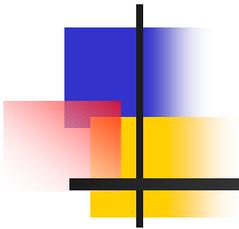


Paraplégique adulte et orthèse de marche : Quel avenir?



Charles Fattal,
Hélène Rouays-Mabit, Christine Verollet, Florence Schindler

CMN Propara, Montpellier

Journées AFA/AMPAN 2008

Julie Garric

ILS M'AVAIENT DIT QUE JE NE MARCHERAI PLUS !

Journal de Julie,
23 ans,
paraplégique



DOCUMENT

éditions du
ROCHER

La marche

un contentieux avec le

- corps médical
- handicap
- la société?

un objectif fonctionnel ?

Balance
Bénéfices-Risques

Evolution technologique

Le déclin annoncé des orthèses conventionnelles: années 70

Verticalisation active

KAFO



Déambulation en
pendulaire

Paraplégie lombaire
basse



Evolution technologique

Le déclin annoncé des orthèses conventionnelles: années 70

HKAFO

Déambulation en
pendulaire
Paraplégie Dorso-
lombaire

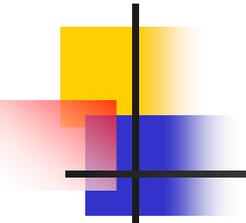


**Orthèse
monotubulaire
de Nancy**

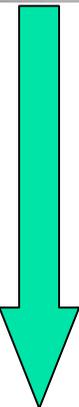


**Orthèses
pneumatiques**

INESTHETIQUE LOURD ENCOMBRANT



KAFO



Paraplégie incomplète ASIA C ± D

Evolution technologique

**Emergence des concepts biomécaniques
et cinésiologiques: années 80**



- **Alignement correct de la ligne de gravité**
--> station debout + / sans appui ?
- **Tronc= rôle d'animation motrice des membres inférieurs**

Déambulation en 2 à 4 temps

Paraplégie Thoracique

Orthèse Scott-Craig

Phase oscillante initiée par
l'extension d'une
des 2 hanches

Déambulation alternée mais
difficile en 4 temps
(chevilles bloquées en
flexion dorsale 5 à 10°)



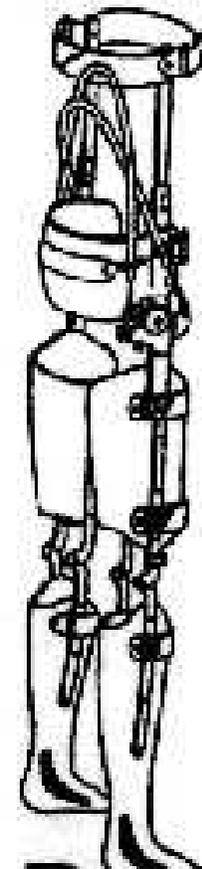
—————→ **Déambulation en Pendulaire**

2 chefs de file

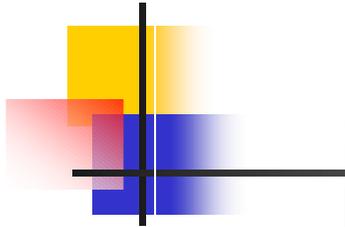
PARAWALKER



RECIPROCATOR
GAIT ORTHOSIS



PARAWALKER



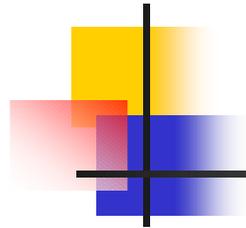
Adéquation

Biomécanique orthèse

Cinésiologie de la marche

- « Rigidification » > résistance aux contraintes d'abd et d'add
- Oscillation passive
 - > faible coefficient de friction au niveau des hanches
 - > butées en F/E
- Chevilles bloquées à 0° de flexion dorsale

RECIPROCATOR GAIT ORTHOSIS



- Asservissement réciproque de chacun des 2 MI
 - **2 câbles croisés**
 - **transfert d'énergie croisée**

- Limitation de l'ascension du centre de gravité ++



Facilitation passage assis-debout

Alléger le dispositif de câbles croisés

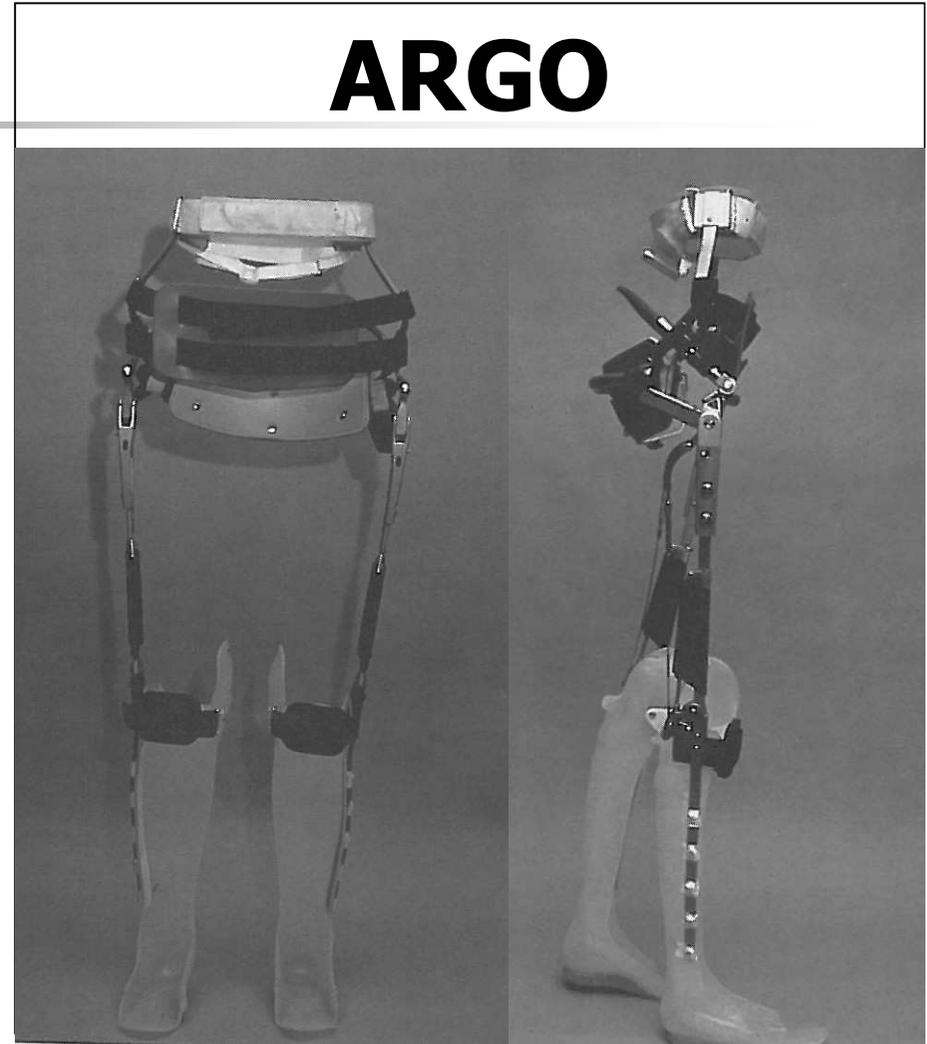
- Pistons à air comprimé au niveau des genoux

Stockage puis Restitution d'énergie

Effet d'amortissement

- Un seul câble coaxial

ARGO



Améliorer le rendement du couplage F/E

Alléger le dispositif de câbles croisés

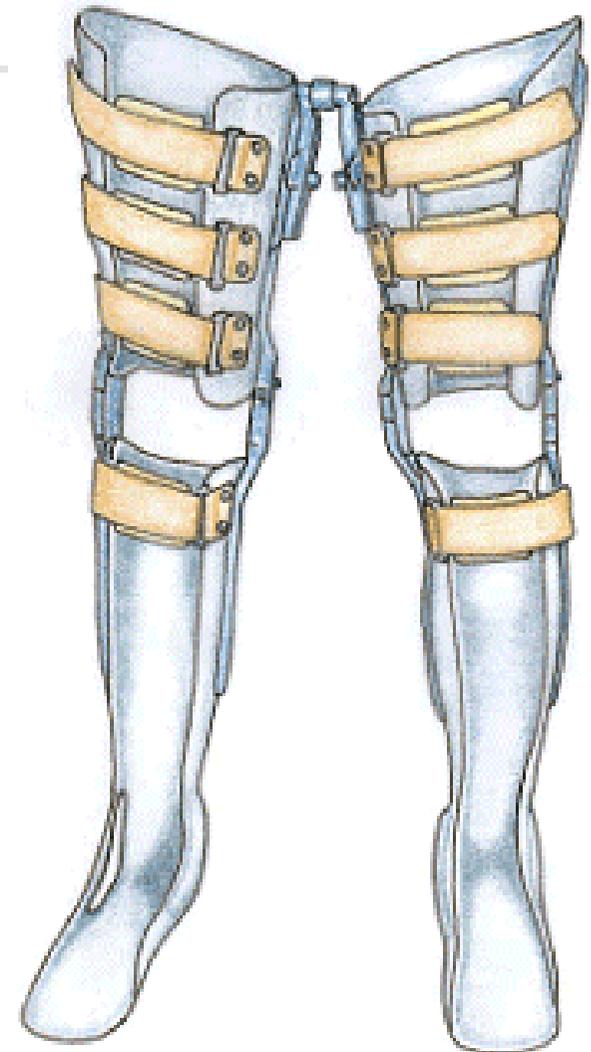
- Une Barre pivotante à effet de balancier



Un « prolongement sans suite » : le Walkabout

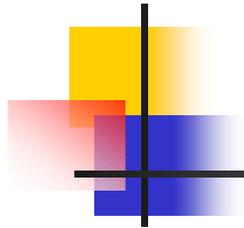
- Faciliter l'oscillation alternée D/G

> Charnière médicale à faible coeff. de friction



Un nouveau-né: le HALO

Hip and Ankle Linked Orthosis 2004



Contre 3 défauts:

- Marche à petits pas
 - Rotation pelvienne importante
 - Blocage de la cheville
-
- libération de la cheville
 - solidarisation des 2 chevilles à une seule articulation interne de hanche

- Conserver les 2 pieds // au sol
- Faciliter la phase oscillante lorsque la cheville contro-lat. est en flexion dorsale

—————> Orthèse à connexion hanche - cheville

Une caractéristique commune

Engagement du tronc dans le rôle
d'animation motrice des MI

Etapes décennales : 1 concept / 10 ans

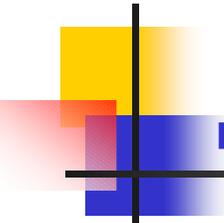
1 constante depuis 40 ans

Alourdissement du système

1 malentendu depuis 40 ans

Quel cahier des charges physique et fonctionnel?

Quelle marge de tolérance acceptable en terme
fonctionnel et énergétique?



Portée fonctionnelle

- Faible recul
- Groupes non homogènes
- Trop d'évaluations précoces
- Pas d'évaluation du handicap de situation
- Données de questionnaires
- Souvent administrés par les équipes conceptrices: conflit d'intérêt et biais du « faire plaisir »
- Grande pauvreté et hétérogénéité des indices fonctionnels

Orthèses biomécaniques

Orthèse Scott-Craig

*O'Daniel et al. Paraplegia
1981*

147 patients

4% Scott Craig > FRM

4% à visée fonctionnelle

50% à visée thérapeutique

37% l'ont rejeté

*Miller et al. Arch Phys Med
Rehab. 1984*

8 patients

Moy d'utilisation: 47 mois

Evaluation de la dépense
énergétique en simulation de
négociation d'obstacles archit.
(tournants, escaliers, pentes)

Tous les obstacles sont
vaincus ->

conservation des acquis ?

Orthèses biomécaniques

Walkabout

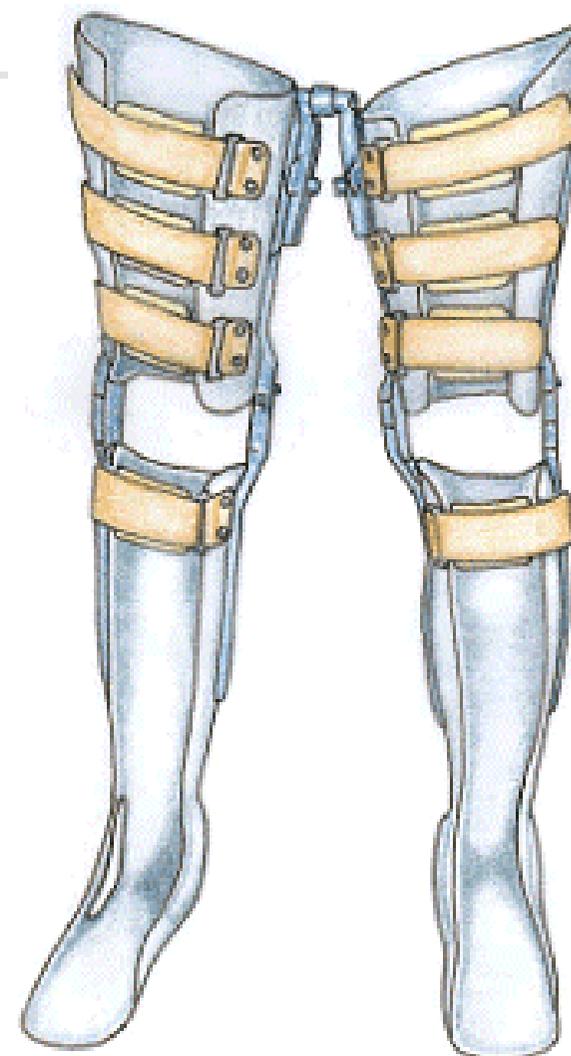
*Middleton et al. Arch Phys Med Rehab.
1999*

9 Paraplégiques complets

Taux d'abandon à 18 mois: **40%**

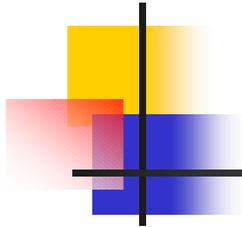
Aucun intérêt fonctionnel pour tous

Bénéfice psychologique et physique



Orthèses biomécaniques

Orthèse Parawalker



Nene et al. Prosthet Orthot Int 1987

Summers et al. Paraplegia 1988

20 paraplégiques

Taux d'utilisation sur 20 mois:
85%

- 30% >3X/sem
- 10% >3h/jour

Bénéfice psychologique et physique

Moore et al. Physiother prac 1988

50 paraplégiques

Taux d'utilisation sur 34mois:
64%

- 30 : usage extérieur
- 18: périmètre marche > 100m

Indépendance complète d'utilisation

74% se déclarent très satisfaits ou satisfaits

Orthèses biomécaniques

Orthèse Réciprocator

Sykes et al. Arch Phys Med Rehab. 1995

35 interrogés / 81
paraplégiques appareillés

Recul 5.5 ans

Taux d'abandon: **71%**

Durée moy. d'utilisation: 24
mois.

→ **Problématique de lever de
chaise**

*Franceschini et al. Arch Phys
Med Rehab. 1997*

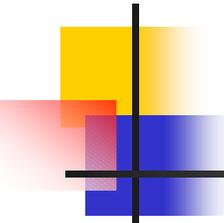
7 centres italiens
74 paraplégiques (RGO,
ARGO, Parawalker)

A 6 mois

Taux d'abandon : **32%**

Taux d'utilisation
thérapeutique: **26%**

Taux d'utilisation
fonctionnelle: **42%**



Corrélation significative du taux d'abandon avec

- L'aptitude à monter et descendre des marches d'escalier
- L'aptitude à mettre et retirer l'orthèse

Ce qui n'est pas soutenu statistiquement mais qui est rapporté

-Activité chronophage

-Impossibilité de lâcher une main

Place actuelle de la marche appareillée chez les patients paraplégiques complets de niveau thoracique. À propos d'une cohorte de 43 patients

Gait orthosis in patients with complete thoracic paraplegia.

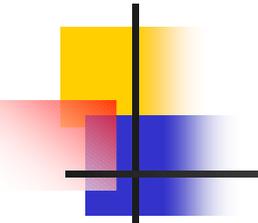
Review of 43 patients

R. Plassat ^{a,c,*}, B. Perrouin-Verbe ^a, A. Stéphan ^a, J. Rome ^a, P. Brunel ^b, I. Richard ^b, J.F. Mathe ^a

- Devenir de **43** patients appareillés
- Recul de **12.8 ± 12** ans

- Taux d'abandon : **65%** (28/43)
 - A la sortie du centre: 6
 - A 1 an: 12
 - Entre 2 et 4 ans: 4
 - Entre 6 et 12 ans: 6

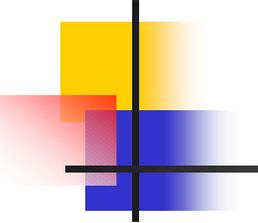
→ 15 utilisateurs restants



15 utilisateurs restants

- Usage thérapeutique : 14
(salle de kiné 51%, domicile 42%, extérieur 7%)
- Indépendance fonctionnelle:
 - ✓ 66% indépendants pour le chaussage
 - ✓ 60% indépendants pour le transfert debout
 - ✓ 25% indépendants pour la marche
 - ✓ 14% n'ont jamais réussi à déambuler

15 utilisateurs restants



Pourquoi continuer ?

13 patients: pour l'exercice physique. N'envisage pas un usage fonctionnel

5 patients: bénéfice psychologique

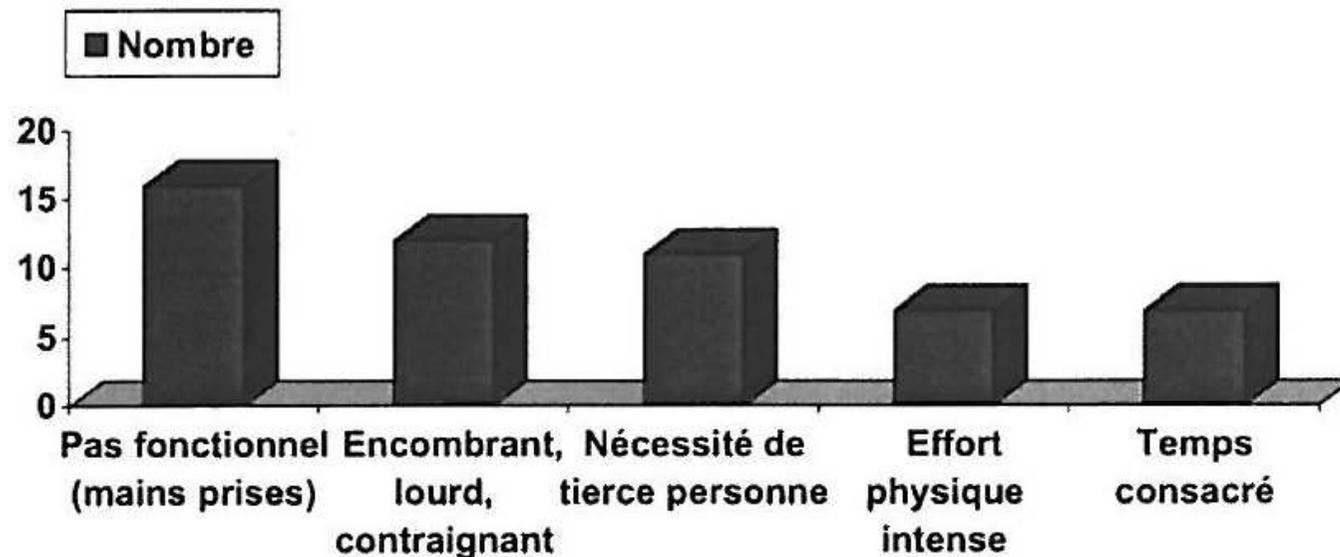
- 4 patients: plaisir et bien-être à être debout
- 2 patients: volonté et combativité
- 1 patient: espoir de remarcher

Note moyenne de satisfaction: 7.2 ± 1.7

28 abandons

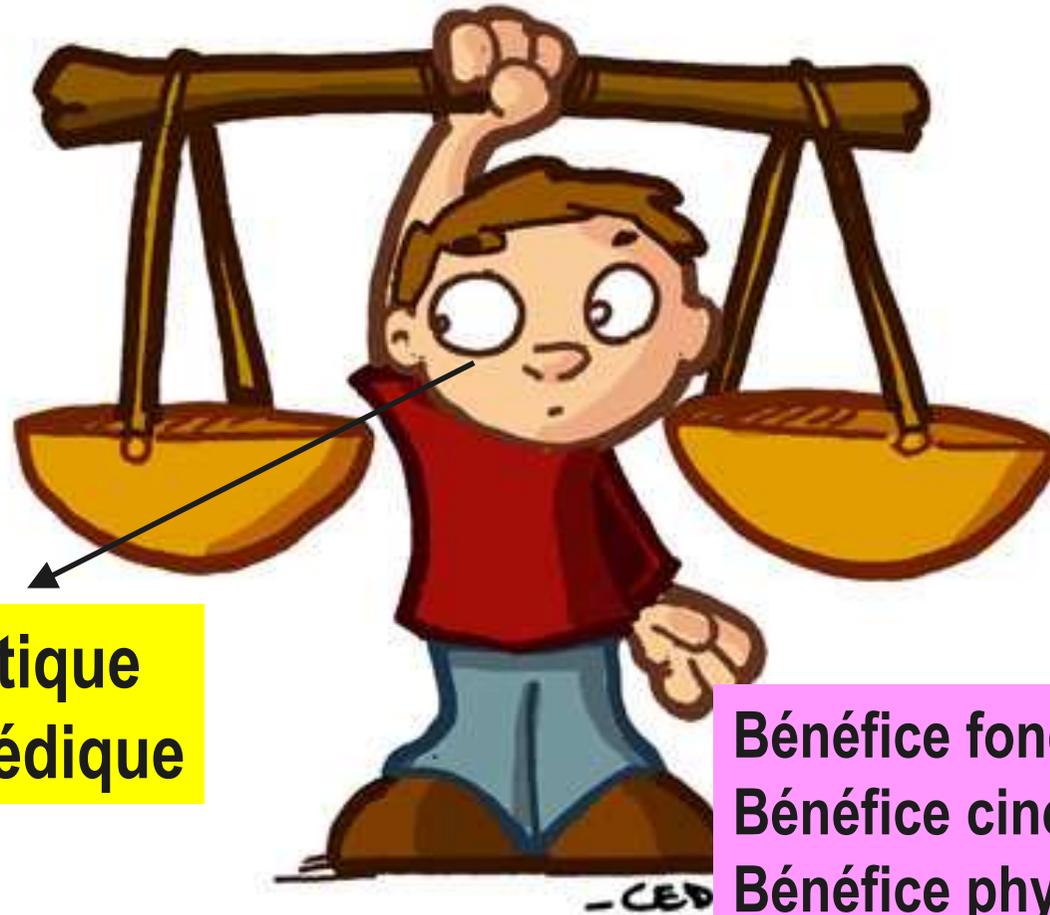
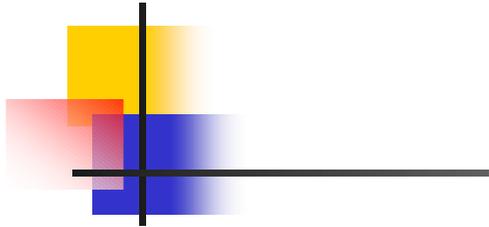
7: complications médicales

21:



→4 : concurrence avec le FR verticalisateur

Quel prix à payer ?



Prix énergétique
Prix orthopédique

Bénéfice fonctionnel
Bénéfice cinésiologique
Bénéfice physiologique

Le Bénéfice Cinésiologique

Paramètres Spatio-Temporels

Vitesses de marche: 18 à 20 m /min (RGO, ARGO, Parawalker)

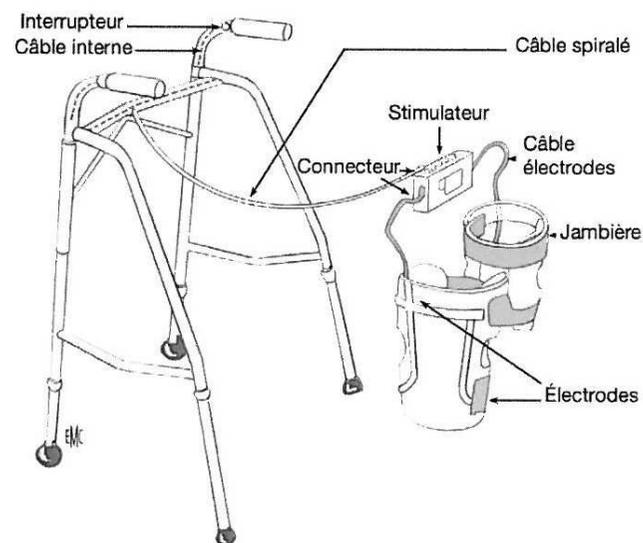
Jefferson Prosthet Orthot Int. 1990

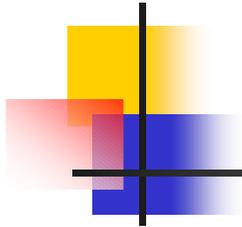
Vitesses de marche: 16 m/min (E:10-26)
(Parawalker)

Nene Paraplegia 1989

Mêmes ordres de grandeur
en système hybride

Thoumie Paraplegia 1995





Orthèse de marche	Fauteuil Roulant
16 m/min (E:10-26)	47 m/min (tétraplégie) à 90 m/min (paraplégie)

Paramètres Cinématiques et Cinétiques

Etudes 3D

-Rotation pelvienne horizontale (/ compensation de la mobilité des genoux) en moyenne: 20° --> 50°

Crosbie Paraplegia 1990

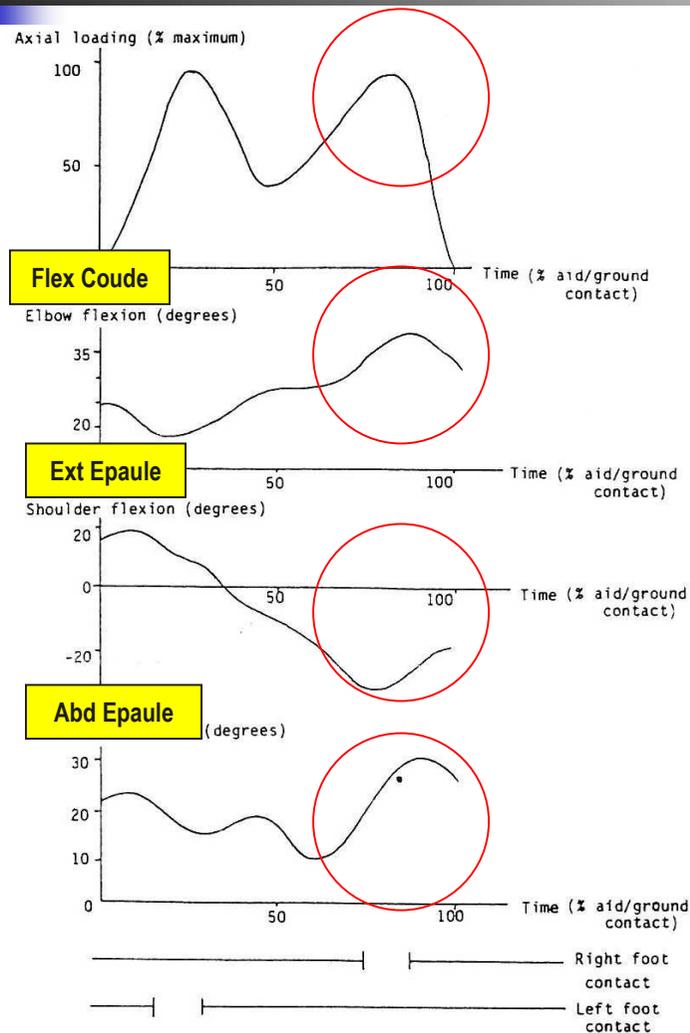
-Variations de la vitesse lors de la progression

-Hyperappui sur les cannes permanente pour

- Compenser l'instabilité lié au défaut de rigidité de certains dispositifs
- Incliner le tronc et décoller le membre oscillant

Nene Prosthet Orthot Int 1987

Paramètres Cinématiques et Cinétiques



Pics de forces
Moments articulaires
très élevés

- Flexion coude
- Extension/Abduction
épaule

Crosbie Paraplegia 1990

Le Bénéfice Physiologique



Métabolisme phospho-calcique

Transit intestinal

Troubles du tonus

Fonction cardio-vasculaire

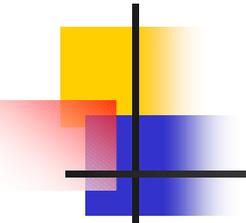
Fonction urinaire

Etat articulaire

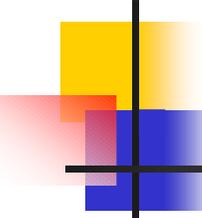
Aucune étude contrôlée, de niveau de preuve
acceptable

Résultats contradictoires

Le prix énergétique à payer

- 
-
- Comparaison des études impossible car
- outils de mesure différents
 - unités de mesure différentes
 - conditions de mesure différentes

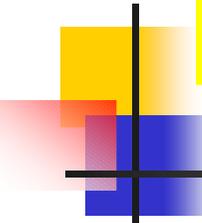
Les constats



Pour une marche à $v \cong 10\text{m/min}$, les patients appareillés atteignent leur seuil anaérobie dès les 1ères minutes

- La dépense énergétique s'aligne à celle du sujet valide lors de la marche mais rapportée à la vitesse de marche, elle apparaît 8 fois plus élevée.
- La FC moyenne $156/\text{min} \cong \text{FC max}$
- La FV augmentée de 74%

Massucci Spinal Cord 1998


$$\text{Indice de Mc Gregor} = \text{PCI} \frac{\text{FC marche} - \text{FC repos}}{\text{V de marche}}$$

PCI moyen: 3.11 batts /min
Nene Paraplegia 1992

Pas de corrélation entre le PCI et niveau lésionnel,
poids du sujet, ancienneté et fréquence d'utilisation

Nene Paraplegia 1992

Impact possible de l'entraînement et de la technologie(1 patient)

RGO 8h/j depuis 2 ans puis orthèse hybride -> pdm de 1,5 km)

PCI: 2,55 /min

puis

1,54 /min

Isakov Paraplegia 1992

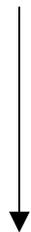
Comparaison inter orthèses biomécaniques (parawalker vs RGO):
pas de différence de PCI *Nene Paraplegia 1992*

1 seule étude contrôlée, randomisée et en cross-over

Harvey Arch Phys Med Rehab 1998

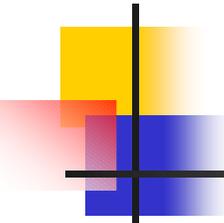
- Paraplégiques T9 à T12
- Entraînement IRGO vs Walkabout

FC, VO₂ et VE identiques



vitesse de marche

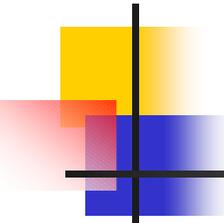
PCI ou Dépense énergétique > en cas d'usage du
Walkabout



Approche mixte (biomécanique + énergétique)

A quoi incombe le surcoût énergétique?

- «Sur-travail mécanique» ?
- Faible efficacité énergétique ?
- Ratio des 2 ?

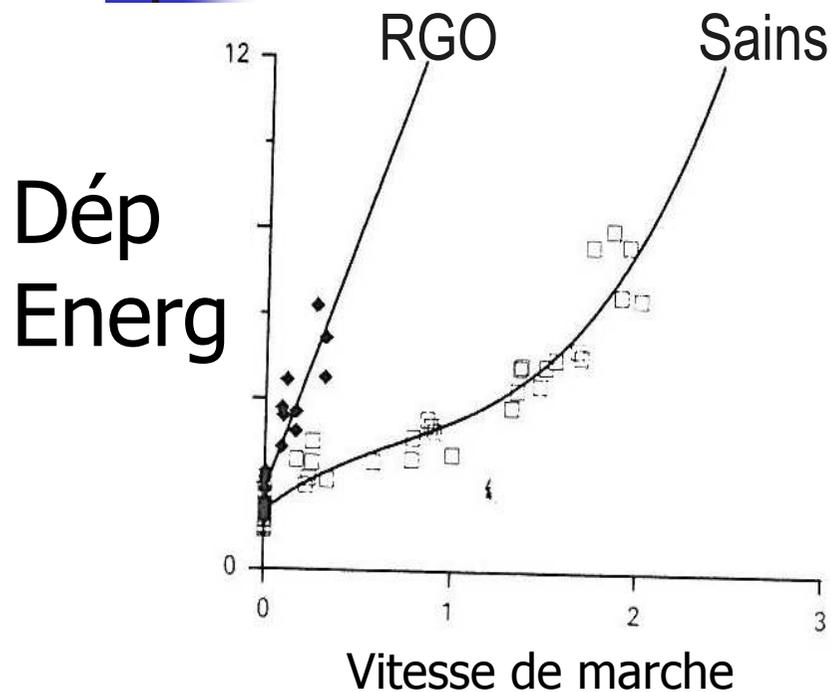


10 paraplégiques et 7 sujets sains

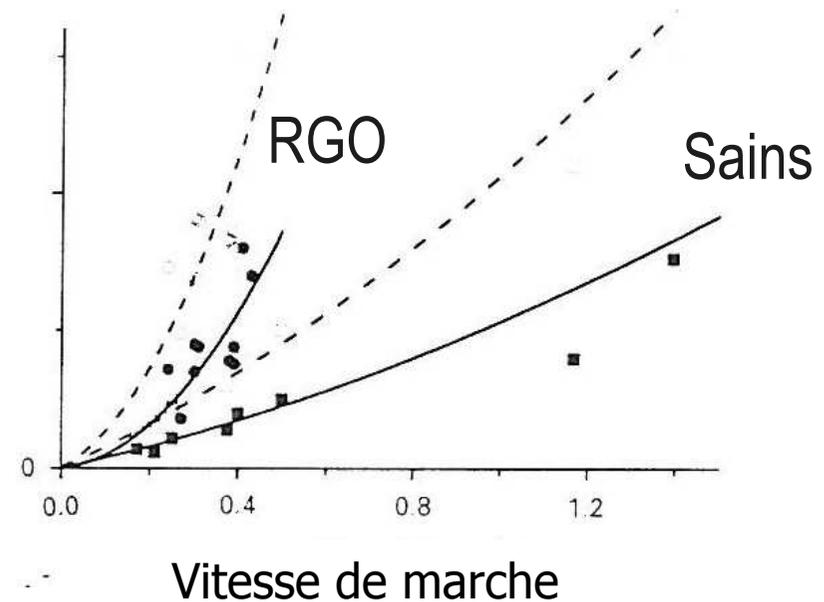
- Evaluation de la dépense énergétique lors de la station debout et lors de la marche à v confortable (K2 Cosmed)
- Calcul de l'énergie potentielle et cinétique issu du travail mécanique total fourni (analyse 3D)

Pic de $VO_2 \cong VO_2 \text{ max} \cong \text{seuil anaérobie}$

Pente exponentielle de la relation entre la dépense énergétique et la vitesse de marche chez le paraplégique (RGO) significativement + forte que chez le sujet sain



Trav.
Méca



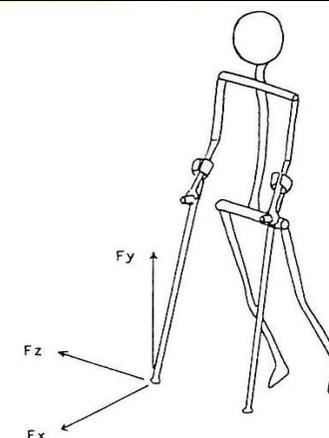
Hypothèse

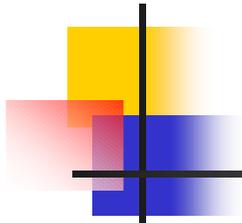
Le surcoût métabolique de la marche en RGO est dû à l'énorme travail mécanique nécessaire pour mobiliser l'aide à la marche

Waters et al. Clin Orthop Relat Res 1993

	Marchants Paraplégiques		Marchants sains
Vitesse de marche	41.1m/min	-52%	79.8m/min
VO ₂	14.9 ml/kg/min	+23%	12.1 ml/kg/min
Coût énergétique	0.52 ml/kg/m	+240%	0.15 ml/kg/m

Le pic de force des MS sur les aides
de marche atteint
en moy $21.7\% \pm 23$ du poids corporel





	Cannes simples n = 8	Cannes anglaises n = 21	Déambulateur n = 3
Vitesse de marche	47.9 m/min	37.8 m/min	11.8 m/min
Coût énergétique	0.29 ml/kg/m	0.56 ml/kg/m	1.20 ml/kg/m
Pics de force (% /poids corporel)	7	30.2	39.2

Le prix orthopédique à payer

Marche pendulaire

10 paraplégiques / Gpe Contrôle de 4 sujets sains

Période moy d'utilisation: 8.7 ans E: 20 mois-19 ans

Fréquence d'utilisation:

6 patients: 3 à 5 X 25 à 30m/j

4 patients: 15 à 25 X 25 à 30 m/j

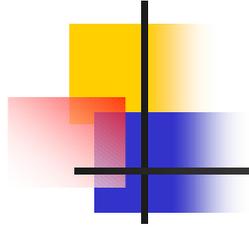
Contrôle radiologique des 20 épaules

Ostéodensitométrie

Pas de retentissement clinique, fonctionnel et
radiologique sur les épaules

Augmentation de la DMO des AB

Wing et al. Paraplegia 83



Perspectives

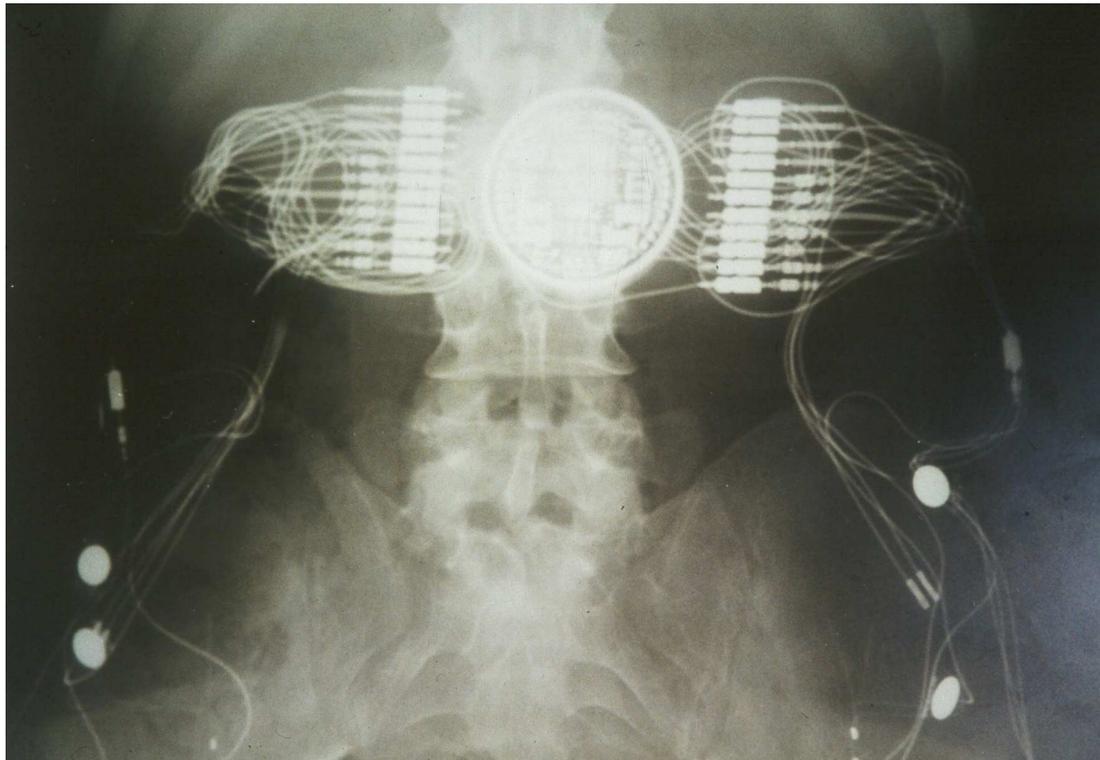
Electrostimulation fonctionnelle MI

Pas de validation

scientifique

énergétique, orthopédique

et fonctionnelle



Problématiques de l'électrostimulation à visée fonctionnelle

- 1 stimulateur <-> plusieurs câbles
- Fatigue musculaire
- Diffusion <-> Sélectivité
(muscle/muscle, motricité/sensibilité)

- Pas de relation linéaire entre l'intensité et la contraction musculaire



- Latence entre la stimulation et le début de la contraction musculaire
- Esthétique des différents dispositifs: contrôle, commande, etc.
 - Miniaturisation de l'unité de contrôle et de tous les dispositifs externes

Problématiques fonctionnelles lors de l'électrostimulation

- Le lever de chaise
- L'adaptation posturale debout à visée fonctionnelle
 - > maintien d'un très bon aplomb vertical

