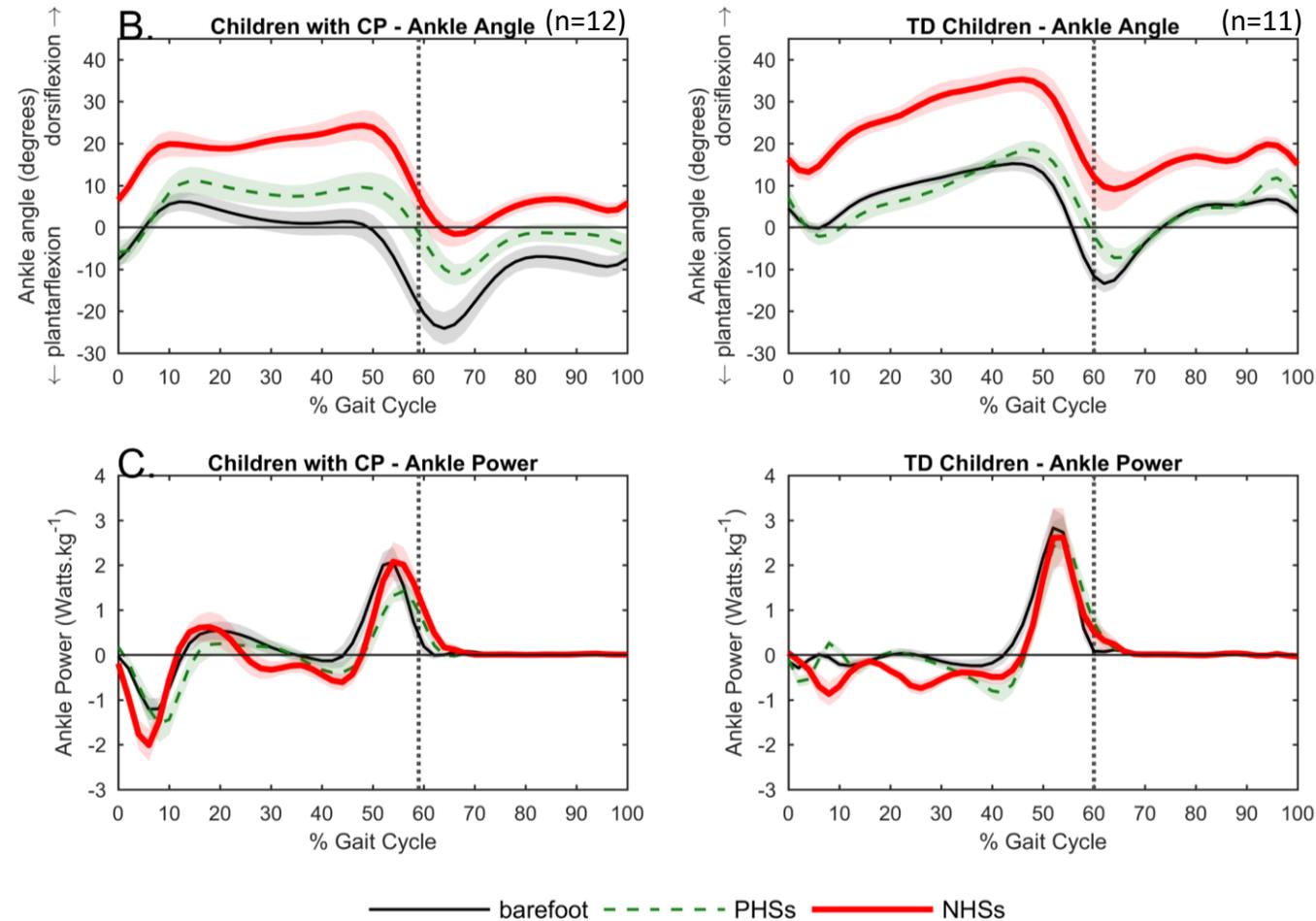
- Physiopathologie de la pose du pied chez l'enfant PC
 - L'enfant avec chaussures à cambrure inversée (10°)



Dorsiflexion du pied pour pose de la chaussure à plat puis freinage de l'avancée du tibia

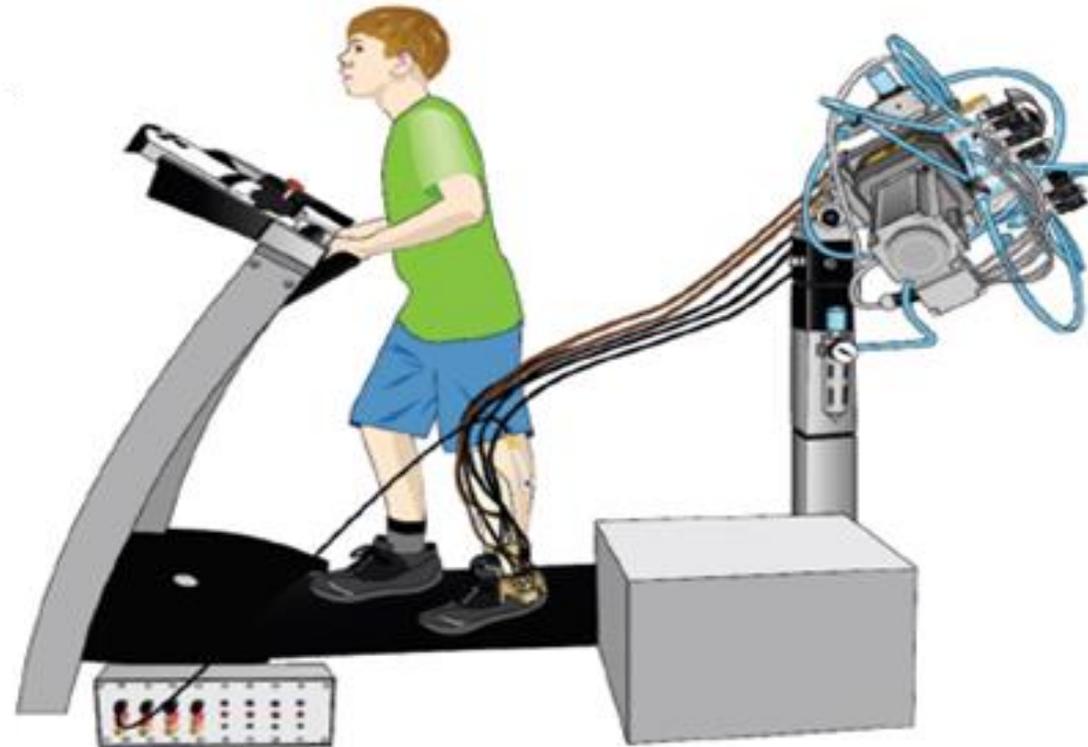
Enfants PC : pose pied et freinage précoce

- Freinage précoce exercé par le triceps sur le tibia



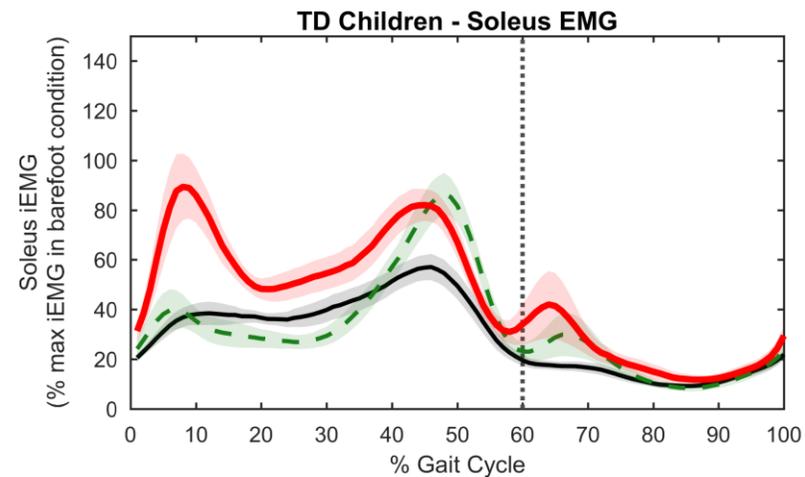
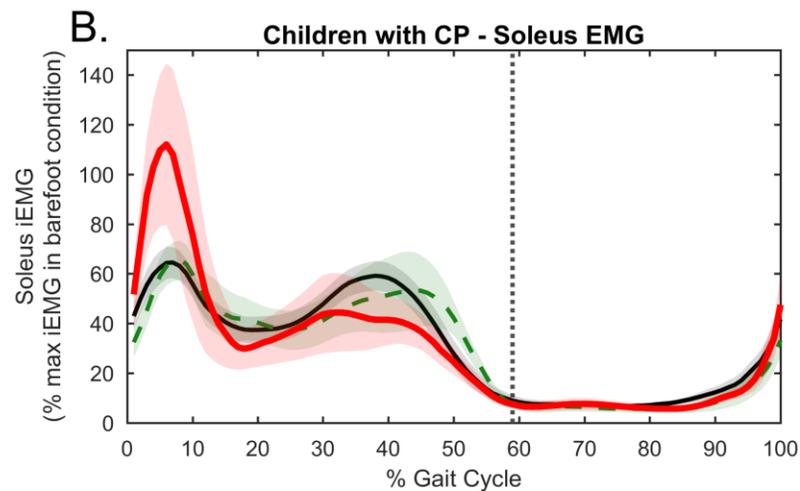
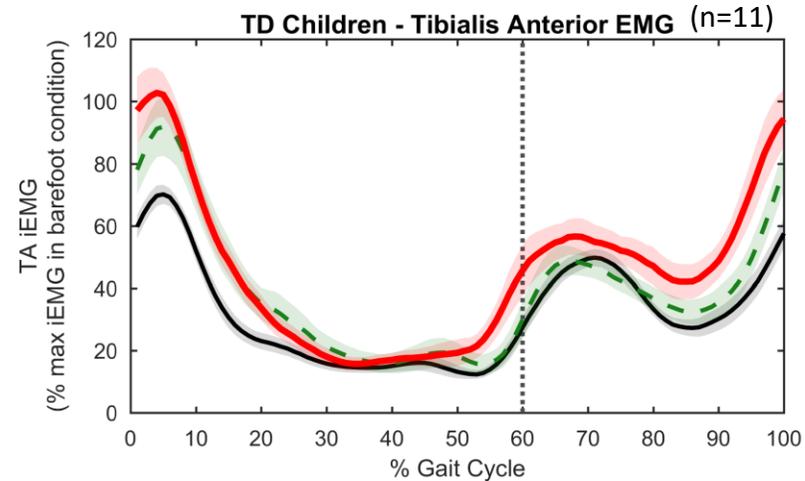
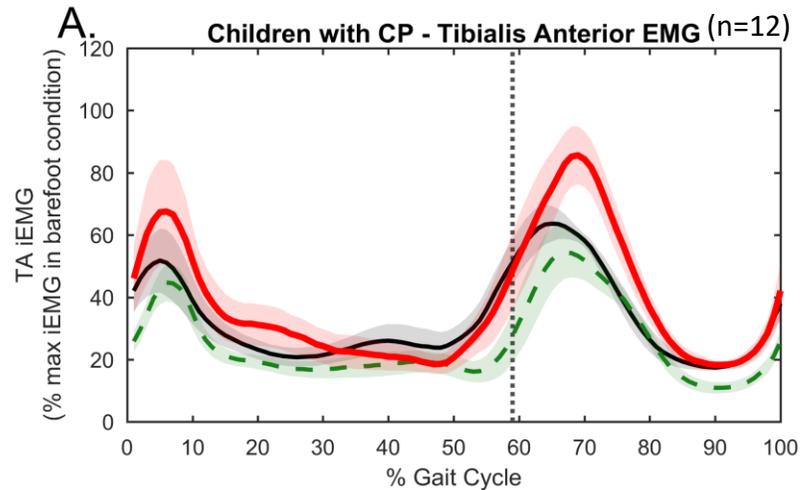
Enfants PC : pose pied et freinage précoce

- Pose du pied souvent en équin : habituellement attribuée à la spasticité du TS
 - Les réflexes d'étirement, bien que présents chez les enfants PC, ne contribuent pas à la pose du pied en équin



Enfants PC : pose pied et freinage précoce

- Pose du pied souvent en équin : absence activité TA en 2^{ème} moitié oscillation !

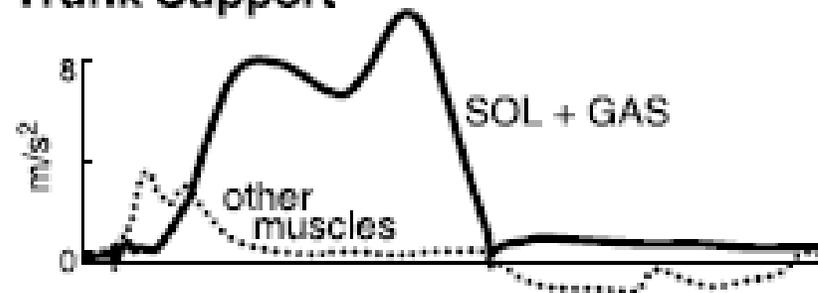


— barefoot - - - PHSs — NHSs

Action du TS chez le sujet sain

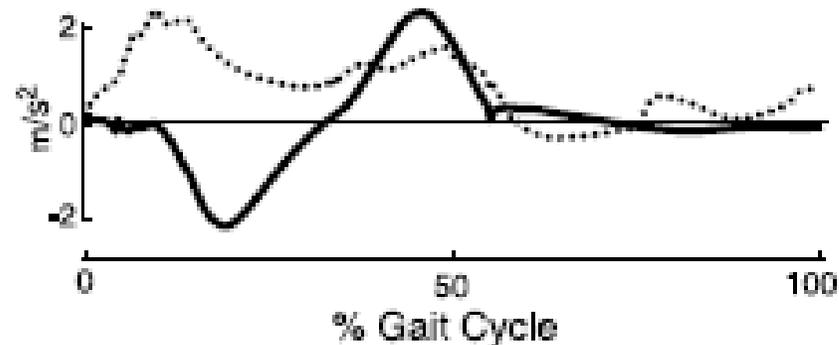
- Le triceps sural (Sol + Gas) a une action de support et de freinage de l'avancée du tronc qu'après la pose du pied à plat au sol (10% du cycle de marche)

Trunk Support



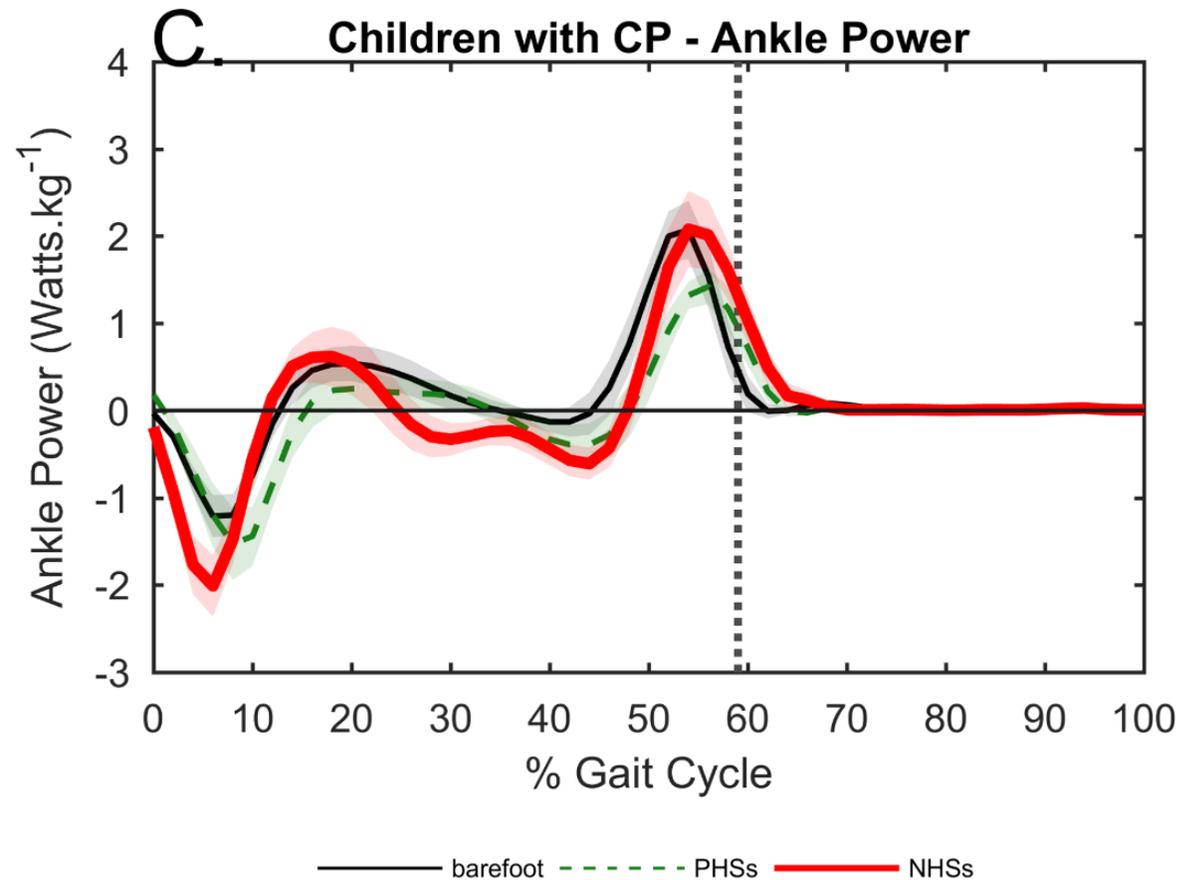
Sol : soléaire
Gas : gastrocnémiens
Others m. : m. cuisse et fesse

Trunk Forward Progression



Enfants PC : pose pied et freinage précoce

- Freinage précoce exercé par le triceps sur le tibia
 - Freinage précoce de l'abaissement et de l'avancée du tronc !

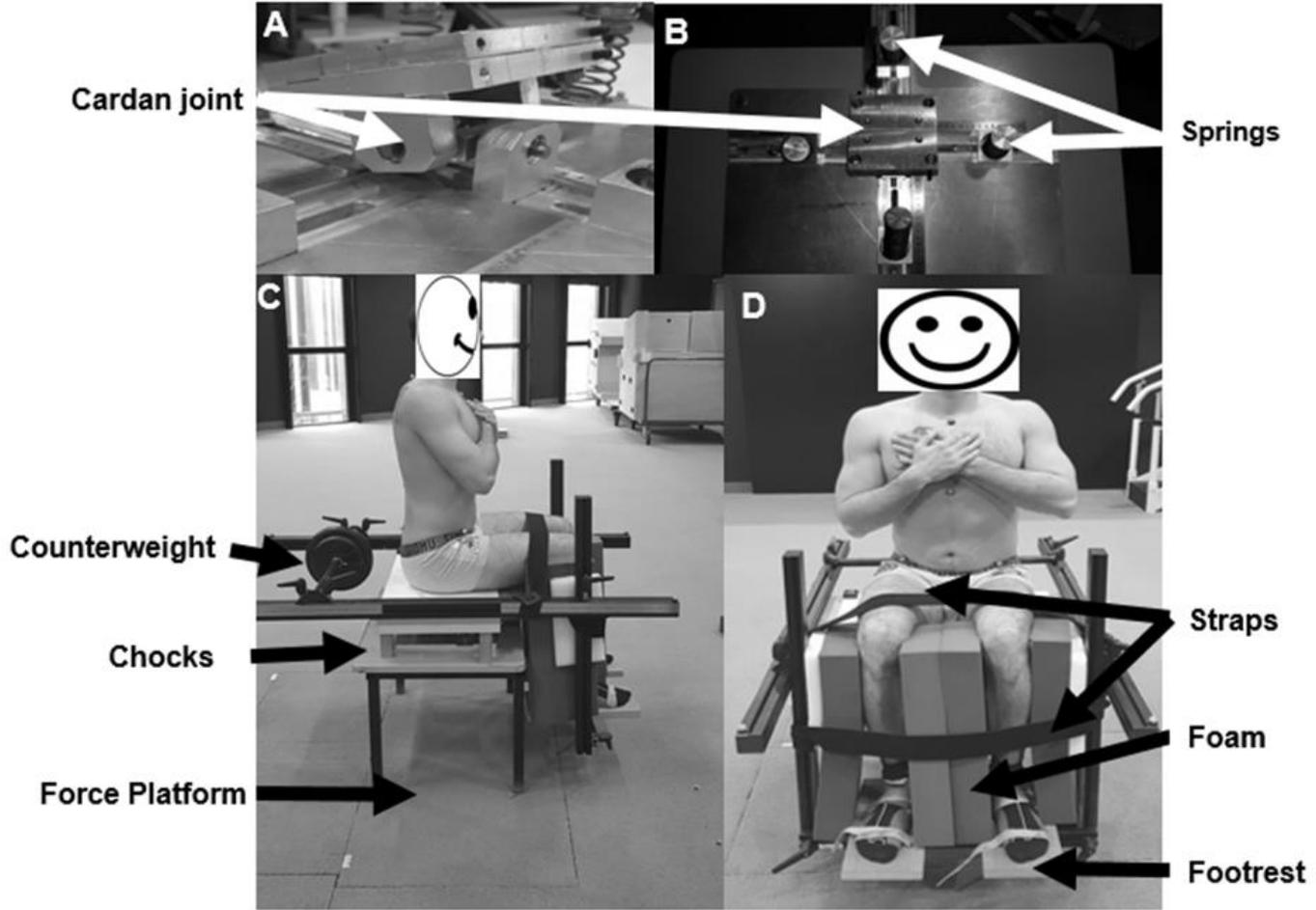


Enfants PC : pose pied et freinage précoce

- Freinage précoce exercé par le triceps sur le tibia
 - Pour compenser un déficit de contrôle du tronc !?

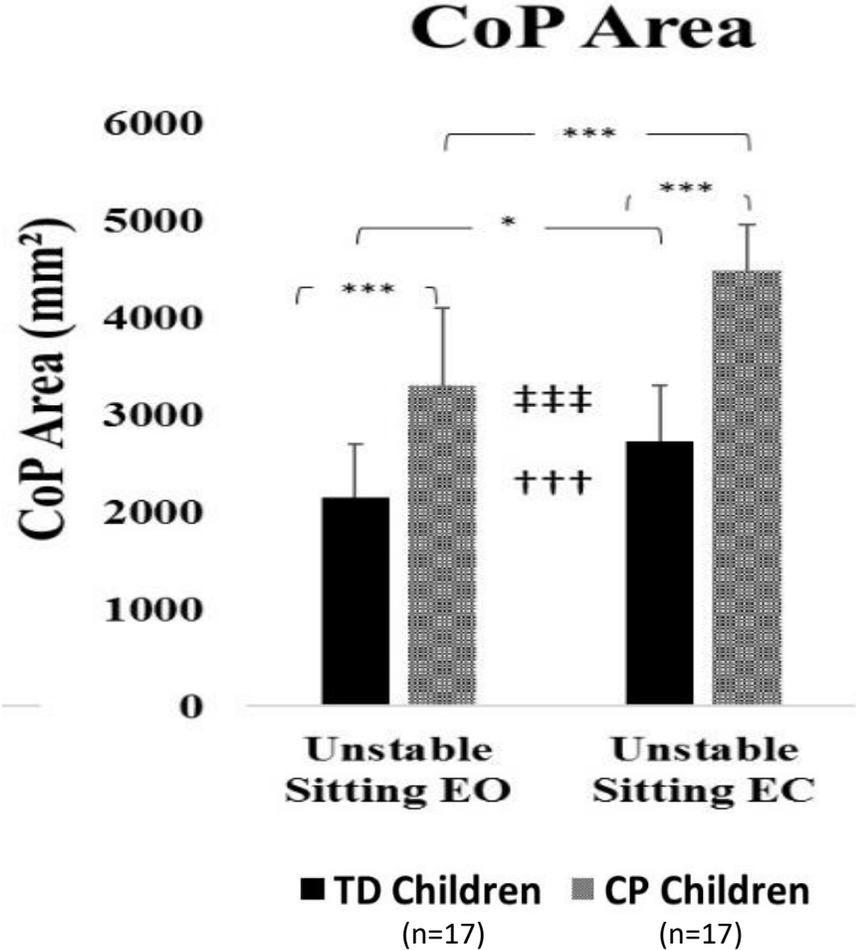
Enfants PC : déficit contrôle postural du tronc

- Station : déficit de stabilisation par le tronc sur assise instable



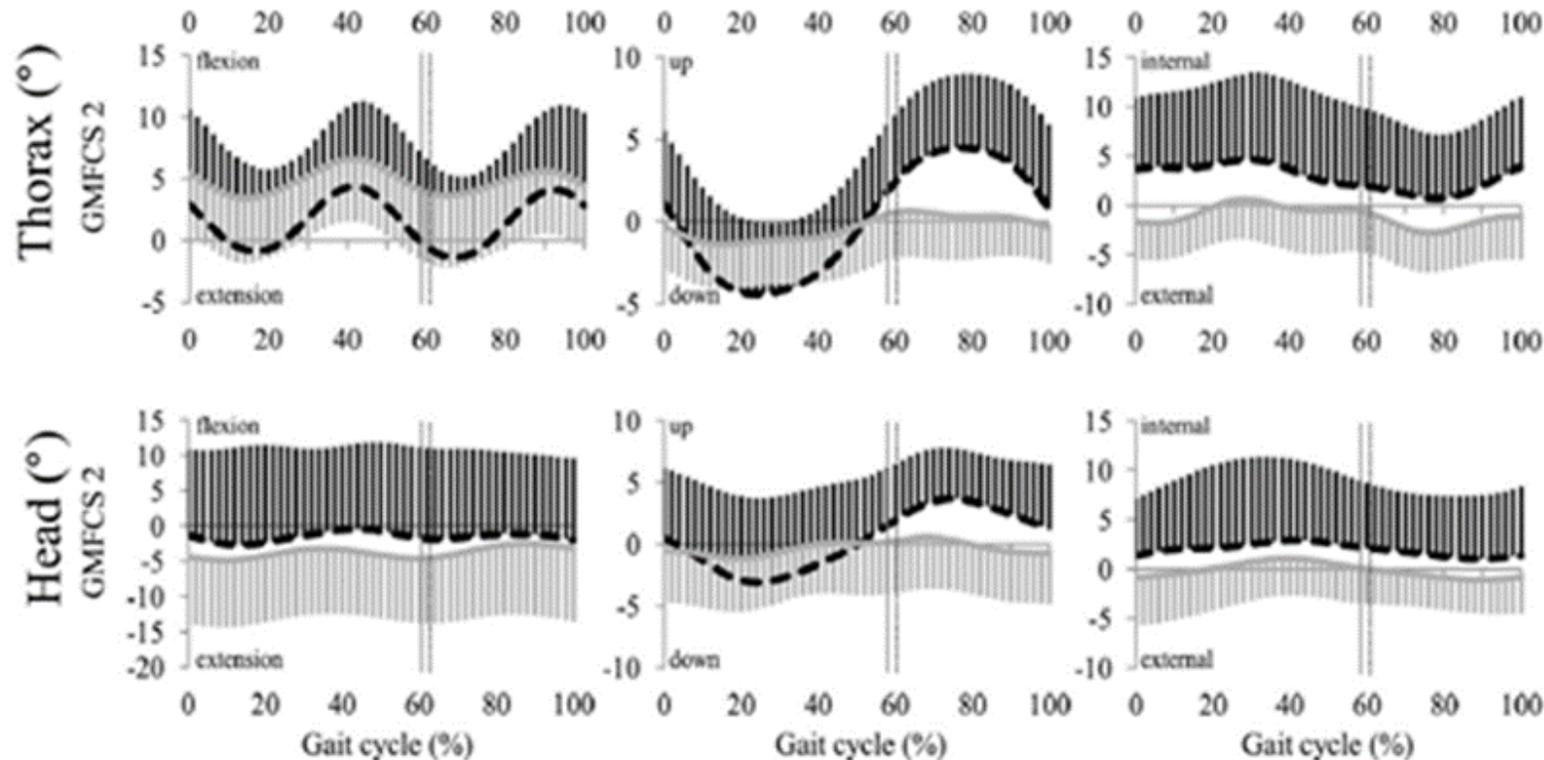
Enfants PC : déficit contrôle postural du tronc

- Station : déficit de stabilisation par le tronc sur assise instable



Enfants PC : déficit contrôle postural du tronc

- Marche : déviations des segments axiaux dans les trois plans de l'espace chez les PC (Heyrman et al. 2013 ; Wallard et al. 2012 ; Romkes et al. 2007, Attias et al. 2014)





Rehabilitation of Postural Control and Gait in Children with Cerebral Palsy: the Beneficial Effects of Trunk-Focused Postural Activities

Jonathan Pierret^{a,b}, Christian Beyaert ^{a,b}, Rajul Vasa^c, Emilie Rumilly^d, Jean Paysant^{a,b}, and Sébastien Caudron^{b,e}

^aInstitut Régional de Médecine Physique et de Réadaptation de Nancy, UGECAM du Nord-Est, Nancy, France; ^bUniversité de Lorraine, DevAH, Nancy, France; ^cRV Foundation, Centre for Brain and Spinal Injury Rehab, Mumbai, India; ^dCentre Action Médico-Sociale Précoce, Association des Paralysés de France, Metz, France; ^eUniv. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, Grenoble, France

ABSTRACT

Purpose: In children with cerebral palsy (CP), with impaired trunk control and toe-walking, trunk-focused rehabilitation (TFR) based on postural activities was hypothesized to improve trunk postural control, early trunk deceleration, and ankle dorsiflexion braking during walking. Methods: Seventeen children with CP (5–12 years) walking autonomously were randomly assigned to TFR and then usual rehabilitation (TFR-UR) or vice versa (UR-TFR).

Results: Only after TFR was significant improvements in (i) the Trunk Control Measurement Scale score, postural sway on an unstable sitting device and standing, and (ii) early sternal and sacral decelerations and coupled negative ankle power due to plantar flexors.

Conclusion: TFR improves trunk dynamics and consequently improves coupled toe-walking.

ARTICLE HISTORY

Received May 30, 2022
Revised December 15, 2022
Accepted March 16, 2023

KEYWORDS

cerebral palsy; child rehabilitation; gait analysis; trunk control; toe-walking

Hypothèses

Corrélation significative entre le freinage de l'articulation de cheville pendant la phase de mise en charge et :

- Le pic de décélération antérieure du sternum (tronc sup)
- Le pic de décélération verticale du sacrum (CdM)

Réduction de ces 3 variables après une rééducation par activités impliquant le tronc (RAIT)

Amélioration de la stabilisation axiale et des capacités fonctionnelles du tronc

17 enfants PC

8,3 ans (+/- 2,4)

GMFCS I and II

Evaluation 1

PC RC-RAIT (n=9)

7,6 ans (+/- 2,3)



PC RAIT-RC (n=8)

9 ans (+/- 2,5)

Pendant 3 mois

Rééducation Conventionnelle

RAIT

Evaluation 2

Pendant 3 mois

RAIT

Rééducation Conventionnelle

Evaluation 3

RAIT : 3 principes fondamentaux

Activités posturales
impliquant fortement
le tronc



Le contrôle de l'équilibre est
réalisé par l'enfant seul

Le tronc est fortement
impliqué dans le contrôle de
l'équilibre

Mouvements
inhabituels et
difficile



Dissociation des
ceintures

Rétroversion du pelvis

Délordose lombaire

Intégration dans les
activités de la vie
quotidienne

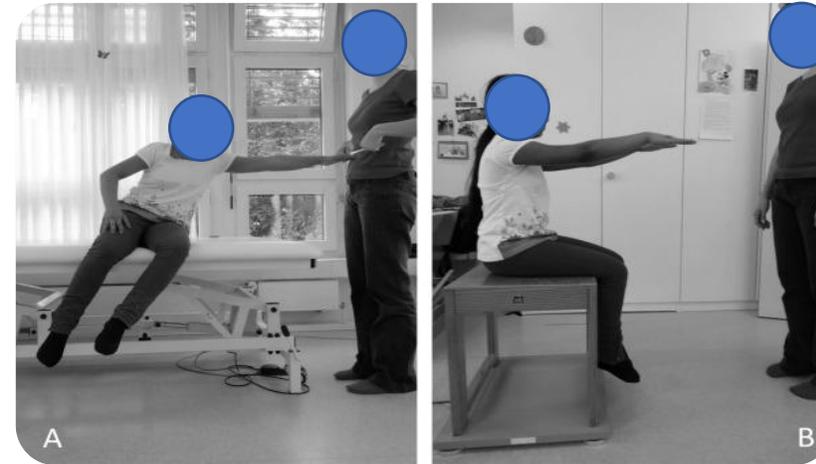
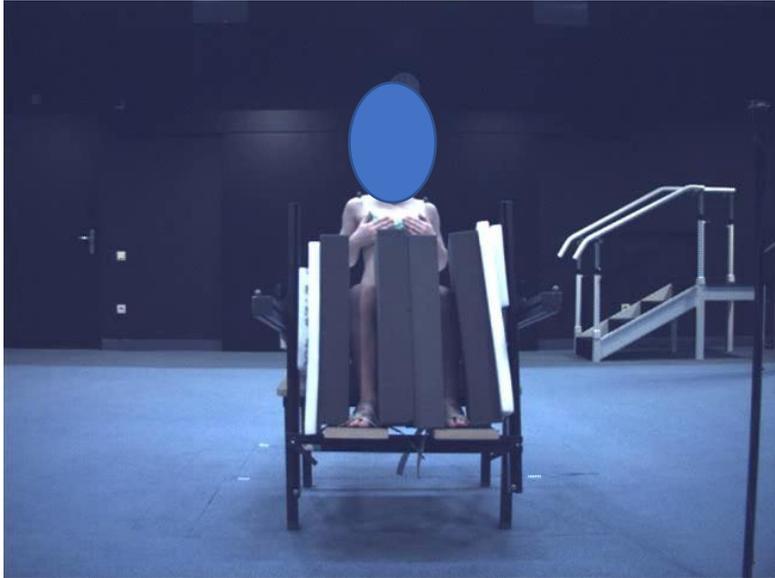


1 à 2 sessions avec le
kinésithérapeute

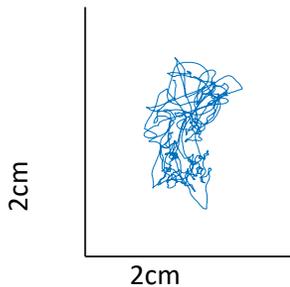
Pratique à domicile

Méthodologie

Tâches



Mitteregger, E., Marsico, P., Balzer, J., & van Hedel, H. J. (2015). Translation and construct validity of the Trunk Control Measurement Scale in children and youths with brain lesions. *Research in developmental disabilities, 45*, 343-352.

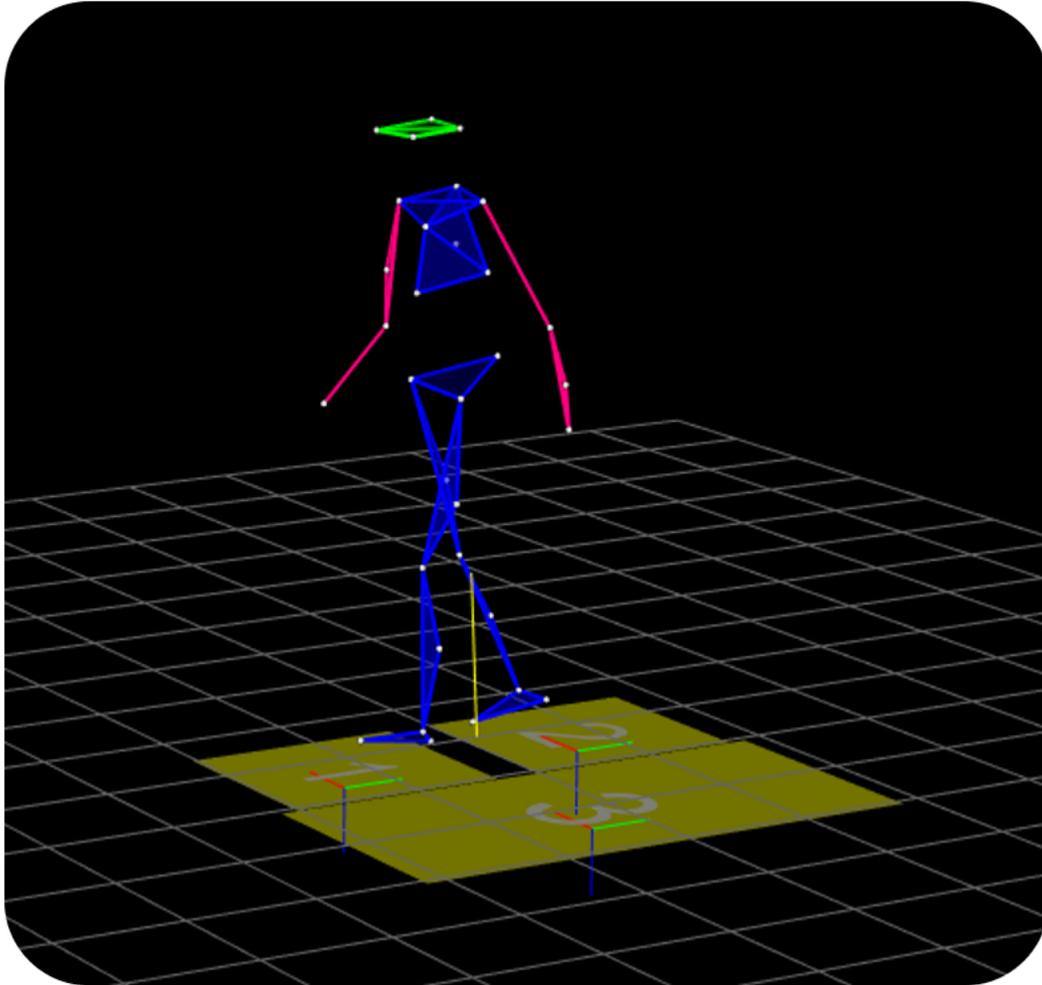


Variables

- Surface, Vitesse et RMS CdP
- Score total et composite du TCMS

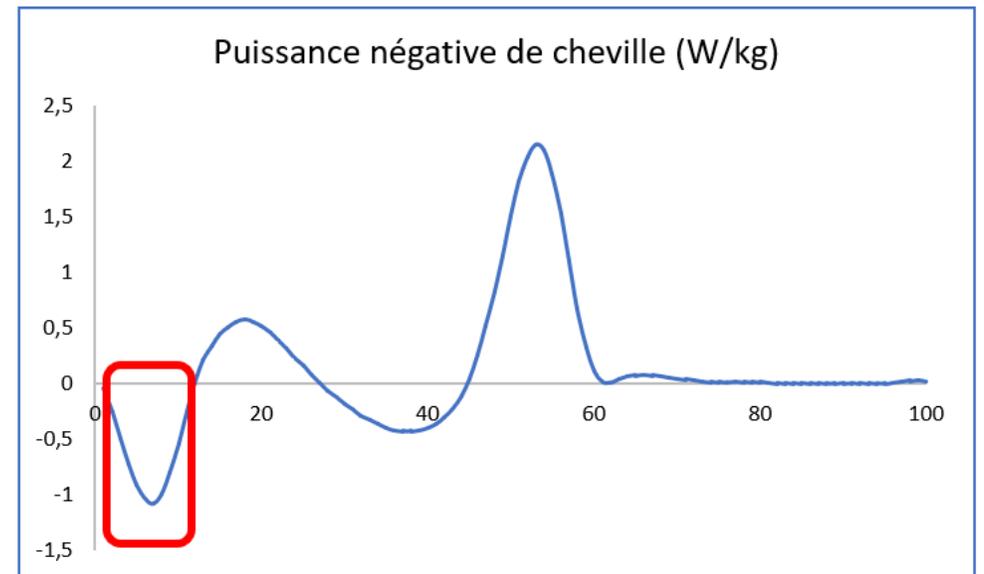
Méthodologie

Analyse quantifiée de la marche



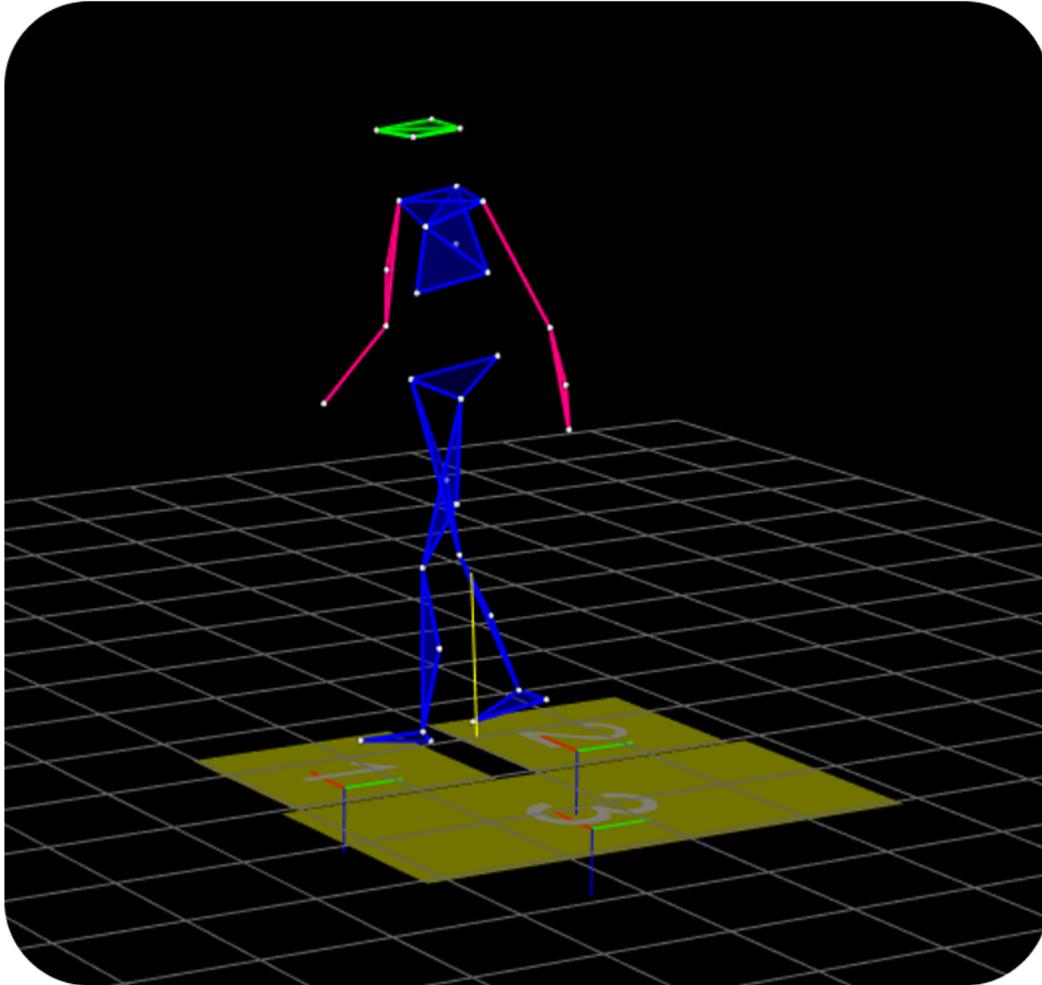
Variable

- Pic de puissance négative pendant la phase de mise en charge



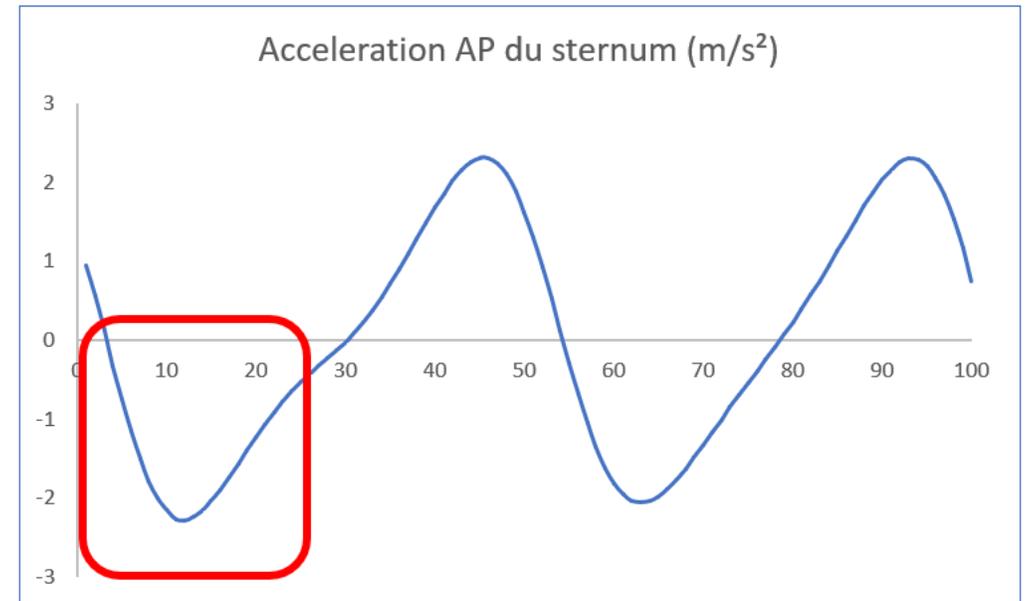
Méthodologie

Analyse quantifiée de la marche



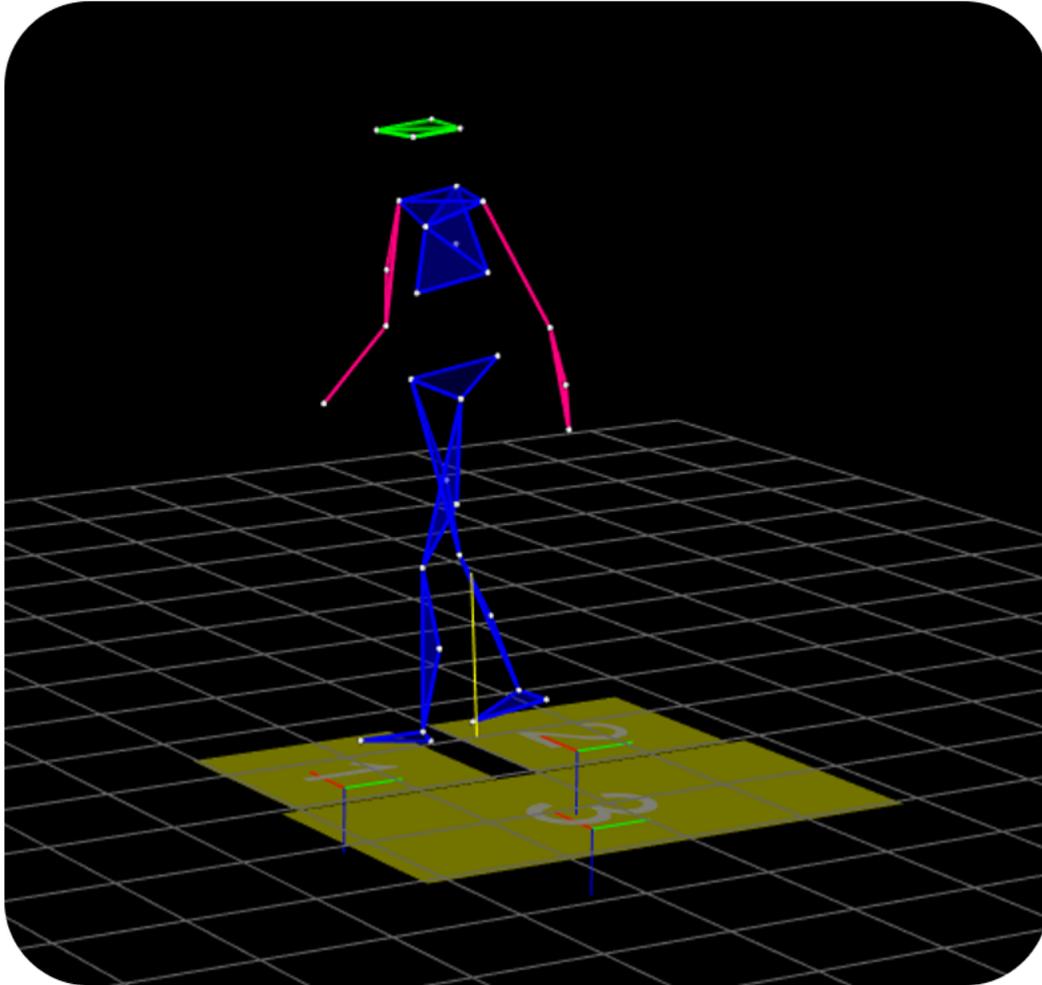
Variable

- Pic de décélération antérieur du marqueur du sternum pendant la phase de mise en charge



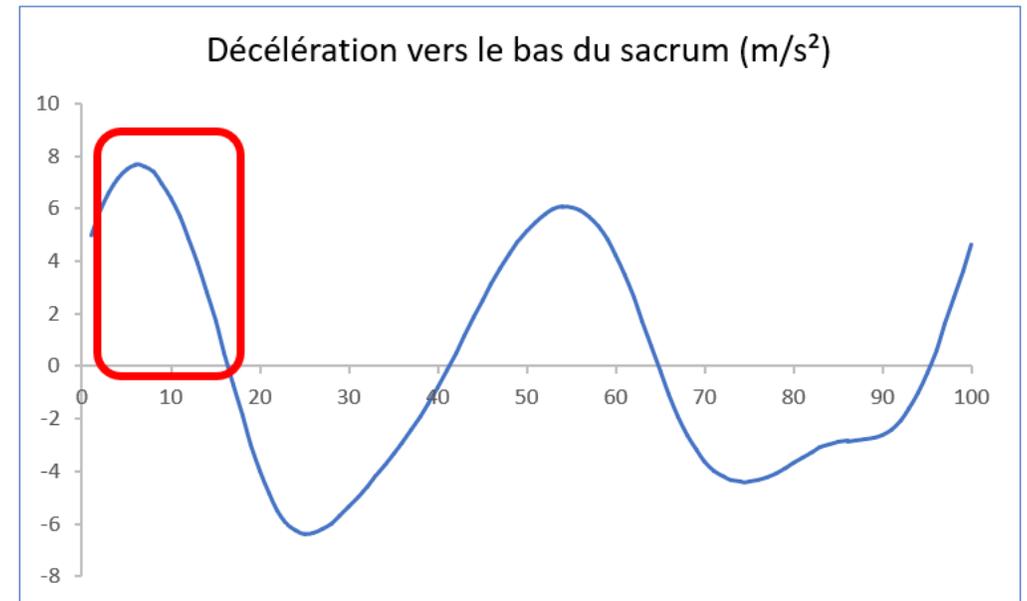
Méthodologie

Analyse quantifiée de la marche



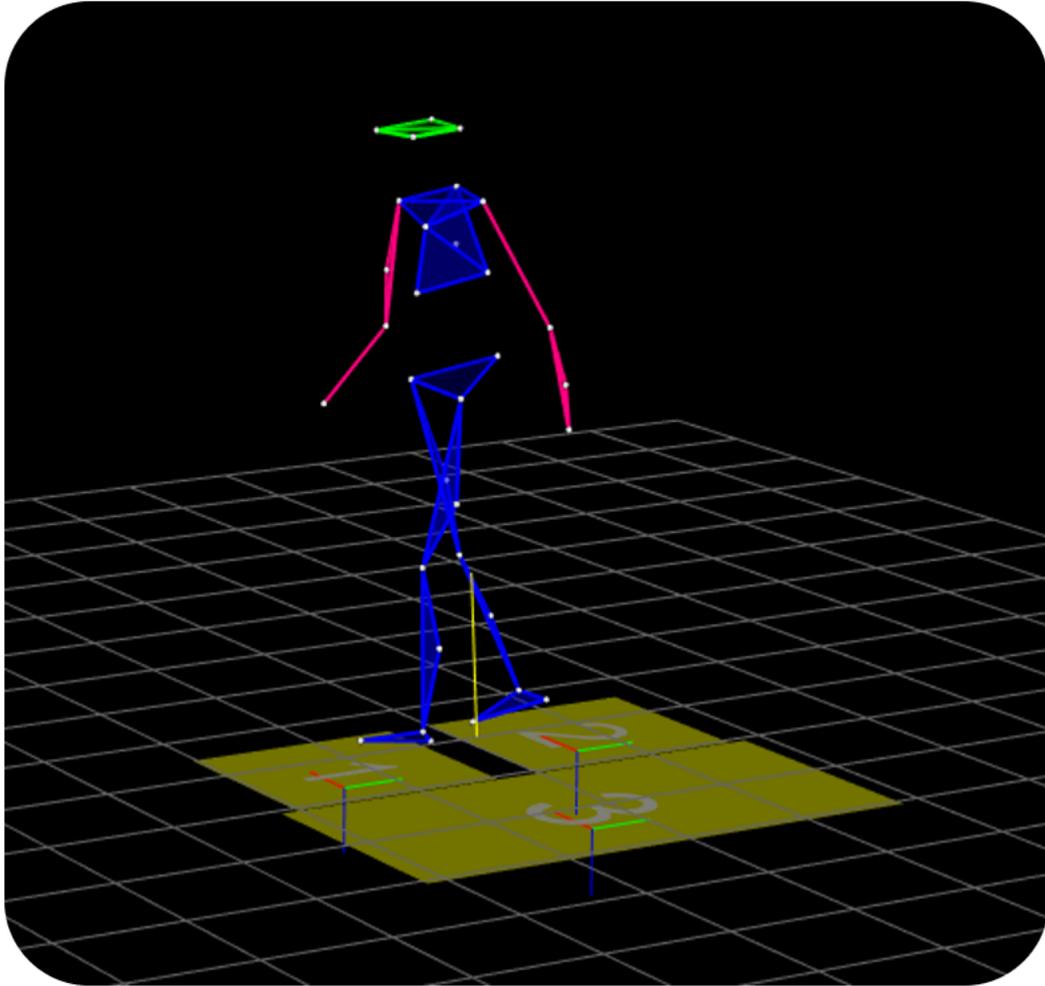
Variable

- Pic de décélération verticale du sacrum pendant la phase de mise en charge (Jeong et al., 2018)



Méthodologie

Analyse quantifiée de la marche



Variable

- Largeur de pas
(adimensionnelle)

Résultats

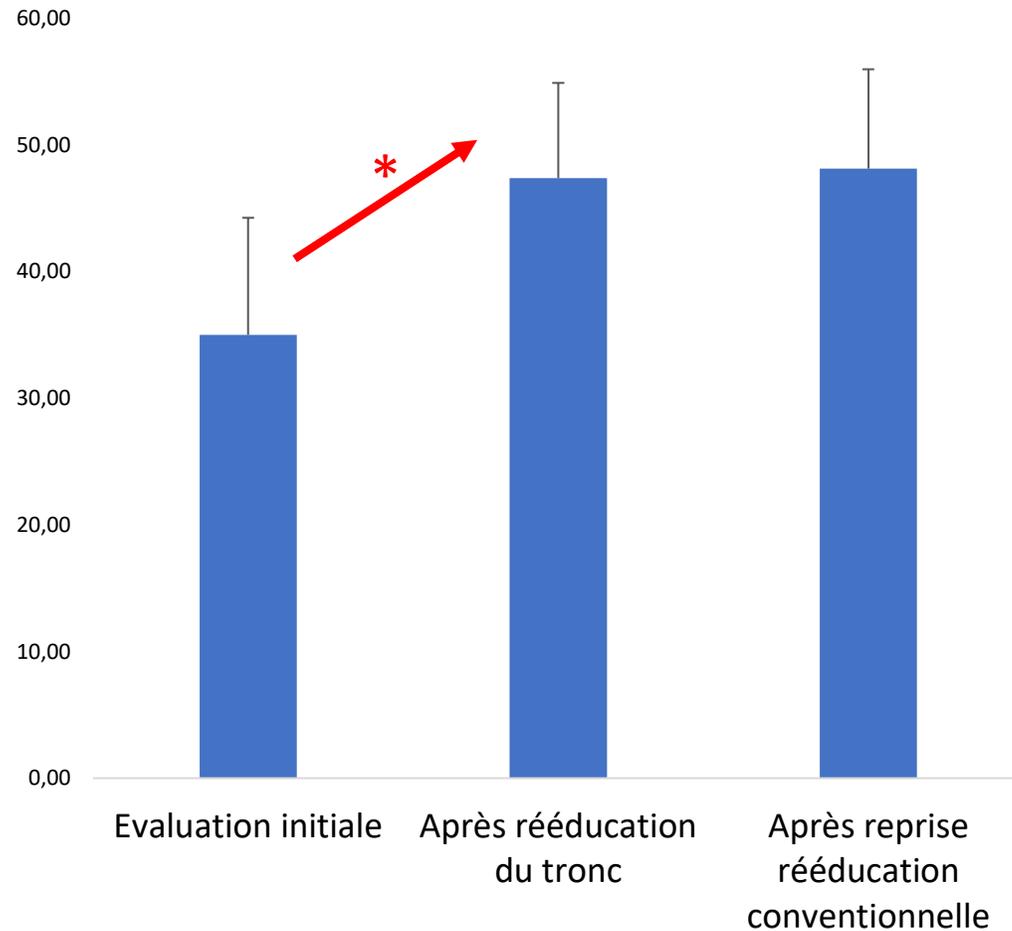
Corrélations entre le pic de puissance négative de cheville pendant la phase de mise en charge et la dynamique du sternum et du sacrum

	Puissance de cheville Evaluation initiale		Puissance de cheville Evaluation n°2		Puissance de cheville. Evaluation n°3	
	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>
Pic de décélération antérieure du sternum (m/s ²)	0,68	0,02	0,55	0,02	0,53	0,02
Pic de décélération verticale du sacrum (m/s ²)	0,63	0,006	0,52	0,03	0,34	0,18

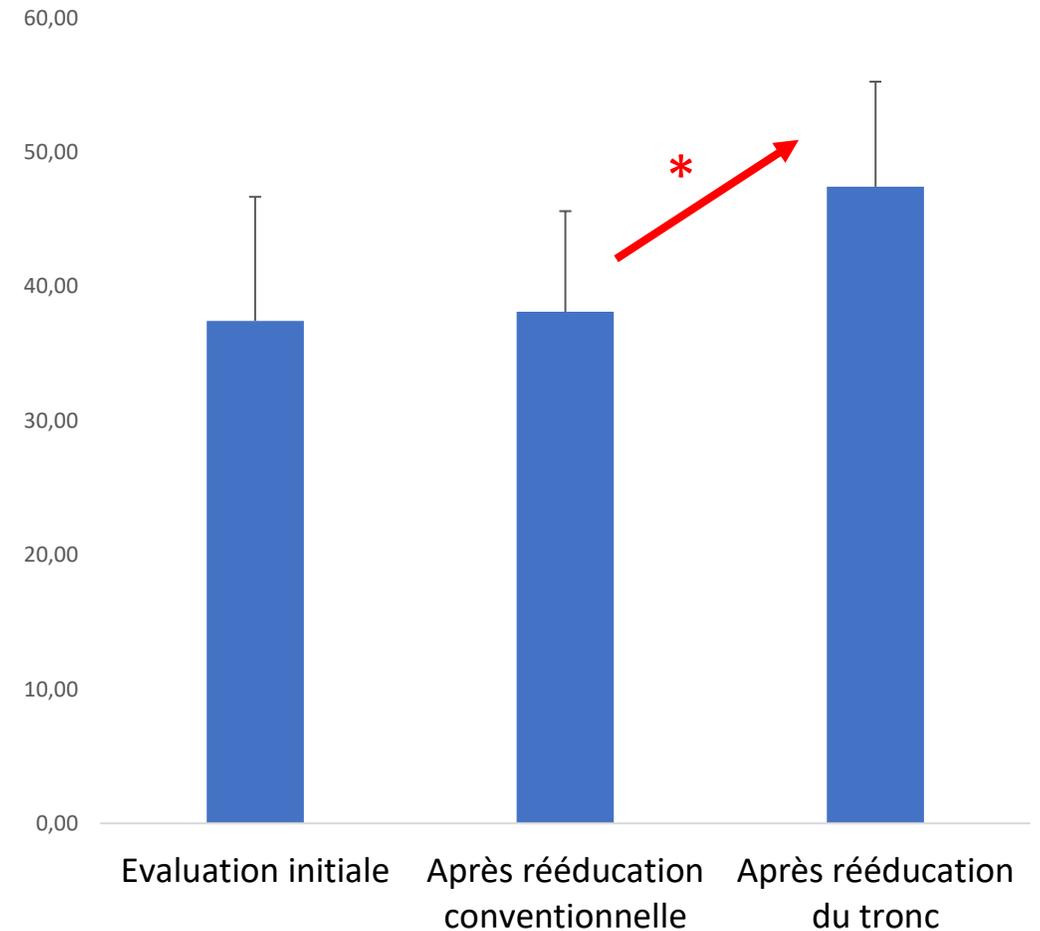
Résultats

RAIT : amélioration des performances au score clinique du contrôle du tronc dans les deux groupes

Score au TCMS - Groupe RAIT-RC



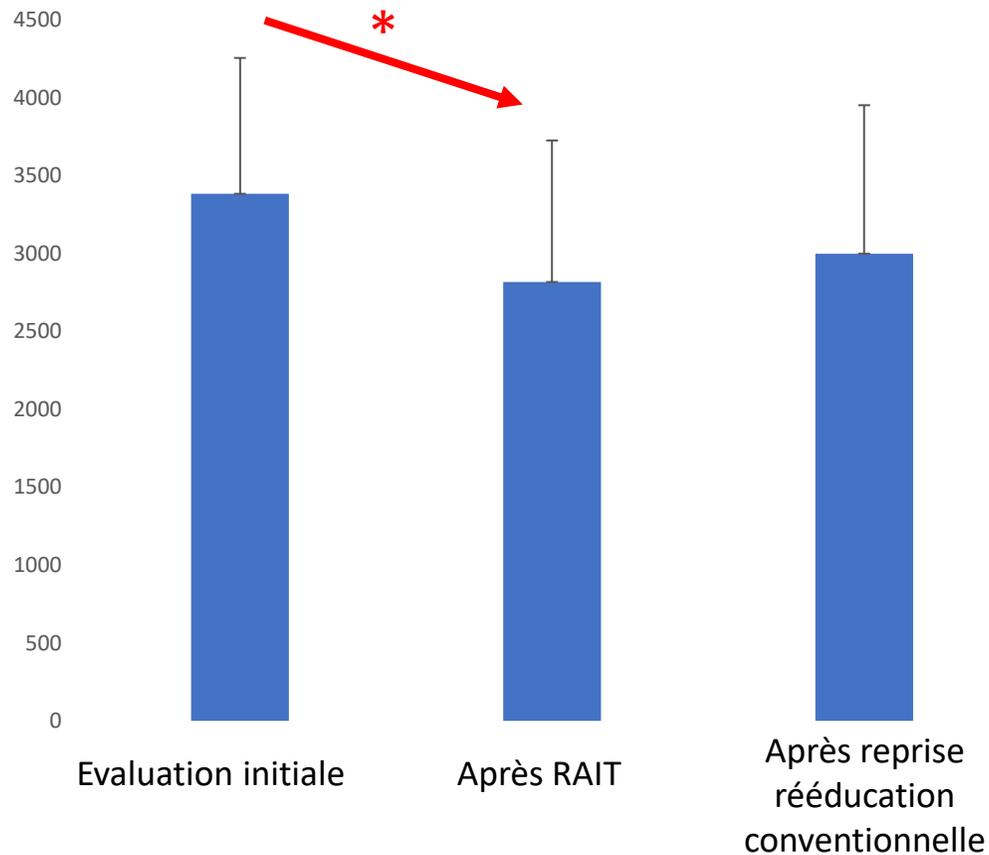
Score au TCMS - Groupe RC-RAIT



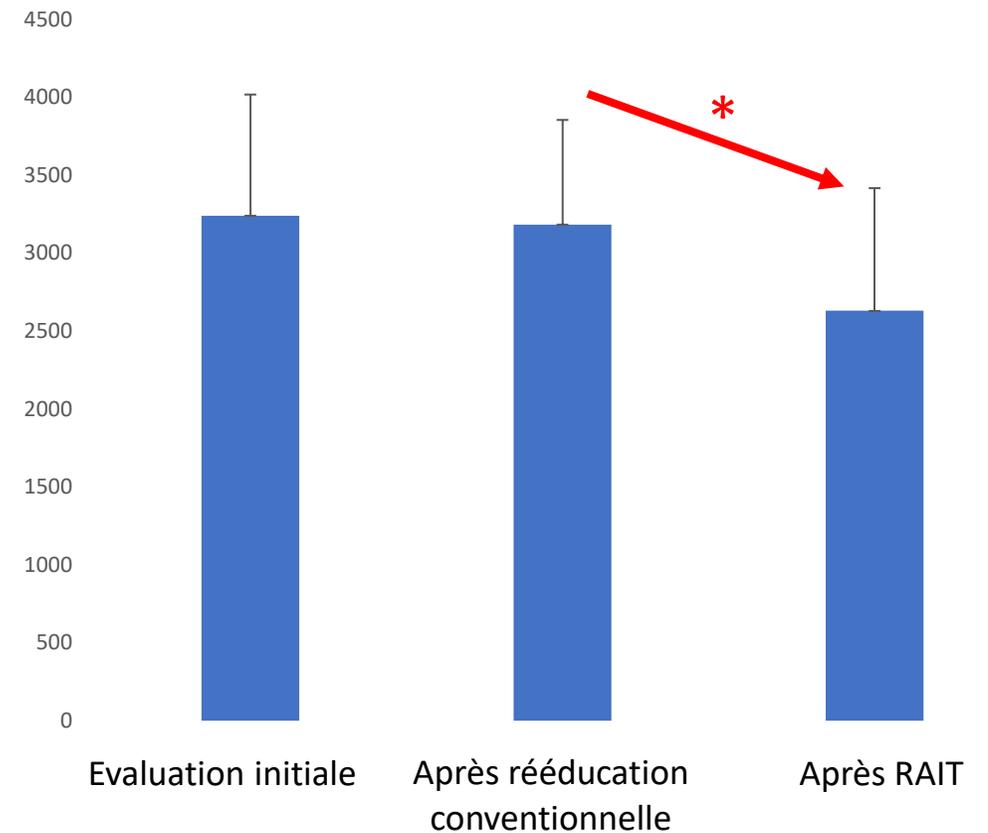
Résultats

RAIT : amélioration des performances posturales sur assise instable dans les deux groupes

Surface de l'ellipse de confiance (mm²) en assise instable – Groupe RAIT-RC



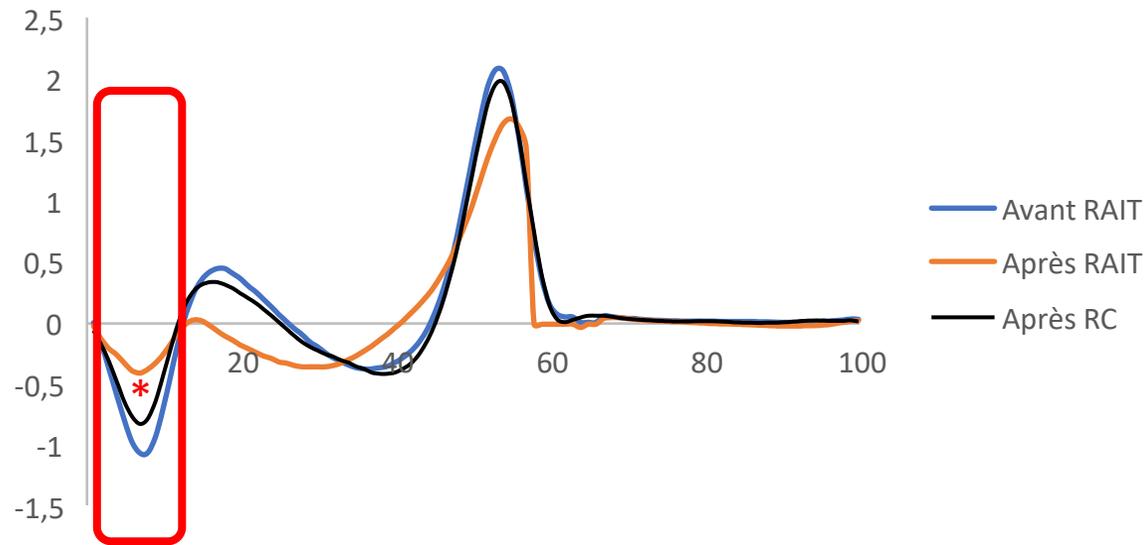
Surface de l'ellipse de confiance (mm²) en assise instable – Groupe RC-RAIT



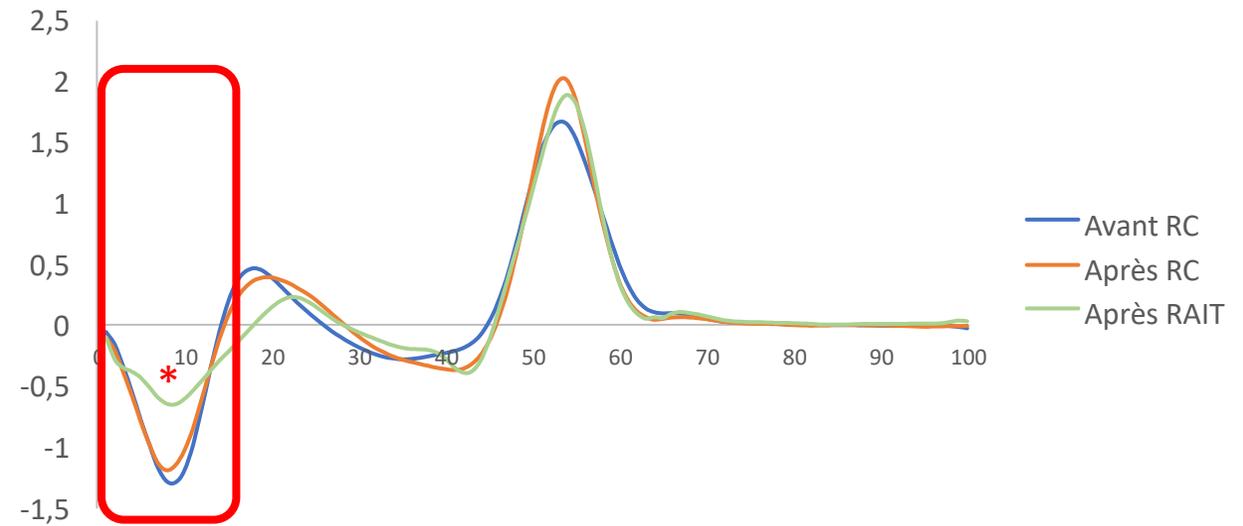
Résultats

RAIT : amélioration des performances de marche

Puissance (W/kg) du pied par rapport au tibia au cours de la marche - PC RAIT-RC



Puissance (W/kg) du pied par rapport au tibia au cours de la marche PC RC-RAIT



Résultats

RAIT : amélioration des performances de marche

	Evaluation Initiale		Evaluation n°2		Evaluation n°3	
	Groupe 1		Groupe 1 après RCT		Groupe 1 après RC	
Accélération AP Sternum (m/s ²)	-3,2 (1,3)		-2,1 (0,7)*		-2,6 (0,8)	
Accélération Verticale Sacrum (m/s ²)	6 (2,5)		4,4 (2,8)*		5,5 (1,3)*	
Vitesse de marche (adimensionnelle)	0,41 (0,06)		0,46 (0,04)		0,42 (0,04)	
Largeur de pas (adimensionnelle)	0,77 (0,2)		0,57 (0,16)*		0,63 (0,18)	

Groupe 1 : RAIT-RC

Groupe 2 : RC-RAIT

Résultats

RAIT : amélioration des performances de marche

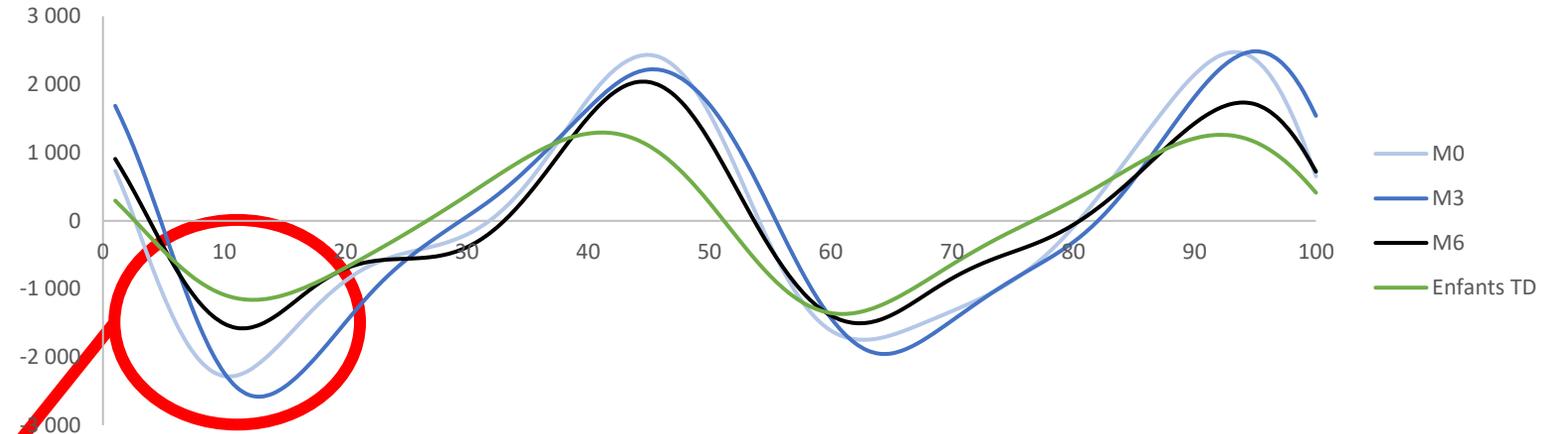
	Evaluation Initiale		Evaluation n°2		Evaluation n°3	
		Groupe 2		Groupe 2 après RC		Groupe 2 après RCT
Accélération AP Sternum (m/s ²)		-2,9 (0,8)		-3,1 (0,8)		-2,2 (0,7)*
Accélération Verticale Sacrum (m/s ²)		10,2 (3,3)		9,2 (3,8)		5,4 (2,6)*
Vitesse de marche (adimensionnelle)		0,43 (0,06)		0,4 (0,06)		0,45 (0,09)
Largeur de pas (adimensionnelle)		0,72 (0,024)		0,82 (0,29)		0,62 (0,33)*

Groupe 1 : RAIT-RC

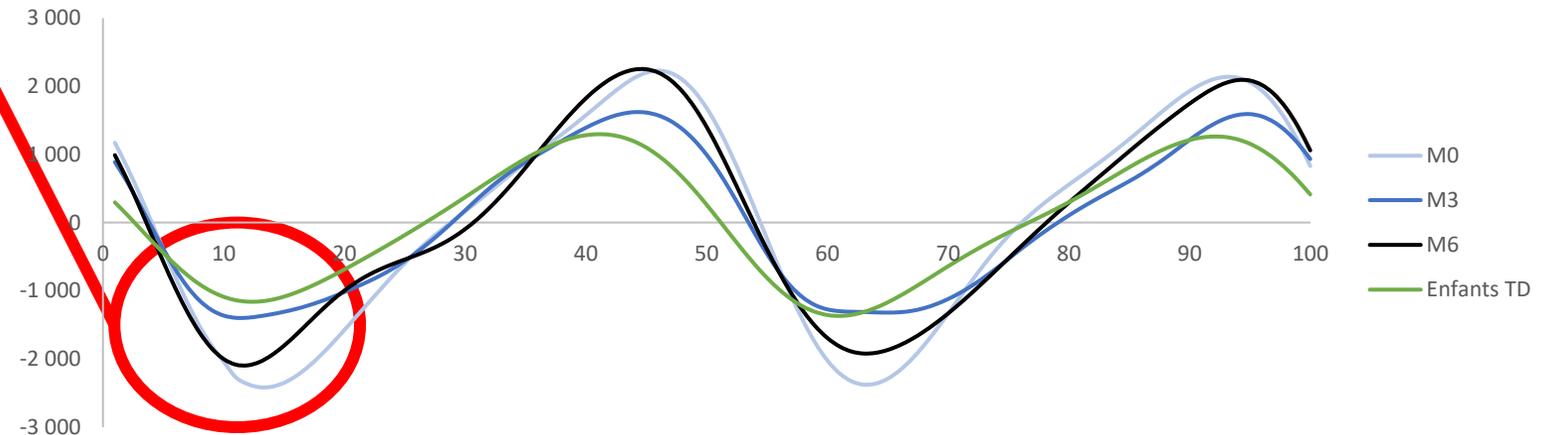
Groupe 2 : RC-RAIT

Décélération antérieure du Sternum – Effet de la RAIT

Acceleration AP du Sternum - Groupe RC-RAIT



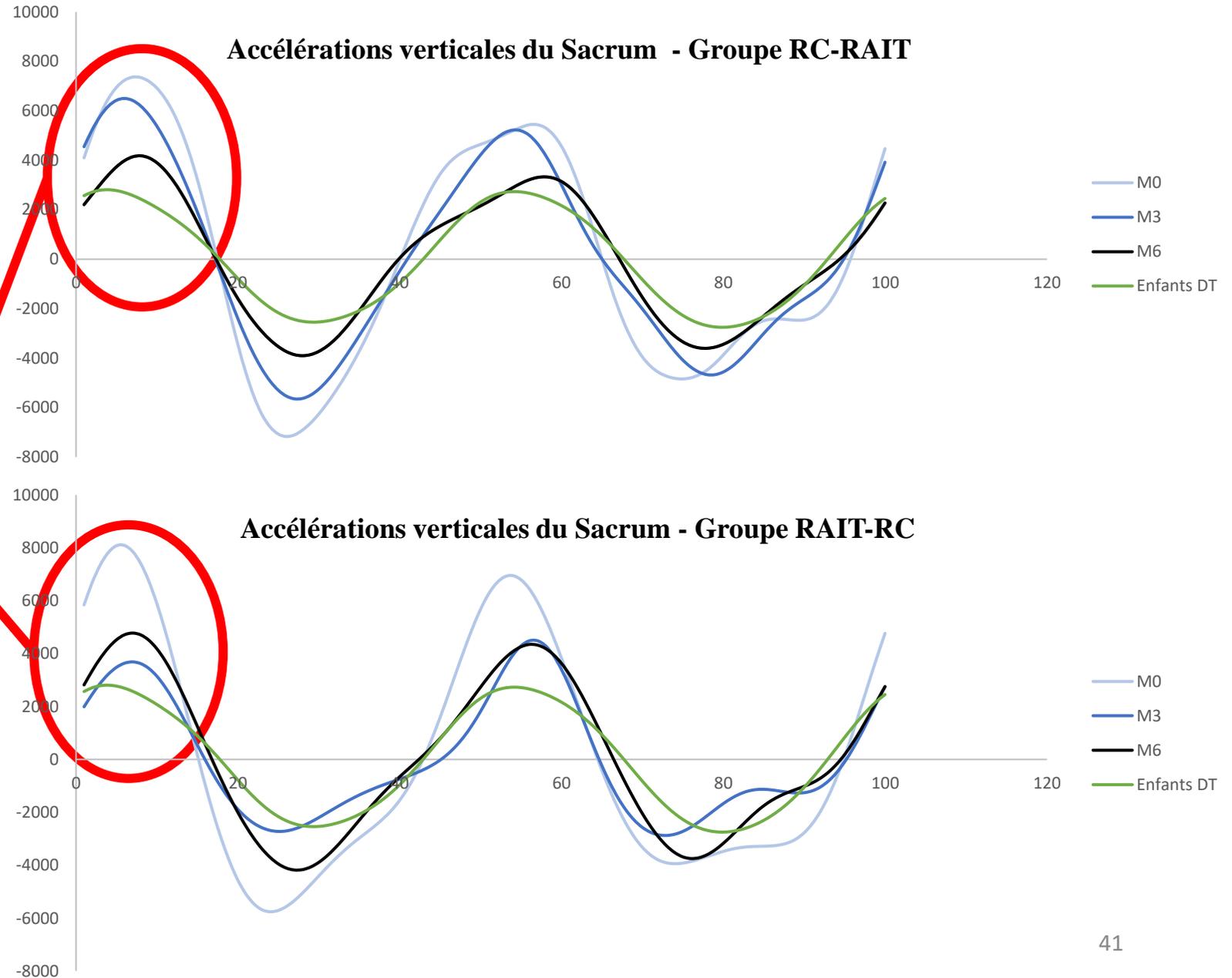
Acceleration AP du Sternum - Groupe RAIT-RC



Diminution significative du pic de décélération seulement après la RAIT



Décélération verticale du Sacrum – Effet de la RAIT



Discussion

- RAIT chez enfants PC âgés de 5 à 12 ans
 - Amélioration contrôle postural du tronc (score clinique, assise instable)
 - ↑ contribution du tronc dans dynamique de marche en début d'appui
 - ↓ décélérations excessives du tronc supérieur vers l'avant et du bassin vers le bas
 - ↓ nécessité de compensation par un freinage de l'avancée du tibia par le TS

Prochaine étude : effet de la RAIT chez enfants PC 18 mois à 5 ans (CMPRE Flavigny)

- RAIT : amélioration motricité globale et dynamique de marche
- Méthodologie adaptée :
 - Scores cliniques fonctionnels validés
 - Evaluation Motrice Fonctionnelle Globale-66-SI (série d'items) : passation plus rapide
 - Evaluation Clinique Précoce de l'Equilibre (ECAB)
 - Décélération sternum et sacrum (L5) par **centrales inertielles**
 - **Piste de marche avec capteurs de pression relative**
 - Gait variability index et largeur des pas
 - Appui antérieur précoce des empreintes



Conclusion

- Développement moteur de l'enfant
 - Importance du contrôle postural du tronc (60 % poids du corps)
- Troubles moteurs chez l'enfant avec PC
 - Importance du déficit du contrôle postural du tronc
 - Permettre au SNC de développer le contrôle postural du tronc par des activités choisies pour une difficulté d'équilibre du corps progressive

Merci de votre attention !