



Centre de Médecine Physique et de Réadaptation de Bois-Larris



Unité Clinique d'Analyse de la Marche et du Mouvement

Le Gillette Gait Index Arnaud Gouelle, Fabrice Mégrot

L'Analyse Quantifiée de la Marche est un élément incontournable dans l'évaluation quantitative de la marche, car elle permet, par l'enregistrement des données cinématiques, cinétiques et EMG, de compléter l'observation des cliniciens. Cependant, la quantité des données qu'elle fournit en fait souvent un outil difficile à utiliser et à interpréter (du fait que les médecins et kinésithérapeutes doivent être formés). De plus le degré de déviation de la marche d'un patient par rapport à la normale reste difficile à estimer.

Schutte et al. (2000) ont proposé récemment un nouvel index, le normalcy index, pour évaluer cette déviation et caractériser simplement la marche d'un sujet dans un sens global. Le normalcy index, rebaptisé Gillette Gait Index (GGI) du fait de la valeur chargée du terme « normalité » (*Theologis et al.*, 2005), est un nombre sans dimension calculé sur la base d'une analyse en composantes principales (ACP) à partir de seize paramètres de la marche acquis pendant l'analyse quantifiée. Il peut être employé de plusieurs manières : pour évaluer le degré d'affectation d'une pathologie spécifique, pour suivre la pathologie de la marche d'un sujet dans le temps, ou pour examiner l'efficacité d'une intervention ou de sa prise en charge thérapeutique (kiné, appareillage...).

3.1. Calcul du GGI par ACP

Dans la plupart des expérimentations, on dispose de plusieurs observations sur chaque individu constituant la population d'étude. On a donc à prendre en compte p variables par individu. L'étude séparée de chacune de ces variables donne quelques informations mais est insuffisante car elle laisse de côté les liaisons entre elles, ce qui est pourtant souvent ce que l'on veut étudier. Par exemple, pour évaluer l'importance des déviations de la marche par rapport à la marche normale, ou pour évaluer les changements résultant d'un traitement spécifique, il est important de considérer non seulement comment

chaque élément du modèle de marche a changé mais également comment le rapport entre les éléments a changé. Pour évaluer si une variable spécifique de la marche est normale, anormale, ou améliorée après traitement, la corrélation normale qui existe entre les variables de la marche doit être déterminée. C'est le rôle de la statistique multifactorielle que d'analyser les données dans leur ensemble, en prenant en compte toutes les variables. L'analyse en composantes principales est alors une méthode fiable pour étudier les données multidimensionnelles, lorsque toutes les variables observées sont de type numérique, et que l'on veut voir s'il y a des liens entre ces variables.

L'ACP a été défini comme une technique linéaire de réduction des données, qui identifie des directions orthogonales de variance maximale dans les données initiales, et projette les données dans un espace de dimensions inférieures formé par un sous-ensemble de composantes des plus grandes variances (*Bishop, 1995*). Le calcul du GGI par ACP, détaillé dans l'article de *Schutte et al. (2000)*, comporte dix étapes comprenant notamment une normalisation des valeurs, le calcul de la matrice de covariance pour les n variables discrètes normalisées, le calcul des valeurs et vecteurs propres.

En termes simples, le Gillette Gait Index peut être considéré comme une mesure de la distance entre l'ensemble des variables décrivant le modèle de marche d'un patient et la moyenne de ces variables chez les personnes sans anomalie de marche. Des calculs séparés sont réalisés pour les cycles droit et gauche puis les index obtenus sont moyennés pour obtenir un index global.

3.2. Choix des variables

Seize paramètres cinématiques sont pris en compte pour le calcul du GGI. L'objectif de sélection des 16 variables discrètes utilisées pour calculer l'index était d'avoir un ensemble fini de variables qui décriraient bien le modèle de marche d'un individu. *Schutte et al. (2000)* ont choisi des variables que des cliniciens expérimentés corrélaient étroitement avec des atteintes spécifiques de la marche. Les variables considérées généralement comme importantes cliniquement ont donc été choisies. De ce fait, on ne devrait pas conclure que d'autres ensembles de variables, « meilleurs », ne pourraient pas être trouvés. La liste de

variables comprend seulement des variables cinématiques étant donné que l'inclusion de variables cinétiques aurait exclu les personnes ambulodépendantes de l'analyse.

Seize variables discrètes sont donc déterminées à partir des mesures cinématiques pour chaque cycle de marche. Ces variables sont : le temps de toe off (ou foot off) en pourcentage de la durée du cycle de marche, la vitesse de marche normalisée à la longueur de jambe, la cadence, la bascule moyenne du bassin, l'amplitude de la bascule du bassin, la rotation moyenne du bassin, la flexion minimale de hanche, l'amplitude de flexion de hanche, l'abduction de hanche maximale dans la phase oscillante, la rotation moyenne de hanche dans la phase d'appui, la flexion de genou lors du contact initial, le temps auquel a lieu la flexion de genou maximale, l'amplitude de flexion du genou, la dorsiflexion maximale dans la phase d'appui, la dorsiflexion maximale dans la phase oscillante et l'angle moyen de progression du pied dans le pas. Ces variables sont classées en fonction de l'importance de la variation enregistrée au cours de l'essai et permettent de calculer le GGI.

3.3. Validité de l'index

Un certain nombre d'analyses ont été conduites pour étudier la confiance dans l'index. Le GGI s'est avéré cliniquement applicable, fiable et facile à utiliser (*Schutte et al.*, 2000), faisant de lui un élément valable dans l'évaluation quantitative de la pathologie de la marche. *Bothner et al.* (2003) ont trouvé une fiabilité excellente entre les cycles de marche permettant d'avoir confiance dans le choix d'un cycle représentatif. *Assi et al.* (2006) ont, quant à eux, évalué l'incertitude et la reproductibilité du GGI et des paramètres cinématiques parmi 16 sujets sains et ont approuvé son utilisation.

Dans leur étude, *Wren et al.* (2006) avaient comme objectif de comparer des scores de GGI aux évaluations qualitatives de la marche réalisées par des cliniciens, chez 25 enfants infirmes moteurs cérébraux (IMC) ayant subi une chirurgie multi-sites. Ils ont donc comparé les scores obtenus à partir d'analyses de la marche préopératoire et postopératoire et les évaluations subjectives des cliniciens à partir des données vidéo. Les valeurs de GGI ont été trouvées conformes aux scores moyens de l'évaluation clinique chez 24 des 25 patients, mais également plus objectives étant donné que les cliniciens tendaient à noter plus d'amélioration entre les vidéos pré- et post-opératoires.

D'autre part, le GGI est indépendant du laboratoire dans lequel les données cinématiques sont recueillies. En effet, toutes les études semblent converger autour d'une valeur de 16 pour l'index moyen (i.e. moyenne des GGI du cycle droit et du cycle gauche) calculé sur des populations de personnes sans anomalie de la marche. *Tervo et al.* (2002), *Romei et al.* (2004) et *Assi et al.* (2006) ont annoncé des index de 15.9, 16.4 et 15.4 respectivement, proches de celui calculé par *Schutte et al.* (2000) avec une valeur de 15.7. Le Gillette Gait Index de l'UCAMM de Bois-Larris, utilisé dans la suite de ce mémoire et établi sur la base d'une population de 35 sujets sains, est de 15.

L'établissement d'une population référence de 35-50 sujets est indispensable pour toute application clinique de l'index.

3.4. Applications cliniques

Index à visée clinique, le GGI présente un vif intérêt dans deux applications principales : la catégorisation des pathologies affectant la marche et la vérification de l'efficacité d'un traitement (chirurgical, orthopédique ou chimique). Plusieurs études ont montré que le GGI peut détecter des différences dans des groupes de sujets qui ont des diagnostics différents ou ont subi de la chirurgie.

3.4.1. Catégorisation

Schutte et al. (2000) ont étudié la répartition des index chez des patients hémiparétiques de types I à IV, diparétiques et quadriparétiques (sévérité croissante). L'index a augmenté avec la sévérité et a également été assez sensible pour différencier les types d'hémiparésie, les hémiparétiques de type I ayant un index inférieur que les hémiparétiques de type II, les types II ayant un index inférieur que les types III, et les types III ayant un index inférieur que les types IV (tableau 1). De plus, les index calculés pour le côté affecté (i.e. la jambe pathologique) étaient, en moyenne, plus grands que l'index pour le côté « sain ». Les deux membres, cependant, avaient des GGI sensiblement plus élevés que le groupe référence (15.7), soutenant que les sujets hémiparétiques utilisent leur membre « sain » pour compenser l'état pathologique du membre atteint. Le membre sain ne permet donc pas un modèle de marche non pathologique.

Tableau 1. Scores de GGI (normalcy index) chez des patients hémiplégiques, diplégiques et quadriplégiques selon Schutte et al. (2000)

Subjects	N	Mean normalcy index (range) ^a	Mean unaffected side only (range)	Mean affected side only (range)
Normal	24	15.7 (8.2–26.9)		
<i>Hemiplegics</i>				
Type I	8	74.9 (36.5–187.6)	51.0 (28.3–91.14)	98.8 (28.5–311.6)
Type II	8	133.32 (32.1–357.0)	103.37 (26.0–276.9)	163.3 (38.2–437.1)
Type III	10	172.4 (55.3–362.0)	70.4 (32.1–94.2)	274.5 (60.70–638.9)
Type IV	4	639.3 (212.2–1066.5)	378.7 (140.2–617.3)	900.0 (284.3–1515.7)
All	30	166.7 (32.1–1066.5)	95.4 (26.0–617.3)	236.0 (28.5–1515.7)
Diplegic	23	279.4 (28.46–1322.3)		
Quadriplegic	11	491.0 (121.5–1195.0)		

^a Right and left side indices averaged to obtain single index for each subject.

D'autres auteurs ont corroboré ces résultats et proposé des distributions du Gillette Gait Index en fonction des pathologies (Romei et al., 2004 ; Assi et al., 2006). Les figures 10 et 11, issus d'une présentation de Viehweger et al. (2004), résumant parfaitement les résultats que peuvent donner des investigations cliniques du GGI.

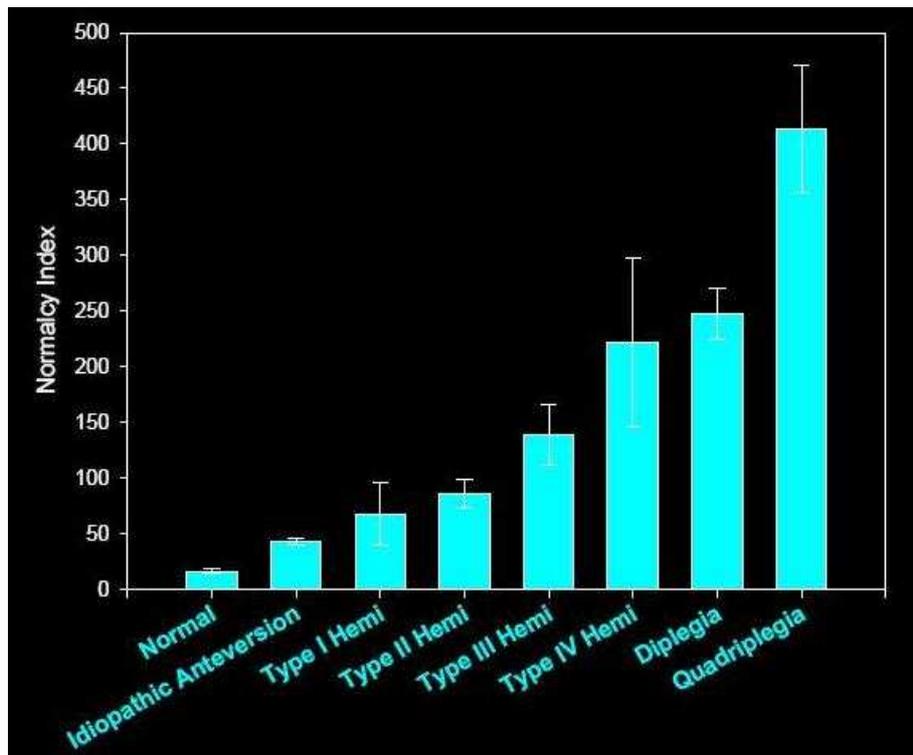


Figure 10. Valeurs de GGI (normalcy index) selon le type de pathologie de la marche (d'après Viehweger et al., 2004)

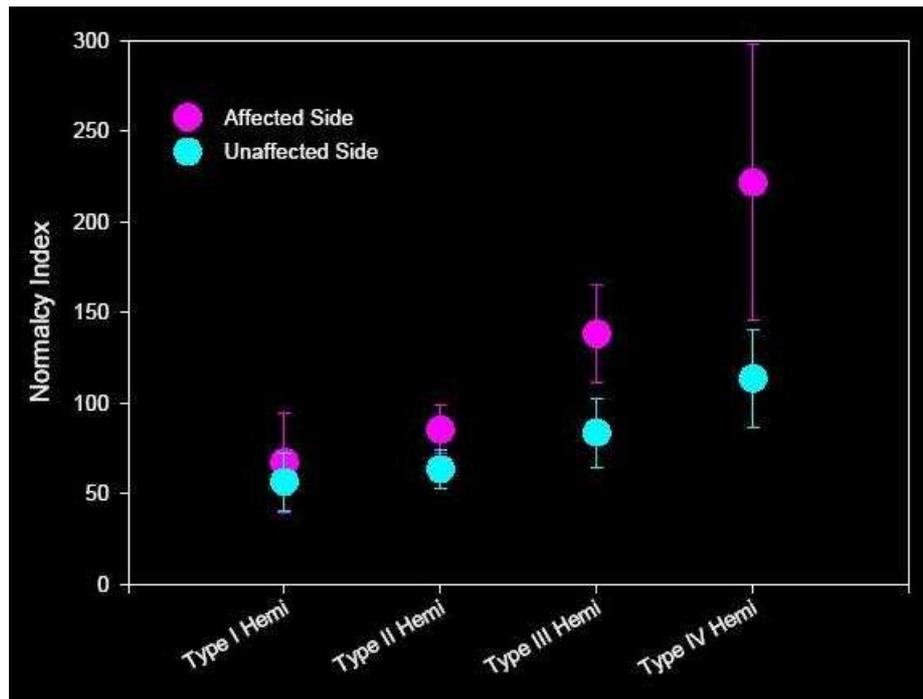


Figure 11. Différenciation côté affecté / côté non affecté selon le type d'hémiplégie (d'après Viehweger et al., 2004)

Bothner et al. (2003) ont quant à eux observé que les scores de GGI augmentaient avec le niveau de dépendance et de sévérité chez des enfants IMC classés selon une échelle d'évaluation fonctionnelle, le Gross Motor Function Classification System (GMFCS).

3.4.2. Efficacité thérapeutique

Le Gillette Gait Index s'est révélé être un outil important pour évaluer les modifications de la marche suite à une intervention thérapeutique. Dans un suivi de rééducation ou post-chirurgical, il devient un élément fiable et lisible de l'amélioration de la marche ou de l'absence de détérioration de la marche. Il permet de répondre à une question primordiale : est-ce que l'intervention a amélioré de manière significative la marche et la fonction chez les patients ?

Le GGI a été utilisé dans des études précédentes pour évaluer les effets de l'insertion d'une pompe à Baclofen (Motta et al., 2002), de la chirurgie multi-sites et de la rhizotomie* dorsale sélective (Stout et al., 2000 ; Postans et al., 2006). Novacheck et al. (2003) ont mis en évidence, à partir d'une revue portant sur 135 enfants IMC, des changements

statistiquement significatifs du GGI après intervention, quelque soit le type d'intervention (orthopédique, rhizotomie, ou les deux). 111 enfants ont amélioré leur GGI avec une amélioration moyenne de 27%.

Le GGI permet également d'estimer si l'utilisation d'aides améliore la marche des patients. Par exemple, il représente un moyen assez simple pour tester l'influence d'une orthèse et guider le choix des cliniciens. *Assi et al.* (2006) ont enregistré des essais différents de patients diploïques et quadriplégiques qui avaient l'habitude d'employer une aide de marche : déambulateur, orthèses, cannes et chaussures (tableau 2). Nous pouvons notamment noter que les patients 5 et 7 améliorent significativement leur GGI et donc leur marche avec des orthèses (de 800 à 603 et de 1137 à 496, respectivement).

Finalement, le GGI a été utilisé dans certaines études pour étudier l'influence de programmes de rééducation, comme la stimulation électrique neuromusculaire (*Lee et al.*, 2004) et l'entraînement sur tapis roulant (*Beard et al.*, 2005).

Tableau 2. Gillette Gait Index (normalcy index) de patients diploïques et quadriplégiques utilisant des aides de marche (d'après Assi et al., 2006)

	Type of walk	Normalcy index
Asymptomatics		
56 Subjects	Normal	15.4 (5-30)
Diplegics		
Patient 1	Normal	38
Patient 3	Key-walker	670
	Canes	795
Patient 4	Key-walker	870
Patient 5	Normal	800
	Orthosis	603
Quadriplegics		
Patient 6	Normal	389
	Key-walker	385
Patient 7	Normal	1137
	Orthosis	496
	Shoes	482
Patient 8	Normal	2000

3.5. Limites

Le GGI présente un intérêt certain pour documenter tout changement dans la marche. Certains points demandent cependant soit à être investigués soit à être pris en compte par les cliniciens.

La première remarque porte sur la quantité de variation qui est nécessaire pour considérer une variation du GGI comme significative. En effet, les auteurs qui ont utilisé l'index ne rapportent pas tous les mêmes valeurs. *Bothner et al.* (2003) ont montré qu'un changement du GGI de 85 unités devait être obtenu par les cliniciens pour accepter le changement comme significatif avec 95% de confiance. *Romei et al.* (2004) ont suggéré que des changements de GGI de 12 unités ou moins ne sont pas significatifs. Quant à *Postans et al.* (2006), ils ont considéré un changement de 10% de GGI comme cliniquement significatif.

D'autre part, comme le soulignent *Mégrot et al.* (2007), lorsque l'on est confronté à une marche très irrégulière (tableau 3), le choix du cycle sur lequel calculer le Gillette Gait Index devient un vrai casse-tête. Lequel de ces cycles est le plus représentatif de la marche du patient ? La réponse, c'est justement tous.

Tableau 3. Gillette Gait Index calculé sur 4 cycles d'un même enregistrement (d'après *Mégrot et al.*, 2007)

	CYCLE 1	CYCLE 2	CYCLE 3	CYCLE 4
Gauche :	100	104	78	141
Droite :	93	63	42	81
Moyenne :	96	83	60	111

Autre point à signaler, la moyenne ne doit pas être utilisée seule. En effet, un premier enfant présentant des GGI droit et gauche de 300 et 150, et un second enfant présentant des GGI droit et gauche de 221 et 229, ont tous deux un GGI moyen de 225. Pourtant, nous nous apercevons que le premier est davantage atteint du côté droit alors que le second est atteint de façon similaire bilatéralement.

Comme nous l'avons vu, chez les hémiplégiques, le GGI du membre « sain » présente tout de même une déviation par rapport à la normale du fait de la compensation qu'il apporte. Il peut même arriver que le membre le plus sain puisse obtenir un GGI plus élevé

que celui du membre lésé. C'est un élément sur lequel les cliniciens et ingénieurs de la marche doivent porter leur attention.

Nous pouvons également signaler que le Gillette Gait Index est calculé à partir de données cinématiques et, par conséquent, il est donc sensible aux mêmes sources d'erreurs que ces données (e.g. placement des marqueurs).

Pour terminer, afin de fournir une évaluation complète de l'amélioration d'un patient, le Gillette Gait Index devra être utilisé en même temps que d'autres résultats tels que la satisfaction du patient et/ou un outil d'évaluation de l'amélioration fonctionnelle.