




Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

www.em-consulte.com

Annals of Physical and Rehabilitation Medicine 53 (2010) 535–546

ANNALS
 OF PHYSICAL
 AND REHABILITATION MEDICINE

Original article / Article original

Influence of clinical and gait analysis experience on reliability of observational gait analysis (Edinburgh Gait Score Reliability)

Observation de la marche chez le paralysé cérébral, à l'aide de l'Edinburgh Gait Score : comment améliorer la fiabilité ?

E. Viehweger^{a,*}, L. Zürcher Pfund^{a,d}, M. Hélix^a, M.-A. Rohon^{a,e}, M. Jacquemier^{a,b},
 D. Scavarda^f, J.-L. Jouve^a, G. Bollini^a, A. Loundou^c, M.-C. Simeoni^c

^a Department of Pediatric Orthopaedics, Children's Hospital Timone, Mediterranean University, 264, rue Saint-Pierre, 13385 Marseille cedex 05, France

^b Center of Motion Analysis, Children's Hospital Timone, 264, rue Saint-Pierre, 13385 Marseille cedex 05, France

^c Department of Public Health, EA 3279, Mediterranean University, Marseille, France

^d Department of Pediatric Orthopaedics, University Hospital of Geneva, Switzerland

^e Rehabilitation Center Pomponiana-Olbia, BP 41, l'Almanarre, 83407 Hyères, France

^f Department of Pediatric Neurosurgery, Children's Hospital Timone, 13385 Marseille cedex 05, France

Received 10 June 2010; accepted 14 September 2010

Abstract

Objectives. – Treatment complexity of cerebral palsy (CP) patients imposes outcome evaluation studies, which may include objective technical analysis and more subjective functional evaluation. The Edinburgh Gait Score (EGS) was proposed as an additive or alternative when complex instrumented three-dimensional gait analysis is not available. Our purposes were to apply a translated EGS to standard video recordings of independent walking spastic diplegic CP patients, to evaluate its intraobserver and interobserver reliability with respect to gait analysis familiar and not familiar observers.

Methods. – Ten standard video recordings acquired during routine clinical gait analysis were examined by eight observers gait analysis interpretation experienced or not, out of various specialities, two times with a two weeks interval. Kappa statistics and intraclass correlation coefficient were calculated.

Results. – Better reliability was observed for foot and knee scores than in proximal segments with significant differences between stance and swing phase. Significantly better results in gait analysis trained observers underlines the importance to either be used to clinical gait analysis interpretation, or to benefit of video analysis training before observational scoring.

Conclusion. – Visual evaluation may be used for outcome studies to explore clinical changes in CP patients over time and may be associated to other validated evaluation tools.

© 2010 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Edinburgh Gait Score; Reliability; Cerebral palsy; Gait analysis; Children

Résumé

Objectifs. – Le traitement des patients atteints de paralysie cérébrale (PC) impose des études d'évaluation incluant des analyses techniques objectives et des évaluations fonctionnelles subjectives. L'Edinburgh Gait Score (EGS) a été proposé comme alternative à l'analyse tridimensionnelle de la marche (AQM). Nos objectifs étaient d'appliquer une version française d'EGS à partir d'enregistrements vidéo de patients marchant, diploïques spastiques, puis d'évaluer sa fiabilité intra- et interobservateurs.

Méthode. – Dix enregistrements vidéo acquis au cours d'une AQM ont été interprétés à deux reprises, par huit observateurs expérimentés ou non dans l'AQM, provenant de diverses spécialités. Les statistiques Kappa et le coefficient de corrélation intraclass ont été calculés.

* Corresponding author.

E-mail address: elke.viehweger@mail.ap-hm.fr (E. Viehweger).

Résultats. – Une meilleure fiabilité a été observée pour le pied et le genou comparé aux segments proximaux, avec des différences significatives entre le stance et le swing. Les résultats ont été significativement meilleurs chez les observateurs expérimentés en AQM, ce qui souligne l'importance d'être soit habitué à interpréter l'AQM, soit de bénéficier d'une formation de l'analyse d'observation de la marche avant son interprétation.

Conclusion. – L'évaluation visuelle peut être utilisée pour étudier les résultats des changements cliniques chez les patients PC et peut être associée à d'autres outils d'évaluation validés.

© 2010 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Edinburgh Gait Score ; Fiabilité ; Paralysie cérébrale ; Analyse de la marche ; Enfants

1. English version

1.1. Introduction

Instrumented three-dimensional gait analysis that provides quantitative measures is now the Gold Standard for gait assessment in the context of decision-making and outcome evaluation in walking cerebral palsy children [33].

Three-dimensional gait analysis may be considered at the moment as the evaluation Gold Standard and has been shown to be a clinically effective evaluation tool [5,8,9,11,33].

Summary measures may be more representative methods to determine the amount by which function and gait deviate from normative values. Thus patient's global gait pathology may be described using instrumented gait analysis using the Gillette Gait Index (GGI, formerly Normalcy Index) based on a selection of gait variables considered most pertinent to CP patients [32].

But a complete movement analysis laboratory is not universally available in all institutions. It is expensive and requires time consuming work of data treatment and high-level of interpretation skills [6,12,23,24]. Additionally existing well-equipped gait laboratories are confronted to an important patient flux.

Day-by-day clinical work may be complemented introducing different evaluation tools like functional scores, quality of life and daily activity scores.

The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) [40] furnishes us the framework to construct global outcome evaluation programs. To use this conceptual framework, definitions of the concepts have to be very precise and placed within a clinical context. The ICF introduces the concepts of "structure and function", "activity and participation" in the context of personal and environmental factors. Gait analysis has to be placed in the function level.

Clinicians in charge of cerebral palsy children routinely observe gait to determine gait disorders and to evaluate treatment.

Therefore, observational gait analysis (OGA), a part of three-dimensional gait analysis, may be an interesting available help, specifically using standardised gait scales.

First different "naked eye" observation of gait tools were used to assess the gait of various patient groups and to evaluate outcome [2,15,19,21,25,27,28,39].

To overcome the problems with naked eye evaluation of gait, specifically video-based observational gait assessment was

developed with forms and scales to standardise evaluation [14,18,29,36].

Nevertheless according to the relative subjective nature of OGA, an evaluation tool used for sharing of clinical information between clinicians and for multi-center research should meet best criteria of validity, reliability, sensitivity and specificity [35,38] (Fig. 1). This tool has to be considered in the context of patient population and the nature of gait pathologies studied. Therefore, in the clinical context of cerebral palsy (CP) treatment, the tool to choose should be developed for CP children. To use OGA as an objective outcome evaluation tool different observational scales were introduced to enhance quality of analysis and to produce quantitative comparable data.

Validation work is still necessary but at time of the study the previous criteria were met best for the Edinburgh Gait Score (EGS) [29,35].

The EGS [29] was developed as a visual scoring system easy to use, reliable, correlating well with instrumented gait analysis results, that may be used to evaluate archived cine films.

Association and comparison of observational and instrumented 3-D gait analysis data is interesting and a recent study validated the EGS as standard evaluation tool with significant correlations with the GGI [17].

The authors of the score demonstrated its good intraobserver and interobserver reliability, [29] good correlation with measurements from instrumented gait analysis. Further the score was able to detect postoperative changes after multilevel surgery [29].

Reliability comparison between the EGS and the Physician Rating Scale studied by Maathuis et al. showed excellent intraobserver but poor interobserver reliability for children with cerebral palsy (CP) [22]. The authors recommend that

<p>Sensitivity : capacity to detect sick persons Specificity : capacity to detect healthy persons Reliability : to be attached to the measurement precision ; estimated via the variability of the resultant scores (thus thus status of the subject remains stable) : 2 different evaluations by the same observer (intra-observer reliability) or 2 évaluations realised by différent observers (inter-observer reliability) Validity : capacity to measure the concept that the tool is supposed to measure (systematic measurement error) Sensitivity to measure change : capacity of the tool to show the clinical significant variations of the subject health status</p>
--

Fig. 1. Definitions of psychometric qualities: required qualities of measurement tools need adapted statistical procedures. Denomination of the different qualities are not entirely uniformed in the English- or French-speaking literature.

Table 1
French version of the Edinburgh Visual Gait Score.

	Stance phase					Swing phase					
	Flexion		Normal	Extension		Flexion		Normal	Extension		
	2	1	0	1	2	2	1	0	1	2	
<i>Pied</i>						<i>Pied</i>					
1. Initial contact			Contact avec talon	Contact pied à plat	Contact des orteils	6. Clearance in swing	Pas haut	Complet	Réduit	Inexistant	
2. Décollement du talon	Pas de contact de l'avant-pied	Retardé	Normal	Tôt	Pas de contact avec talon	7. Angle maximal de dorsiflexion (> 30°)	Dorsiflexion excessive	Dorsiflexion augmentée (16–30°)	Dorsiflexion normale (15°C DF – 5° FP)	Flexion plantaire modérée (5–20°)	Flexion plantaire marquée (> 20°)
3. Angle maximum de dorsiflexion	Dorsiflexion excessive (> 40°)	Dorsiflexion augmentée (26–40°)	Normal (5–25°)	Dorsiflexion réduite (4° DF – 10° FP)	Flexion plantaire marquée						
4. Arrière pied : varus/valgus	Valgus sévère	Valgus modéré	Neutre/léger valgus	Varus modéré	Varus sévère						
5. Rotation du pied	RE marquée (> 40°)	RE modérée (21–40°)	RE légère (0–20°)	RI modérée (1–25°)	RI marquée (> 25°)						
<i>Genou</i>						<i>Genou</i>					
8. Angle de progression du genou	Externe : une partie de rotule visible	Externe : toute la rotule visible	Neutre : rotule centrée	Interne : toute la rotule visible	Interne : une partie de rotule visible	10. Terminal swing	Flexion sévère (< 30°)	Flexion modérée (16–30°)	Normale (5–15°)	Extension excessive (4° flexion – 10° extension)	Hyperextension (> 10°)
9. Extension maximale en stance	Flexion sévère (> 25°)	Flexion modérée (16–25°)	Normal (0–15° flexion)	Hyperextension modérée (1–10°)	Hyperextension sévère (> 10°)	11. Flexion maximale en swing	Augmentation marquée (> 85° de flexion)	Augmentation modérée (71–85°)	Normale (50–70°)	Réduction modérée (35–49°)	Réduction sévère (< 35°)
<i>Hanche</i>						<i>Hanche</i>					
12. Extension maximale en stance	Flexion sévère (> 15°)	Flexion modérée (1–15°)	Normal (0–20° extension)	Hyperextension modérée (21–35°)	Hyperextension sévère (> 35°)	13. Flexion maximale en swing	Augmentation marquée (> 60°)	Augmentation modérée (46–60°)	Normale (25–45°)	Flexion réduite (10–24°)	Réduction sévère (< 10°)
<i>Pelvis</i>						<i>Pelvis</i>					
14. Obliquité en mid-stance	Vers le bas, marquée (> 10°)	Vers le bas, modérée (1–10°)	Obliquité normale (0–5° vers le haut)	Vers le haut, modérée (6–15°)	Vers le haut, marquée (> 15°)						
15. Rotation en mid-stance	Rétropulsion marquée (> 15°)	Rétropulsion modérée (6–15°)	Normal (rétropulsion 5° – antépulsion 10°)	Antépulsion modérée (11–20°)	Antépulsion sévère (> 20°)						
<i>Tronc</i>						<i>Tronc</i>					
16. Position sagittale maximale	Vers l'avant, marquée	Vers l'avant, modérée	Normal (vertical)	Vers l'arrière, modérée	Non applicable						
17. Déplacement latéral maximal	Marqué	Modéré	Normal	Réduit	Non applicable						

Table 2
Intraobserver reliability of EGS scores in the context of clinical experience in cerebral palsy and gait analysis experience of the eight observers between two times of evaluation (T1–T2).

Observer (type)	Experience		Edinburgh Visual Gait Score (ICC)						
	Clinical (years)	Gait Analysis (years)	Total	Trunc	Pelvis	Hip	Knee	Foot	
1. OS	18	0	0.71	0.21	0.21	0.48	0.76	0.91	
2. OS + GLM	15	12	0.88	0.22	0.05	0.62	0.85	0.89	
3. OS + GLM	6	6	0.89	0.60	0.17	0.76	0.88	0.89	
4. P + GLM	15	3	0.69	0.12	−0.31	0.43	0.55	0.90	
5. PT	10	0	0.59	0.16	−0.34	0.11	0.67	0.27	
6. NS	4	0	0.90	0.64	0.31	0.69	0.79	0.94	
7. Resident OS	2	0	0.93	0.83	0.43	0.42	0.97	0.99	
8. PT + GLM	2	0	0.96	0.87	0.68	0.90	0.91	0.95	

ICC: intraclass correlation coefficient; OS: orthopaedic surgeon; GLM: gait laboratory member; P: physiatrist; PT: physiotherapist; NS: neurosurgeon.

longitudinal assessment of a patient should be done by one observer only.

According to our aim to introduce the EGS as regular outcome evaluation tool in our country, we have to explore the factors influencing intraobserver and interobserver reliability to complete user’s instructions.

Therefore the purpose of our study was to evaluate intraobserver and interobserver reliability of the Edinburgh Gait Score with respect to gait analysis familiar and not familiar observers.

1.2. Material and methods

1.2.1. Observational gait analysis

A series of 10 archived video recordings acquired during standardized instrumented gait analysis were randomly selected and examined.

Gait analysis data were acquired using a 6-camera optoelectronic system with passive markers (ELITE, Bts, Milan, Italy) working at a sampling rate of 50 Hz at the authors’ center of motion analysis. Subjects equipped with markers according to Davis’ description [7] were asked to walk barefoot, at self selected speed, on the walkway containing three Kistler force platforms.

All the 10 patients, aged 9 to 16 years, had a diagnosis of spastic diplegic cerebral palsy. The videos for observational gait analysis were acquired in sagittal and coronal view simultaneously.

Eight observers examined 10 videos recordings two times, at a minimum of two weeks between the assessments. The eight observers were selected from various specialties: three paediatric orthopaedic surgeons, one resident in orthopaedic surgery, one neurosurgeon, one physiatrist and two phy-

siotherapists. Observers assessed videos randomly and were blinded at the second lecture to their first results.

Clinical experience with cerebral palsy and gait analysis experience of each observer was noted.

Translated guidelines were provided to observers who rated each patient video using the tabulated EGS scoring system (Table 1) for each lower limb at six anatomical levels: trunc, pelvis, hip, knee, ankle and foot in sagittal, transverse and frontal plane [29].

1.2.2. Statistics

For statistical analysis, the total EGS score and the 17 items individually were considered, as well as we grouped the items per anatomical level and in between stance and swing phase items.

For each observer, the Intraclass correlation coefficient (ICC) was computed between the two times of evaluation to assess intraobserver reliability in each quantitative scale (five dimension scores and total EGS score). Values were interpreted as follows: below 0.20 regarded as poor, 0.21–0.40 as fair, 0.41–0.60 as moderate, 0.61–0.80 as good and >0.80 as very good agreement [1].

For each evaluation time, interobserver agreement of the total and grouped scores was assessed using the ICC. Interobserver agreement on each of the 17 gait items (ordinal data) was studied using the weighted Kappa coefficient.

Weighted Kappa coefficient for interobserver reliability [20] and the intraclass correlation coefficient for intrarater reliability [4] were calculated according to the traditional methods. Interobserver and intraobserver reliability for the 10 video recordings and 160 assessments were extensively explored.

Non-parametric partial correlations (Spearman’s correlation coefficients) were studied to investigate the relationship of the

Table 3
Total and five EGS level scores using intraclass correlation coefficient and grouped in interobserver reliability categories (first and second rating).

Reliability category	Total		Trunk		Pelvis		Hip		Knee		Foot	
	t1	t2	t1	t2	t1	t2	t1	t2	t1	t2	t1	t2
Number of items with increased category at t2	16/28 (57.1%)		19/28 (67.9%)		16/28 (57.7%)		13/28 (46.4%)		7/28 (25%)		14/28 (50%)	

t1: rating 1; t2: rating 2.

Table 4

Number of weighted Kappa according to reliability categories (first and second rating) of each EGS score (interobserver reliability).

Score	Segment	Gait cycle	Rated gait event	Number of increased interobserver reliability between two ratings
1	Foot	Stance	Initial contact	17/28 (60.7%)
2	Foot	Stance	Heel lift	12/28 (42.9%)
3	Foot	Stance	Max ankle dorsiflexion	9/28 (32.1%)
4	Foot	Stance	Hindfoot: varus/valgus	14/28 (50%)
5	Foot	Stance	Foot rotation	19/21 (67.9%)
6	Foot	Stance	Clearance	8/28 (28.6%)
7	Foot	Swing	Peak dorsiflexion angle	11/28 (39.3%)
8	Knee	Stance	Knee progression angle	8/28 (28.6%)
9	Knee	Stance	Peak extension	6/28 (21.4%)
10	Knee	Swing	Terminal swing	12/28 (42.9%)
11	Knee	Swing	Peak flexion	11/28 (39.3%)
12	Hip	Stance	Peak extension	14/28 (50%)
13	Hip	Swing	Peak flexion	13/28 (46.4%)
14	Pelvis	Stance	Obliquity at mid stance	11/28 (39.3%)
15	Pelvis	Stance	Rotation at mid stance	17/28 (60.7%)
16	Trunk	Stance	Peak sagittal position	18/28 (64.3%)
17	Trunk	Stance	Max lateral shift	19/28 (67.9%)

t1: rating 1; t2: rating 2.

total EGS score between the two times of evaluation, while controlling either the effect of clinical or gait analysis experience (years) (first order of partial correlation) or both (second order of partial correlation) [31].

$P < 0.05$ was considered statistically significant.

All statistical analysis were performed using SPSS 11.0 and SAS.

1.3. Results

In the context of clinical experience in cerebral palsy and gait analysis experience, we observed moderate to very good agreement of the eight observers between their two successive evaluations. Differences were shown looking at the subscores. Specifically pelvis, hip and trunk score results were lower (Table 2).

An increased number of items with better interobserver agreement indicates a learning effect between the two rating times, even the observers were blinded to their first ratings (Table 3).

Table 5

Correlation according to observers' clinical and gait analysis experience (Spearman's correlation coefficient).

Patient	Simple	CE	GAE	CE + GAE
1	0.84	0.94	0.84	0.98
2	0.62	0.70	0.63	0.75
3	0.75	0.83	0.80	0.85
4	0.59	0.81	0.58	0.79
5	0.68	0.70	0.71	0.71
6	0.54	0.52	0.58	0.51
7	0.69	0.72	0.79	0.93
8	0.83	0.82	0.83	0.83
9	0.22	0.37	0.23	0.30
10	0.75	0.81	0.70	0.80

Simple: correlation without factor "experience"; CE: clinical experience; GAE: gait analysis experience; CE + GAE: both factors grouped.

Therefore, analysing the total and the five subscores in 51% of the interobserver comparisons, the reliability improved between the two rating sessions (Table 4).

We observed further significant better reliability for stance than swing phase items.

Clinical experience in cerebral palsy treatment influenced correlations. Gait analysis experience do not increase by itself the values compared to the simple correlations. But we observed further influence on correlation of increasing clinical and gait analysis experience (Table 5).

1.4. Discussion

EGS reliability level is influenced by observer's clinical experience in CP patients and its gait analysis experience.

Toro et al. [35] noted that often experts in gait assessment were used in reliability studies and their ability to correctly and repeatable identify events in complex gait pathologies is unlikely to reflect the ability of a broader and less specialised user population. Our results showed that clinical experience influences the reliability results. Experience with gait analysis is added to this effect. Experience and training based on a solid knowledge of gait may enhance the repeatability in observational gait analysis [26]. To ensure comparable reliability between centers, it is important to have observers with close level of experience and to know this experience for interpretation of the results.

Interestingly looking at each observer of our study separately even in the gait analysis not familiar group, degree of reliability correlates well with years and the extend of daily clinical work with cerebral palsy children.

Our results may explain that observers have been described as a significant factor for the source of variation [22]. But authors used only three observers and more important did not describe in detail observers' experience.

Using more than one statistical test may provide a better picture of the score reliability [3,35].

A variety of statistical methods exist for agreement analysis between respondents [10,20,30,34,41]. The extent of agreement between raters is a characteristic of a sample as a whole, summarized by a single number such as a correlation coefficient.

Although overall reliability of the scale was satisfying comparable to the Edinburgh authors' results [17], we have observed differences in the subscales and items, specifically for the proximal segments and swing phase ratings. Differentiation of the items and subscales may help to continue the development of the scale.

One limitation of our study was that we did not use the recommendations about rotation blocks to improve accuracy of scoring [16]. But one of the EGS authors' purposes was to develop a scoring system that could be used to evaluate archived films. We used our archived standard gait analysis videos with good global patient view, but without close up views on feet what may decrease quality of analysis. Application on historic videos without patient preparation seems to be more difficult. Nevertheless the lower reliability items in our study were the same than in the Edinburgh study.

Applications in daily clinical practice do not allow complex patient preparation with specific devices. But standardisation of numeric video acquisition conditions as for instrumented 3D-gait analysis may be very helpful to have comparable data.

Looking at our data, we propose now to our correspondents a minimal protocol to prepare observational gait analysis. We ask to acquire a complete gait cycle of the patient in frontal and right and left lateral view, first the whole patient, then close up views on the feet in the same conditions. Camera has to be in fixed position, the patient exposed to good lightening conditions, barefoot, with a sports or bathing dress and the ASIS, patella and the Achilles tendon ink marked for better visualisation.

Although not all clinicians may be or have to be equipped with a complete gait laboratory, standardized observational gait analysis may be considered as a minimal working tool. Learning visualisation of the different gait phases or observational gait analysis training based on a specific rating tool could also be useful. This would help to increase the use of gait assessment in a wider population of clinicians managing gait disorders, without the necessity to learn specific instrumented gait analysis data.

Instrumented gait analysis is important for a careful assessment of pathology in CP children but analysis has to associate a variety of tools to dress a best picture of the child's health status, function and well-being what should help to determine objectives of treatment and evaluate outcome [13]. The interest to use a validated available visual score associated to other validated evaluation tools may be underlined to complete and facilitate clinical practice.

To enhance quality of observation based assessment tools, it is important to know more details about the specific patient and clinician population involved. Association of the OGA scale to different evaluation tools in outcome studies may confirm its sensitivity [17,37].

Daily paediatric orthopaedic practice changes in time. New surgical techniques are introduced and the new treatment and evaluation strategies in CP patients cannot be ignored.

Therefore clinician's educational content has to be reconsidered regularly. One time learned "how to observe" a patient, based on standardized observational gait analysis, decision making and follow-up is highly facilitated without the necessity of curve interpretations in technical reports. But consequently access to the logic of instrumented 3D-gait analysis or specific courses will also be facilitated for a larger proportion of clinicians, what will increase observational reliability.

1.5. Conclusion

EGS may be used with good reliability. Good clinical practice in CP associated to knowledge of clinical gait analysis allows better reliability. Observational gait analysis training before visual scoring is useful to enhance quality and reliability. EGS terms are related to instrumented gait analysis terms, which should be known by an observer who would like to use EGS in a clinical day-to-day practice. The EGS is a useful tool that should be associated for global assessment of the pathology of CP patients and for observational gait analysis teaching purposes. Validation work has to be continued comparing the EGS to other validated outcome evaluation tools in clinical and research practice.

Conflict of interest statement

None.

2. Version française

2.1. Introduction

L'analyse quantifiée tridimensionnelle de la marche (AQM) fournit des mesures quantitatives lors de l'évaluation des patients marchants atteints de paralysie cérébrale (PC) lors du processus décisionnel, ainsi que lors de l'évaluation des résultats thérapeutiques [33].

Bien que l'AQM n'est pour le moment pas disponible universellement, elle peut être considérée comme l'évaluation de référence et il a été démontré qu'elle est un outil efficace d'évaluation clinique [5,8,9,11,33].

La marche pathologique de ces patients peut être décrite de façon globale en utilisant des scores extraits de l'AQM comme le Gillette Gait Index (GGI, anciennement Normalcy Index) basé sur une sélection de variables de l'AQM, considérés les plus pertinents pour des patients PC [32].

Mais un laboratoire complet d'analyse de mouvement n'est pas disponible dans toutes les institutions. Il est coûteux et exige un travail fastidieux de traitement des données et un haut niveau de compétence dans leur interprétation [6,12,23,24]. De plus, les laboratoires bien équipés sont confrontés à un important flux de patients.

Le travail clinique quotidien peut être complété par l'introduction de différents outils d'évaluation, comme des scores fonctionnels, des outils d'évaluation de la qualité de vie et des scores d'activités de vie quotidienne. La classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF) nous aide d'établir un cadre de l'évaluation globale des patients [40]. Pour utiliser ce cadre conceptuel, il faut bien préciser les définitions des concepts et les placer dans un contexte clinique. La CIF introduit les concepts de structure et fonction, d'« activité » et de « participation » dans un contexte de facteurs personnels et environnementaux. Lors de l'évaluation par l'analyse de la marche on se place dans le cadre de l'évaluation de la « fonction » marche.

Les cliniciens en charge d'enfants PC marchant observent systématiquement la marche pour déterminer les troubles à traiter et pour évaluer ensuite les traitements proposés.

Par conséquent, l'analyse d'observation de la marche (AOM), une partie intégrante de l'analyse tridimensionnelle de la marche, peut être une aide intéressante en clinique courante, en particulier en utilisant des échelles standardisées.

D'abord, différents outils d'observation à « l'œil nu » ont été utilisés pour évaluer différents groupes de patients et pour évaluer les résultats thérapeutiques [2,15,19,21,25,27,28,39].

Pour surmonter les problèmes de l'évaluation de la marche à « l'œil nu », des outils spécifiques ont été élaborés afin de standardiser ces évaluations [14,18,29,36].

Néanmoins, en raison de la nature relativement subjective des AOM, un outil d'évaluation utilisé pour le partage de l'information clinique entre les cliniciens et pour la recherche multicentrique doit répondre au mieux aux critères de validité, de fiabilité, de sensibilité et de spécificité dont la définition des concepts est bien établit et homogène lors de la description des propriétés psychométriques des différents outils d'évaluation [35,38] (Fig. 1). Cet outil doit prendre en compte le contexte de la population des patients étudiés. Par conséquent, dans le cadre clinique du traitement d'une paralysie cérébrale, l'outil à choisir devrait être développé spécialement pour les enfants atteints de PC. Afin d'utiliser l'AOM comme outil d'évaluation objectif, différentes échelles d'observation ont été alors introduites pour améliorer la qualité de l'analyse et pour produire des données quantitatives comparables.

Au moment de la mise en place de l'étude présentée ici, l'EGS est l'instrument répondant au mieux à l'ensemble de ces critères [29,35].

L'EGS [29] a été développé en tant que système visuel de notation, facile à utiliser, fiable, montrant une bonne corrélation avec les résultats d'analyse instrumentale de la marche, qui peut être utilisé pour évaluer les vidéos archivés.

L'association et la comparaison des données des observations et des analyses instrumentales de la marche est intéressante et une étude récente a validé l'EGS comme outil d'évaluation standard avec des corrélations significatives avec le GGI [17].

Les auteurs du score ont démontré une bonne fiabilité intra-observateur et interobservateur, ainsi qu'une bonne corrélation avec les mesures d'analyse de la marche instrumentale. En outre, le score était en mesure de détecter des modifications postopératoire après chirurgie multisite [29].

<p>Sensibilité : capacité à détecter les sujets malades Spécificité : capacité à détecter les sujets non malades Fiabilité : précision de la mesure (erreur aléatoire de mesure); elle est estimée par la variabilité des scores obtenus (alors que l'état du sujet reste stable) : lors de 2 évaluations différentes par un même observateur (fiabilité intra-observateur/reproductibilité) ou lors de 2 évaluations réalisées par différents observateurs (fiabilité inter-observateur) Validité : capacité à mesurer le concept que l'instrument est censé mesurer (erreur systématique de mesure) Sensibilité au changement : capacité de l'instrument à mettre en évidence des variations cliniquement significatives de l'état du sujet</p>
--

Fig. 1. Définitions des qualités psychométriques : les qualités requises pour un outil de mesure font appel à des procédures statistiques adaptées. Les dénominations de ces différentes qualités ne sont pas complètement uniformisées dans la littérature anglo-saxonne ou francophone.

L'étude de la fiabilité de l'EGS et du Physician Rating Scale a montré pour les deux instruments une excellente fiabilité intra-observateur mais une mauvaise fiabilité interobservateur pour les enfants PC [22]. Les auteurs recommandent que l'évaluation longitudinale d'un patient soit faite par un seul observateur.

Conformément à notre objectif d'introduire l'EGS comme outil de routine pour l'évaluation des résultats dans notre pays, nous avons à étudier les facteurs qui influencent la fiabilité intra-observateur et interobservateurs pour compléter les instructions fournies aux utilisateurs.

Par conséquent, le but de notre étude était d'évaluer la fiabilité intra-observateur et interobservateur de l'EGS obtenu par des praticiens expérimentés ou non dans l'analyse de la marche.

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1. L'analyse d'observation de la marche

Une série de dix enregistrements vidéo archivés acquis durant une analyse de marche instrumentale ont été choisis au hasard et ont été examinés.

Les données de l'analyse de la marche ont été acquises en utilisant un système optoélectronique de six caméras avec des marqueurs passifs (ELITE, BTS, Milan, Italie) travaillant à une fréquence d'échantillonnage de 50 Hz au Centre d'analyse de mouvement des auteurs. Les sujets, équipés de marqueurs selon la description de Davis et al. [7], ont été invités à marcher pieds nus, à leur propre vitesse, sur une piste contenant trois plateformes de force Kistler.

Les dix patients, âgés de neuf à 16 ans, avaient un diagnostic de diploégie spastique. Les vidéos pour l'AOM ont été acquises simultanément en vue sagittale et coronale.

Huit observateurs ont examiné les dix enregistrements vidéo à deux reprises, avec un minimum de deux semaines entre les deux évaluations. Les huit observateurs ont été choisis dans différentes spécialités : trois chirurgiens orthopédistes pédiatres, un interne en chirurgie orthopédique, un neurochirurgien, un médecin rééducateur et deux kinésithérapeutes. Les observateurs ont évalué les vidéos dans un ordre aléatoire et en absence des résultats de la première lecture lors de la

Tableau 1

Version française de l'Edinburgh Visual Gait Score (utilisation selon convention de termes anglais des phases du cycle de marche).

	Stance phase					Swing phase					
	Flexion		Normal	Extension		Flexion		Normal	Extension		
	2	1	0	1	2	2	1	0	1	2	
<i>Pied</i>						<i>Pied</i>					
1. Initial contact			Contact avec talon	Contact pied à plat	Contact des orteils	6. Clearance in swing	Pas haut	Complet	Réduit	Inexistant	
2. Décollement du talon	Pas de contact de l'avant-pied	Retardé	Normal	Tôt	Pas de contact avec talon	7. Angle maximal de dorsiflexion	Dorsiflexion excessive (> 30°)	Dorsiflexion augmentée (16–30°)	Dorsiflexion normale (15° DF – 5° FP)	Flexion plantaire modérée (5–20°)	Flexion plantaire marquée (> 20°)
3. Angle maximum de dorsiflexion	Dorsiflexion excessive (> 40°)	Dorsiflexion augmentée (26–40°)	Normal (5–25°)	Dorsiflexion réduite (4° DF – 10° FP)	Flexion plantaire marquée						
4. Arrière pied : varus/valgus	Valgus sévère	Valgus modéré	Neutre/léger valgus	Varus modéré	Varus sévère						
5. Rotation du pied	RE marquée (> 40°)	RE modérée (21–40°)	RE légère (0–20°)	RI modérée (1–25°)	RI marquée (> 25°)						
<i>Genou</i>						<i>Genou</i>					
8. Angle de progression du genou	Externe : une partie de rotule visible	Externe : toute la rotule visible	Neutre : rotule centrée	Interne : toute la rotule visible	Interne : une partie de rotule visible	10. Terminal swing	Flexion sévère (< 30°)	Flexion modérée (16–30°)	Normale (5–15°)	Extension excessive (4° flexion – 10° extension)	Hyperextension (> 10°)
9. Extension maximale en stance	Flexion sévère (> 25°)	Flexion modérée (16–25°)	Normal (0–15° flexion)	Hyperextension modérée (1–10°)	Hyperextension sévère (> 10°)	11. Flexion maximale en swing	Augmentation marquée (> 85° de flexion)	Augmentation modérée (71–85°)	Normale (50–70°)	Réduction modérée (35–49°)	Réduction sévère (< 35°)
<i>Hanche</i>						<i>Hanche</i>					
12. Extension maximale en stance	Flexion sévère (> 15°)	Flexion modérée (1–15°)	Normal (0–20° extension)	Hyperextension modérée (21–35°)	Hyperextension sévère (> 35°)	13. Flexion maximale en swing	Augmentation marquée (> 60°)	Augmentation modérée (46–60°)	Normale (25–45°)	Flexion réduite (10–24°)	Réduction sévère (< 10°)
<i>Pelvis</i>						<i>Pelvis</i>					
14. Obliquité en mid-stance	Vers le bas, marquée (> 10°)	Vers le bas, modérée (1–10°)	Obliquité normale (0–5° vers le haut)	Vers le haut, modérée (6–15°)	Vers le haut, marquée (> 15°)						
15. Rotation en mid-stance	Rétropulsion marquée (> 15°)	Rétropulsion modérée (6–15°)	Normal (rétropulsion 5° – antépulsion 10°)	Antépulsion modérée (11–20°)	Antépulsion sévère (> 20°)						
<i>Tronc</i>						<i>Tronc</i>					
16. Position sagittale maximale	Vers l'avant, marquée	Vers l'avant, modérée	Normal (vertical)	Vers l'arrière, modérée	Non applicable						
17. Déplacement latéral maximal	Marqué	Modéré	Normal	Réduit	Non applicable						

Tableau 2

Fiabilité intra-observateur du score Edinburgh Gait Score (EGS) dans le contexte de l'expérience clinique de l'analyse de la marche dans les paralysies cérébrales par huit observateurs sur deux évaluations (T1–T2).

Nombre d'observateur (type)	Expérience		Edinburgh Visual Gait Score (CCI)					
	Clinique (années)	Analyse de la marche (années)	Total	Tronc	Bassin	Hanche	Genou	Pied
1. CO	18	0	0,71	0,21	0,21	0,48	0,76	0,91
2. CO + MLM	15	12	0,88	0,22	0,05	0,62	0,85	0,89
3. CO + MLM	6	6	0,89	0,60	0,17	0,76	0,88	0,89
4. MPR + MLM	15	3	0,69	0,12	−0,31	0,43	0,55	0,90
5. K	10	0	0,59	0,16	−0,34	0,11	0,67	0,27
6. NC	4	0	0,90	0,64	0,31	0,69	0,79	0,94
7. Interne CO	2	0	0,93	0,83	0,43	0,42	0,97	0,99
8. K + MLM	2	0	0,96	0,87	0,68	0,90	0,91	0,95

CCI : coefficient de corrélation intraclasse ; CO : chirurgien orthopédiste ; MLM : membre laboratoire de marche ; MPR : médecine physique et de réadaptation ; K : kinésithérapeute ; NC : neurochirurgien.

seconde. L'expérience clinique avec les patients PC et l'expérience de l'analyse de la marche de chaque observateur ont été notées.

Les directives fournies par les développeurs de l'EGS ont été traduites et fournies aux observateurs qui ont évalué chaque vidéo de patient en utilisant le système de pointage EGS (Tableau 1) totalisés pour chaque membre inférieur, à six niveaux anatomiques : tronc, bassin, hanche, genou, cheville et pied dans le plan sagittal, transversal et frontal [29].

2.2.2. Statistiques

Pour l'analyse statistique, le score total EGS ainsi que ses 17 items ont été pris en compte. Nous avons également analysé les éléments par niveau anatomique et par phase d'appui et d'oscillation.

La fiabilité intra-observateurs et interobservateur pour les dix enregistrements vidéo et les 160 évaluations ont été étudiées.

Pour chaque observateur, le coefficient de corrélation intraclasse (ICC) a été calculé entre les deux temps de l'évaluation pour évaluer la fiabilité intra-observateur de chaque échelle quantitative (cinq scores de dimension et le score total de l'EGS). Les ICC ont été interprétés comme suit : inférieur à 0,20 insuffisant, 0,21–0,40 suffisant, 0,41–0,60 moyen, 0,61–0,80 bon et supérieur à 0,80 très bon [1].

Pour chaque temps d'évaluation, une concordance inter-observateur du total et des scores groupés de chaque segment a été étudiée. La concordance interobservateur de chacun des 17 items de la marche a été étudiée en utilisant le coefficient de

pondération Kappa [20]. Au total, 28 coefficients de concordance interobservateur ont été obtenus à chaque temps d'évaluation et ont été classés.

Le coefficient de pondération Kappa pour la fiabilité interobservateur [20] et l'ICC pour la fiabilité interobservateur [4] ont été calculés selon les méthodes traditionnelles.

Les corrélations partielles non-paramétriques (coefficients de corrélation de Spearman) ont été étudiés afin de déterminer la relation du score total de l'EGS entre les deux évaluations, tout en contrôlant, soit l'effet de l'expérience clinique ou de l'expérience de l'analyse de la marche (expérience en années) (premier ordre de corrélation partielle), soit les deux à la fois (deuxième ordre de corrélation partielle) [31].

Un seuil de significativité $p < 0,05$ a été retenu pour tous les tests statistiques.

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant les logiciels SPSS 11.0 et le SAS.

2.3. Résultats

Quelle que soit l'expérience clinique de PC et de l'analyse de la marche, la fiabilité intra-observateur a été moyenne à très bonne pour les huit observateurs entre leurs deux évaluations successives. Les niveaux de corrélation sont un peu moins élevés mais restent le plus souvent suffisants pour les sous-scores. Les niveaux de corrélation les plus bas ont été retrouvés pour les évaluations du tronc, du bassin et des hanches (Tableau 2).

Tableau 3

Edinburgh Gait Score (EGS) total et sous-groupe d'EGS en utilisant le coefficient de corrélation interclasse (CCI) et étant groupé selon les catégories de fiabilités interobservateurs (première et seconde évaluation).

Catégorie de fiabilité	Total		Tronc		Bassin		Hanche		Genou		Pied	
	t1	t2	t1	t2	t1	t2	t1	t2	t1	t2	t1	t2
Nombre d'item avec amélioration fiabilité à t2	16/28 (57,1 %)		19/28 (67,9 %)		16/28 (57,7 %)		13/28 (46,4 %)		7/28 (25 %)		14/28 (50 %)	

t1 : évaluation 1 ; t2 : évaluation 2.

Tableau 4

Coefficient de pondération Kappa selon les catégories de fiabilités (première et seconde évaluation) de chaque score Edinburgh Gait Score (EGS) (fiabilité inter-observateur).

Score	Segment	Cycle de la marche	Étape du cycle de la marche	Amélioration de la fiabilité interobservateur entre 2 évaluations
1	Pied	Stance	<i>Initial contact</i>	17/28 (60,7 %)
2	Pied	Stance	<i>Heel lift</i>	12/28 (42,9 %)
3	Pied	Stance	<i>Max ankle dorsiflexion</i>	9/28 (32,1 %)
4	Pied	Stance	<i>Hindfoot: varus/valgus</i>	14/28 (50 %)
5	Pied	Stance	<i>Foot rotation</i>	19/21 (67,9 %)
6	Pied	Stance	<i>Clearance</i>	8/28 (28,6 %)
7	Pied	Swing	<i>Peak dorsiflexion angle</i>	11/28 (39,3 %)
8	Genou	Stance	<i>Knee progression angle</i>	8/28 (28,6 %)
9	Genou	Stance	<i>Peak extension</i>	6/28 (21,4 %)
10	Genou	Swing	<i>Terminal swing</i>	12/28 (42,9 %)
11	Genou	Swing	<i>Peak flexion</i>	11/28 (39,3 %)
12	Hanche	Stance	<i>Peak extension</i>	14/28 (50 %)
13	Hanche	Swing	<i>Peak flexion</i>	13/28 (46,4 %)
14	Bassin	Stance	<i>Obliquity at mid stance</i>	11/28 (39,3 %)
15	Bassin	Stance	<i>Rotation at mid stance</i>	17/28 (60,7 %)
16	Tronc	Stance	<i>Peak sagittal position</i>	18/28 (64,3 %)
17	Tronc	Stance	<i>Max lateral shift</i>	19/28 (67,9 %)

t1 : évaluation 1 ; t2 : évaluation 2.

Un nombre accru d'items avec un niveau de concordance interobservateur plus élevé lors de la seconde évaluation indique un effet d'apprentissage entre les deux temps d'évaluation, et cela bien que les observateurs n'aient pas eu connaissance des résultats de leur première évaluation (Tableau 3). Par conséquent, l'analyse du total et des cinq sous-scores démontre que la fiabilité a augmenté d'au moins un niveau entre les deux temps d'évaluation dans 51 % des comparaisons interobservateurs (Tableau 4).

Nous avons observé une meilleure fiabilité intercotateur pour les items de la phase d'appui que pour ceux de la phase d'oscillation.

L'expérience clinique des observateurs influence les résultats de la fiabilité de l'EGS. L'expérience de l'analyse de la marche seule a moins d'influence. Mais nous avons observé une modification des corrélations en tenant compte de l'expérience clinique et à l'analyse de la marche des observateurs (Tableau 5).

Tableau 5

Corrélation de l'expérience clinique et de l'analyse de la marche (coefficient de corrélation de Spearman).

Patient	Simple	EC	EAM	EC + EAM
1	0,84	0,94	0,84	0,98
2	0,62	0,70	0,63	0,75
3	0,75	0,83	0,80	0,85
4	0,59	0,81	0,58	0,79
5	0,68	0,70	0,71	0,71
6	0,54	0,52	0,58	0,51
7	0,69	0,72	0,79	0,93
8	0,83	0,82	0,83	0,83
9	0,22	0,37	0,23	0,30
10	0,75	0,81	0,70	0,80

Simple : corrélation sans facteur « expérience » ; EC : expérience clinique ; EAM : expérience en analyse de marche ; EC + EAM : groupe les deux facteurs.

2.4. Discussion

Le niveau de fiabilité de l'EGS est influencé par l'expérience clinique et de l'analyse de la marche des patients PC.

Des experts en analyse de la marche ont fréquemment été utilisés pour les études de fiabilité d'AOM [35]. Leur capacité à correctement identifier les événements pathologique complexe de la marche, et ce de manière répétée, est peu susceptible de refléter la capacité d'une population plus large et moins spécialisée d'utilisateur [26].

Nos résultats montrent que l'expérience clinique des observateurs a également une influence sur les résultats de fiabilité des résultats de l'AOM. L'expérience en AQM se rajoute à cet effet. Il est important pour assurer une fiabilité comparable entre différents centres, d'avoir des observateurs d'expérience comparable, de connaître cette expérience lors de l'interprétation des résultats et d'en tenir compte. L'expérience et la formation, basées sur une solide connaissance de la marche et des tableaux cliniques des patients atteints de paralysie cérébrale, influence la reproductibilité dans l'observation de la marche.

Il est intéressant de noter dans notre étude que pour chaque observateur pris séparément, même dans le groupe non expérimenté, le degré de fiabilité est bien corrélé avec les années et l'étendue du travail clinique quotidien avec des enfants PC.

Nos résultats peuvent expliquer que les observateurs ont été décrits comme étant un facteur significatif dans les sources de variation [22]. Mais ces auteurs n'ont utilisé que trois observateurs, et plus important encore, ils ne décrivent pas en détail l'expérience des observateurs.

L'utilisation de plusieurs tests statistiques peut donner une meilleure représentation du score de fiabilité [3,35]. Une variété de méthodes statistiques existent pour l'analyse de la concordance entre répondants [10,20,30,34,41].

Bien que la fiabilité globale du score était satisfaisante comparativement aux résultats des auteurs d'Edinburgh [17], nous avons observé des différences dans les sous-scores et dans les items, en particulier en ce qui concerne l'évaluation des segments proximaux et de la phase d'oscillation. La différenciation des éléments et des sous-scores peut aider à poursuivre le développement de l'EGS.

Une limite de notre étude est de ne pas avoir utilisé les recommandations concernant l'utilisation de blocs de rotation afin d'améliorer la précision des scores [16]. Mais l'un des buts lors du développement de l'EGS était de développer un système d'évaluation qui pourrait être utilisée pour évaluer les vidéos archivées. Nous avons utilisé nos vidéos archivées d'analyse standard de la marche avec une vue d'ensemble du patient, mais sans agrandissement sur les pieds, ce qui peut diminuer la qualité de l'analyse de certains items. L'application sur des anciennes vidéos, sans préparation du patient, semble être plus difficile. Néanmoins, les éléments de fiabilité les plus faibles dans notre étude étaient les mêmes que dans l'étude d'Edinburgh.

L'application dans la pratique clinique quotidienne ne permet pas une préparation complexe des patients avec des équipements spécifiques. Mais la standardisation des conditions d'acquisition vidéo numérique pour l'analyse tridimensionnelle instrumentale de la marche peut être très utile afin de disposer de données comparables.

En regardant nos données, nous proposons désormais à nos correspondants un protocole minimale pour préparer l'observation de l'analyse de marche. Nous demandons d'acquérir un cycle complet de la marche du patient, en vue frontale et latérale droite et gauche, d'abord le patient en entier, puis les pieds en gros plan dans les mêmes conditions. Les caméras doivent être en position fixe, le patient doit être bien éclairé, les pieds nus, en tenue de sport ou maillot de bain et l'épine iliaque antérieure supérieure (EIAS), la rotule et le tendon d'Achille marqué au feutre pour une meilleure visualisation.

Bien que toutes les institutions ne peuvent pas être équipées d'un laboratoire de marche complet, l'observation de l'analyse de marche standardisée peut être considérée comme un outil de travail de base. L'apprentissage de la visualisation des différentes phases de la marche ou l'entraînement de l'observation de l'analyse de marche basé sur un outil de cotation spécifique est utile. Cela contribuerait à accroître l'utilisation de l'évaluation de la marche dans une population plus large de cliniciens impliqués dans la gestion des troubles de la marche. Pour améliorer la qualité des outils d'évaluation basés sur l'observation, il est important de connaître plus de détails concernant le patient analysé et la population de cliniciens impliqués.

L'analyse instrumentale de la marche est importante pour une évaluation minutieuse de la pathologie chez les enfants PC. Cette analyse doit être associée à une variété d'outils pour dresser le meilleur bilan possible de l'état de santé et du bien-être de l'enfant, ce qui devrait aider à déterminer les objectifs de traitement et l'évaluation des résultats [13]. L'intérêt d'utiliser un score visuel validé, associé à d'autres outils d'évaluation validés peut aider à compléter et faciliter la pratique clinique.

Cette association de l'échelle de l'AOM à des outils d'évaluation dans des études de résultats thérapeutiques peut confirmer sa sensibilité [17,37].

2.5. Conclusion

La prise en charge des enfants PC évolue dans le temps. De nouveaux traitements et techniques chirurgicales sont introduites et les nouvelles stratégies d'évaluation ne peuvent pas être ignorées.

Par conséquent, les connaissances du clinicien doivent être reconsidérées régulièrement. Une fois appris « comment observer » un patient sur une base standardisée de l'AOM, la prise de décision et le suivi est fortement facilité, sans la nécessité d'interpréter des courbes dans des rapports techniques. Mais l'apprentissage de la logique de l'analyse tridimensionnelle instrumentale de la marche par des cours spécifiques est accessible pour une grande proportion de cliniciens.

L'EGS peut être utilisé avec une bonne fiabilité. De bonnes pratiques cliniques en PC associés à la connaissance de l'AQM influencent la fiabilité. L'entraînement de l'AOM avant l'évaluation visuelle est utile pour améliorer la qualité et la fiabilité. Un observateur qui souhaite utiliser l'EGS dans la pratique clinique quotidienne devrait connaître les termes et la logique de l'AQM.

L'EGS est un outil utile qui devrait être associé à l'évaluation globale de la pathologie des patients PC ainsi que pour des fins pédagogiques d'AOM. Dans le cadre de la pratique clinique et de la recherche, des travaux de validation doivent être poursuivis en comparant l'EGS à d'autres outils d'évaluation validés.

Conflit d'intérêt

Aucun.

References

- [1] Altman DG. *Practical statistics for medical research*. London, UK: Chapman and Hall; 1991.
- [2] Boyd RN, Graham HK. Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *Eur J Neurol* 1999;6(Suppl. 4):S23–35.
- [3] Bruton A, Conway JH, Holgate ST. Reliability: what is it, and how is it measured? *Physiotherapy* 2000;86:94–9.
- [4] Cicchetti DV, Sparrow SS. Developing criteria for establishing the inter-rater reliability of specific items in given inventory. *Am J Ment Defic* 1981;86:127–37.
- [5] Damiano DL, Abel MF. Relation of gait analysis to gross motor function in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1996;38:389–96.
- [6] Davis RB. Reflexions on clinical gait analysis. *Electromyogr Kinesiol* 1997;7:251–7.
- [7] Davis RB, Ounpuu S, Tyburski D, Gage JR. A gait analysis data collection and reduction technique. *Hum Movement Sci* 1991;10:575–87.
- [8] DeLuca PA. Gait analysis in the treatment of the ambulatory child with cerebral palsy. *Clin Orthop* 1991;64:65–75.
- [9] Drouin LM, Malouin F, Richards CL, Marcoux S. Correlation between gross motor function measure scores and gait spatiotemporal measures in children with neurological impairments. *Dev Med Child Neurol* 1996;38:1007–19.

- [10] Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York: John Wiley & Sons; 1986.
- [11] Gage JR, DeLuca PA, Renshaw TS. Gait analysis: principles and applications. *J Bone Joint Surg (Am)* 1995;77:1607–23.
- [12] Geurts ACH, Mulder T, Rijken RAJ, Nienhuis B. From the analysis of movement to the analysis of skills. Bridging the gap between laboratory and clinic. *J Rehabil Sci* 1990;3:102–5.
- [13] Goldberg MJ. Measuring outcomes in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1991;11:682–5.
- [14] Hainsworth F, Harrison MJ, Sheldon TA, Roussounis SH. A preliminary evaluation of ankle orthosis in the management of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997;39:243–7.
- [15] Harrison MA, Atkinson H, De Weerd W. Benesh movement notation. A tool to record observational assessment. *Int J Technol Assess Health Care* 1992;8:44–54.
- [16] Hillman SJ, Hazlewood ME, Loudon IR, Robb JE. Can transverse plane rotation be estimated from video tape gait analysis? *Gait Posture* 1998;8:87–90.
- [17] Hillman SJ, Hazlewood ME, Schwartz MH, van der Linden ML, Robb JE. Correlation of the Edinburgh Gait Score with the Gillette Gait Index, the Functional Assessment Questionnaire, and dimensionless speed. *J Pediatr Orthop* 2007;27(1):7–11.
- [18] Hughes KA, Bell F. Visual assessment of hemiplegic gait following stroke: pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75:1100–7.
- [19] Koman LA, Mooney JF, Smith BP, Goodman A, Mulvaney T. Management of spasticity in cerebral palsy with botulinum-A tox report of a preliminary randomized double-blind trial. *J Pediatr Orthop* 1994;14:299–303.
- [20] Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33:159–74.
- [21] Lord SE, Halligan PW, Wade DT. Visual gait analysis: the development of a clinical assessment and scale. *Clin Rehabil* 1998;12:107–19.
- [22] Maathuis KGB, van der Schans CP, van Iperen A, Rietman HS, Geertzen JHB. Gait in children with cerebral palsy. Observer reliability of Physician Rating Scale and Edinburgh Visual Gait Analysis Interval Testing Scale. *J Pediatr Orthop* 2005;25(3):268–72.
- [23] Messenger N, Bowker P. The role of gait analysis in clinical medicine: a survey of clinical centers. *Engl Med* 1987;16:221–7.
- [24] Morton R. New surgical interventions for cerebral palsy and the place of gait analysis. *Dev Med Child Neurol* 1999;41:424–8.
- [25] Olson EC. Methods of studying gait In: GL S, editor. *Gait in rehabilitation*. New York: Churchill Livingstone; 1990. p. 21–43.
- [26] Ong AM, Hillman SJ, Robb JE. Reliability and validity of the Edinburgh Visual Gait Score for cerebral palsy when used by inexperienced observers. *Gait Posture* 2008;28(2):323–6.
- [27] Perry J. *Gait analysis. Normal and pathological function*. Thorofare, New Jersey: SLACK Inc; 1992.
- [28] Piripis M, Ugoni A, Starr R, et al. The “Physician rating scale” – validity and reliability. *Gait Posture* 2001;13:293.
- [29] Read HS, Hazlewood ME, Hillman SJ, Prescott RJ, Robb JE. Edinburgh Visual Gait Score for use in cerebral palsy. *J Paediatr Orthop* 2003;23:296–301.
- [30] Robinson WS. The statistical measurement of agreement. *Am Sociol Rev* 1957;22:17–25.
- [31] Schemper M. Non-parametric partial association revisited. *Statistician* 1991;40(1):73.
- [32] Schutte LM, Narayanan U, Stout JL, Selber P, Gage JR, Schwartz MH. An index for quantifying deviations from normal gait. *Gait Posture* 2000;11(1):25–31.
- [33] Schwartz MH, Viehweger E, Stout J, Novacheck TF, Gage J. Multilevel treatment of ambulatory children with diplegia: an outcome analysis. *J Pediatr Orthop* 2004;24(1):45–53.
- [34] Shrout PE, Spitzer RL, Fleiss JL. Quantification of agreement in psychiatric diagnosis revisited. *Arch Gen Psychiatry* 1987;44:172–7.
- [35] Toro B, Nester C, Farren P. A review of observational gait assessment in clinical practice. *Physiother Pract* 2003;19:137–49.
- [36] Ubhi T, Bhakta BB, Ives HL, Allgar V, Roussounis SH. Randomised double blind placebo controlled trial of the effect of botulinum toxin on walking in cerebral palsy. *Arch Dis Child* 2000;83:481–7.
- [37] van Schie PEM, Vermeulen RJ, van Ouwkerk WJR, Kwakkel G, Becher JG. Selective dorsal rhizotomy in cerebral palsy to improve functional abilities: evaluation of criteria for selection. *Childs Nerv Syst* 2005;21:451–7.
- [38] Viehweger E, Robitail S, Rohon MA, et al. La qualité de vie chez les enfants atteints de paralysie cérébrale. *Ann Readapt Med Phys* 2008;51:119–28.
- [39] Winter DA. Concerning the scientific basis for the diagnosis of pathologic gait and for rehabilitation protocols. *Physiother Canada* 1985;37:245–52.
- [40] World Health Organisation. *International classification of functioning, disability and health (ICF)*. Geneva: Switzerland; 2001.
- [41] Zwick R. Another look at interrater agreement. *Psychol Bull* 1988;103:374–8.