

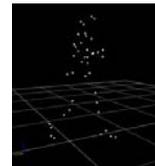
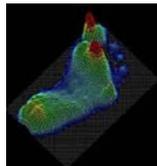


Marche normale et fondements de l'analyse de la marche

Journée thématique 13.09.2018

PD D^r Heiner Baur, Berne / Fribourg/Br.

Aperçu



- Evolution de l'analyse de la marche
- Objectifs de l'analyse de la marche
 - Médecine et physiothérapie (applications cliniques)
 - Sport
 - Technique orthopédique [de chaussures]
 - Recherche scientifique
- Equipement requis
- Cinématique vs cinétique

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences



Evolution

Aristote (384-322 av. J.-C.)
«Mouvement des animaux»



Giovanni A. Borelli (1608-1679)
Physique, mécanique pendant la marche

Luigi Galvani (1737-1798)
Médecin
-> Contractions musculaires



Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

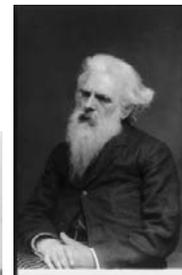
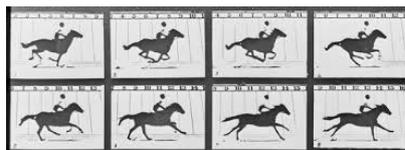
Evolution

Isaac Newton (1643-1727)
-> Mécanique



Wilhelm Braune / Otto Fischer (XIX^e siècle)
-> Photographie, premiers clichés

Eadward Muybridge (1830-1904)
-> Chronophotographie



Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences



Evolution

Jacquelin Perry --- 1918-2013



Orthopédiste

"Most doctors go into med
lives.

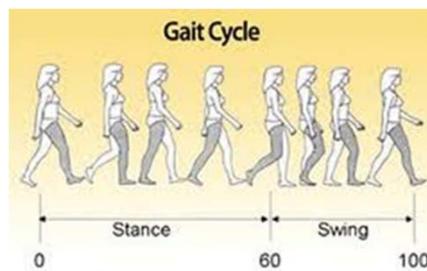
I'm more interested in getting
persons functioning again."



Evolution

Jacquelin Perry --- 1918-2013

La marche - Un mouvement cyclique



Marche: phase d'appui 60% - phase oscillante 40%
Course: phase d'appui 40% - phase oscillante 60%

[Perry 2009]



Fondements

Pourquoi une analyse de la marche?

Diagnostic

«Déficits» moteurs

Limitations dues à une pathologie

Evaluation par rapport au pied controlatéral (?) – Symétrie

Evaluation par rapport à un groupe témoin (?)

Traitement

Rééducation de la marche – avec/sans
feed-back

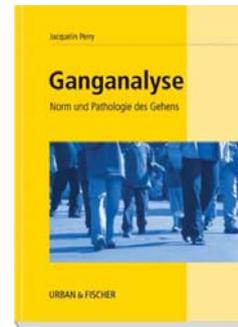
Contrôle de la qualité

Comparaisons avant/après

Avec/Sans appareillage

Pieds nus / Chaussures

Marche vs course



Fondements

Analyse de la marche en technique orthopédique (chaussures):

Complément à l'examen clinique:

Imagerie Ex.: radios, IRM, échographie

Tests statiques Ex.: axe des jambes

Palpation

Tests fonctionnels



Détection de déficits fonctionnels

Marche, course, sprint

Meilleure compréhension de la limitation du patient

Possibilité de conseils en complément

Sûreté / Informations supplémentaires concernant les
dispositifs orthopédiques



Analyse de la marche - Possibilités

Analyse observationnelle ou descriptive de la marche:

Observation

Enregistrements vidéo (répétition, ralenti)

Utilisation en physiothérapie/médecine



Avantages: Simplicité
Coût faible
Identification rapide des déficits moteurs importants

Inconvénients: Reproductibilité limitée
Fiabilité (des observations)
Expertise importante requise

Analyse de la marche - Possibilités

Analyse instrumentale de la marche:

Enregistrements vidéo en deux dimensions (2D)
dans plusieurs plans de mouvement

Avantages: Procédé normalisé
Quantité importante de données
Compétence apparente
Aide à la constitution de l'appareillage
Possibilité de couplage à d'autres méthodes
-> distribution des pressions

Inconvénients: Investissement
Technique nécessitant une période
d'adaptation
Manipulations, interprétation
Décompte impossible
(marché privé)



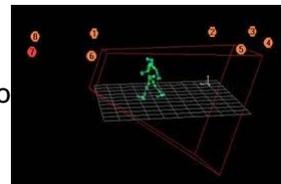
Movecontrol.com



Analyse de la marche - Possibilités

Analyse instrumentale 3D de la marche:

Capture du mouvement en trois dimensions dans tous les plans de mouvement



Avantages: Procédé normalisé
Quantité très importante de données
Possibilité, combinée à des mesures de réaction du sol, de déterminer les forces articulaires
Possibilité de couplage à d'autres méthodes

Movecontrol.com

Inconvénients: Coût très élevé
Réservation à la recherche et aux grandes cliniques
Besoins en personnel importants
Décompte impossible

Analyse de la marche - Possibilités

Analyse observationnelle de la marche
Analyse instrumentale 2D de la marche
Analyse instrumentale 3D de la marche

-> Meilleur compromis entre technologie abordable (caméras) et résultats objectifs et reproductibles

(Chambers & Sutherland 2002)

-> Possibilité d'apprentissage
-> Assurance dans l'évaluation de la démarche
-> Reconnaissance des variantes (individualité)
-> Bonne qualité, de la capture jusqu'à l'interprétation

(Wren et al. 2011)



Aperçu

Analyse de la marche - Objectifs et méthodes

Tabelle 1: Analysemethoden und Fragestellungen in der Ganganalyse

Analysemethode	Anwender	Zielsetzung	Typische eingesetzte Verfahren
Wissenschaftliche Ganganalyse	<ul style="list-style-type: none"> Wissenschaft Medizin 	<ul style="list-style-type: none"> Wissenschaftliche Grundlagenforschung Anwendungsforschung Medizinische Diagnostik 	<ul style="list-style-type: none"> Bewegungsaufzeichnung 3D Elektromyographie Kinetische + kinematische Analysen Simulationen
Medizinische Ganganalyse	<ul style="list-style-type: none"> Orthopädie-schuhtechnik Orthopädietechnik Physiotherapie 	<ul style="list-style-type: none"> Gangbildstörungen analysieren Versorgung / Therapie festlegen Versorgungserfolg / Therapieerfolg festlegen 	<ul style="list-style-type: none"> Bewegungsaufzeichnung 2D Softwaregestützte Winkelauswertung Kinetische Analyse (Pedographie)
Beschreibende Ganganalyse	<ul style="list-style-type: none"> Physiotherapie Sportschuhhandel 	<ul style="list-style-type: none"> Gangbildvarianten feststellen Sportschuh empfehlen 	<ul style="list-style-type: none"> Videoaufzeichnung 2D Interpretation durch das Auge

(Ludwig 2015)

Méthodes d'analyse de la marche

Cinématique (2D, 3D)

Analyse du moment et de l'amplitude des mouvements articulaires (mouvements des segments corporels)



Cinétique

Analyse des forces pendant la phase d'appui



Electromyographie dynamique

Analyse de la succession dans le temps et de l'intensité des actions musculaires (coordination du mouvement)

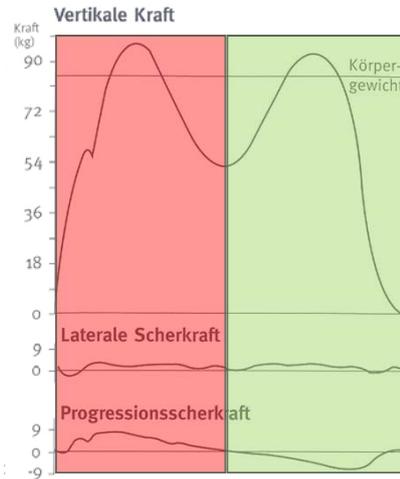
Analyse de la dépense énergétique

Efficiency métabolique de la marche humaine

(Perry 2003)

Structure du mouvement de marche

Forces de réaction du sol à la marche

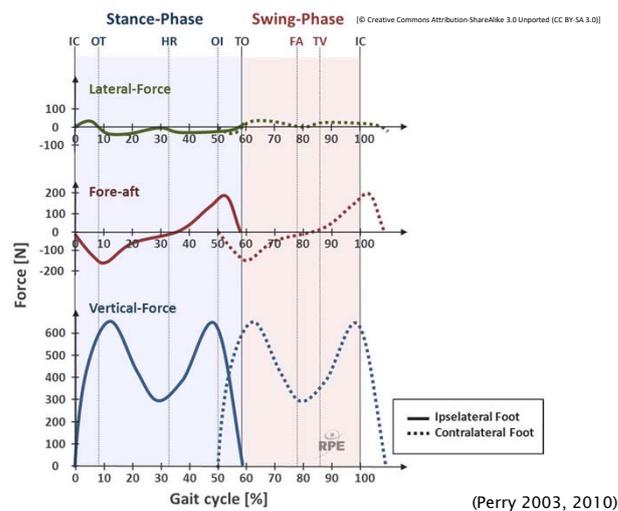


(Perry 2003, 2010)

Structure du mouvement de marche

Forces de réaction du sol à la marche

«Double appui»
à la marche

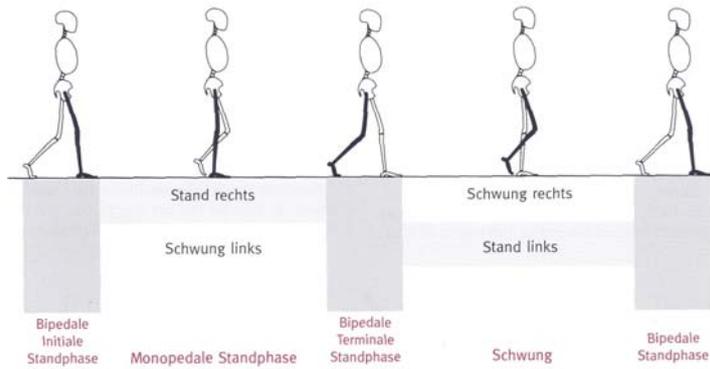


(Perry 2003, 2010)



Structure du mouvement de marche

Subdivision du cycle de marche



Marche: double appui

Course: simple appui – phase oscillan



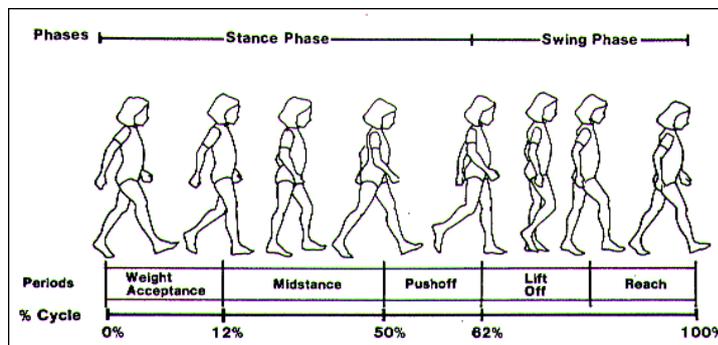
pas – foulée

(Perry 2003, 2010)

Structure du mouvement de marche

Subdivision du cycle de marche d'après les données de fo

«Phases fonctionnelles de la marche» selon David A. Winter --- 1930-2012



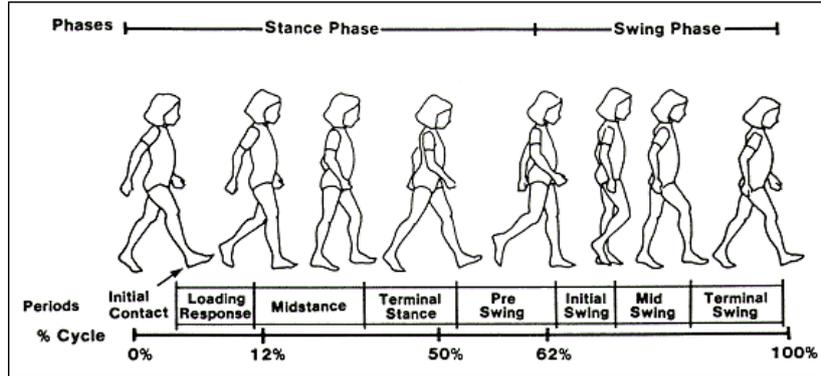
(Winter 1991, 2009)



Structure du mouvement de marche

Subdivision du cycle de marche d'après l'observation du mouvement

Définition de Perry



[Perry 2003, 2010]

Subdivision du mouvement

GAIT ANALYSIS: FULL BODY

RANCHO LOS AMIGOS MEDICAL CENTER
PHYSICAL THERAPY DEPARTMENT

Reference Limb:

L R

	Weight Accept		Single Limb Support		Swing Limb Advancement			
	IC	LR	MSI	TSt	PSw	ISw	MSw	TSw
Trunk								
Lean: B/F								
Lateral Lean: R/L								
Rotate: B/F								
Pelvis								
Hike								
Tilt: P/A								
Lacks Forward Rotation								
Lacks Backward Rotation								
Excess Forward Rotation								
Excess Backward Rotation								
Epilateral Drop								
Contralateral Drop								
Hip								
Flexion: Limited								
Excess								
Inadequate Extension								
Fast Retract								
Rotation: IR/ER								
Ad/Abduction: Ad/Ab								
Knee								
Flexion: Limited								
Excess								
Inadequate Extension								
Weakline								
Hyperextends								
Extension Thrust								
Varus/Valgus: Vx/VI								
Excess Contralateral Flex								
Ankle								
Forefoot Contact								
Foot-Flat Contact								
Foot Slap								
Excess Plantar Flexion								
Excess Dorsiflexion								
Inversion/Eversion: Ix/Ev								
Heel Off								
No Heel Off								
Drag								
Contralateral Vaulting								
Toes								
Up								
Inadequate Extension								
Clewed								

MAJOR PROBLEMS:
Weight Acceptance
Single Limb Support
Swing Limb Advancement

Excessive UE Weight Bearing
Name _____

[Perry 2003, 2010]



Structure du mouvement de marche

Temps de contact avec le sol pendant le cycle

Marche: Course:

Bodenkontakt nach Perioden		Marche:	Course:
Standphase		60%	40%
• Initiale bipedale Standphase	10%		
• Monopedale Standphase	40%		
• Finale bipedale Standphase	10%		
Schwungphase		40%	60%

(Perry 2003, 2010, Winter 1991, 2009)

Initiation et commande de la marche

«Central Pattern Generator»

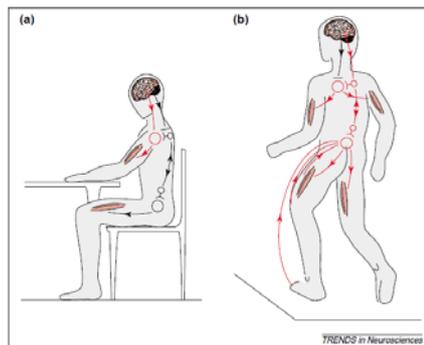
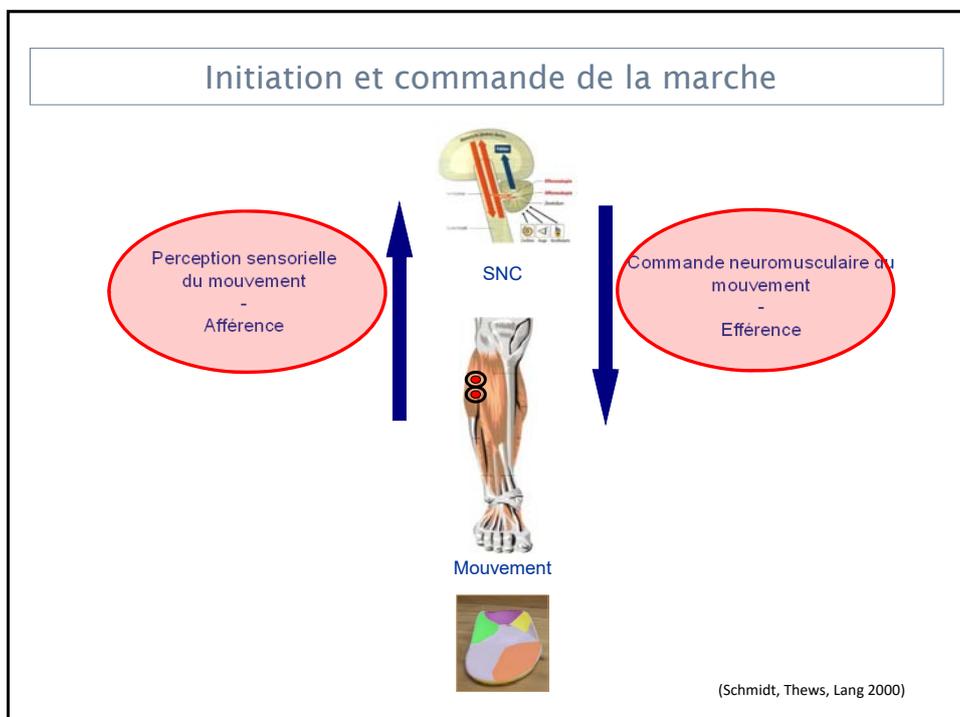
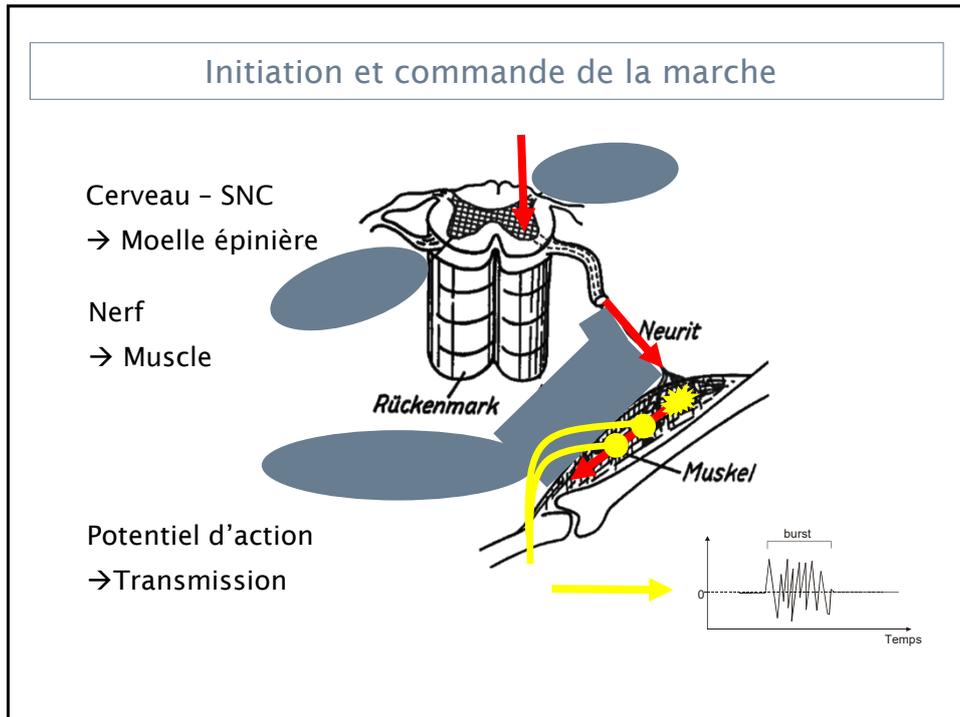


Fig. 3. Movement control during different motor tasks. According to the research cited in this review, neuronal control of arm movement is task-dependent. (a) During skilled hand movements, strong direct cortical-motoneuronal excitation is predominant (red lines) and the cervical propriospinal neuronal system is inhibited. (b) During locomotion, it is assumed that the brain command is predominantly mediated by interneurons. Cervical and thoraco-lumbar propriospinal systems become coupled and coordinate arm and leg movements (red lines). The caudal part of (b) is adapted from Ref. [78].

(Grillner 1975, Dietz 2002)



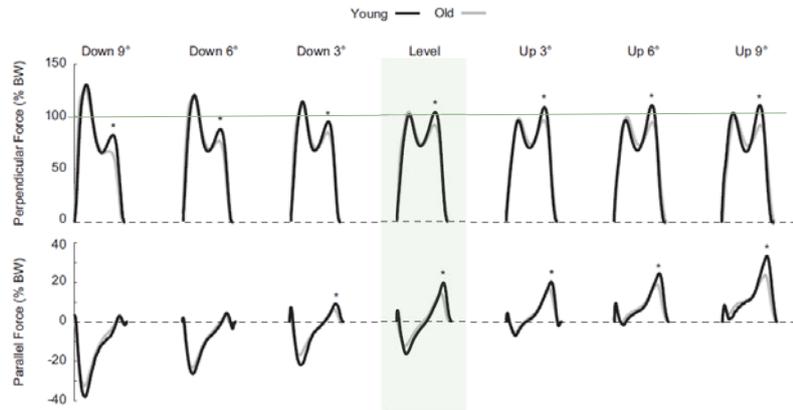


Adaptation du mouvement de marche

La marche - Un mouvement cyclique

J.R. Franz, R. Kram / Journal of Biomechanics 46 (2013) 535-540

537



[Franz et al. 2013]

Adaptation du mouvement de marche

Escaliers

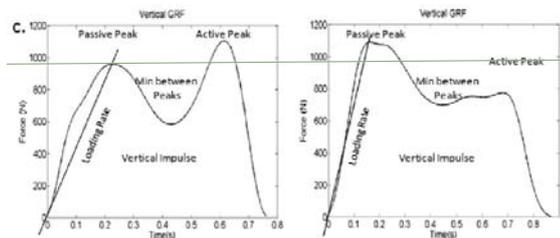


Fig. 1. Representative sample of ground reaction forces during ascent (left) and descent (right): (a) mediolateral forces, (b) anteroposterior forces, and (c) vertical forces. The data shown are from a single pregnant subject in her third trimester. Key peaks and impulses are labeled.

[McCroly et al. 2013]



Adaptation du mouvement de marche

Escaliers - Descente: variabilité fonction de la raideur

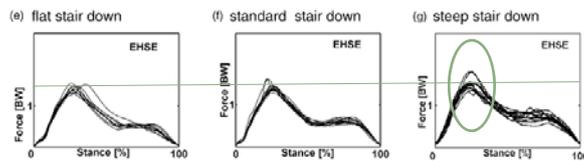


Fig. 3. Examples of different types of GRF curves in level walking and on stairs of one subject. (a) *Level walking*: Typical "M" shaped curve. (b-d) *Stair ascent*: First maximum slightly decreased and second slightly increased. (e-g) *Stair descent*: Dominant first maximum at touchdown, second often not present. Generally, the variability of the curves increased with the increase in stair inclination.

[Stacoff et al. 2005]

Adaptation du mouvement de marche

Marche vs course

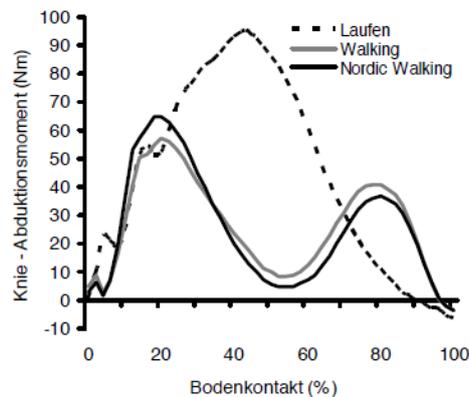


Abbildung 1: Knie - Abduktionsmoment. Mittelwertskurven der einzelnen Bewegungsformen normalisiert zum Bodenkontakt (n=15)

[Kleindienst et al. 2007]

Fin de la 1^{re} partie – Marche normale