



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/copyright>



Reçu le :
5 janvier 2010
Accepté le :
9 mai 2010
Disponible en ligne
1 juillet 2010

Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Intégration des outils d'analyse de la marche dans la démarche thérapeutique lors du suivi longitudinal du patient PC

Integration of gait analysis tools in the therapeutic approach during the longitudinal therapeutic follow-up of CP patients

A. Lucet^a, F. Mégrot^{b*}, D. Gouraud^a

^a Service médical, centre de médecine physique et de réadaptation pour enfants de Bois-Larris, avenue Jacqueline-Mallet, 60260 Lamorlaye, France

^b Unité clinique d'analyse de la marche et du mouvement, centre de médecine physique et de réadaptation pour enfants de Bois-Larris, avenue Jacqueline-Mallet, 60260 Lamorlaye, France

Summary

Introduction. The tools for evaluation in clinical gait analysis are numerous. To know and use them in adequacy with the clinical requirements in MPR might seem complex, but their use is actually invaluable for the follow-up of patients presenting a cerebral palsy (CP).

Objective. To describe the routine use of the tools of gait analysis within the framework of the longitudinal follow-up of young patients presenting a CP in rehabilitation centres.

Method. Presentation of the longitudinal follow-up of CP patients, and integration of the tools for gait analysis to this therapeutic step.

Results. Gait analysis of walking CP patients are an integral part of their treatment. At each stage, according to the patient's age and to suggested therapeutic objectives, modes of evaluation and tools vary. The elements brought by the quantified gait analysis have become an essential support for our clinical reflexion, and in addition, it constitutes an excellent vector of interdisciplinarity.

© 2010 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Cerebral palsy, Gait analysis, Rehabilitation

Résumé

Introduction. Les outils d'évaluation en analyse de la marche sont nombreux. Les connaître et les utiliser en adéquation avec les besoins cliniques en MPR peut paraître complexe, mais en réalité, leur utilisation est précieuse pour le suivi de patients présentant une paralysie cérébrale (PC).

Objectif. Décrire les possibilités d'utilisation en routine des outils d'analyse de la marche dans le cadre du suivi longitudinal de jeunes patients présentant une PC spastique et pris en charge en centre de rééducation.

Méthode. Présentation du suivi longitudinal du patient PC et intégration des outils d'analyse de la marche à cette démarche thérapeutique.

Résultats. L'analyse de la marche instrumentale des patients PC marchant fait partie intégrante de leur prise en charge (PEC). À chaque étape, en fonction de l'âge du patient et des objectifs thérapeutiques proposés, les modes d'évaluation et les outils utilisés varient. Les éléments apportés par l'analyse quantifiée de la marche (AQM) sont un support devenu indispensable à notre réflexion clinique et constituent, par ailleurs, un excellent vecteur de pluridisciplinarité.

© 2010 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Paralysie cérébrale, Analyse de la marche, Rééducation

Introduction

Au cours de leur prise en charge (PEC), qui débute dès le plus jeune âge en rééducation, les jeunes patients présentant une paralysie cérébrale (PC) marchant se voient proposer

* Auteur correspondant.
e-mail : ucamm.boislarris@wanadoo.fr

différents traitements afin d'améliorer ou de stabiliser leur façon de marcher.

La kinésithérapie, l'appareillage, les plâtres successifs, les injections de toxine botulique, la chirurgie et les traitements médicamenteux sont autant de moyens à notre disposition afin d'optimiser leur PEC.

Actuellement, il semble impossible de mettre en route un traitement sans en préciser l'indication, puis en évaluer l'efficacité. La réalisation de bilans cliniques et instrumentés systématiques pré- et post-thérapeutiques nous paraît indispensable.

De nouveaux outils d'analyse de la marche sont régulièrement proposés sur le marché et l'interprétation de leurs données est en perpétuelle évolution.

Il est important d'avoir à notre disposition des évaluations standardisées, reproductibles et facilement utilisables en routine. Nous avons choisi de décrire les différents outils d'évaluation instrumentale et leur intérêt en clinique dans un centre de rééducation, en illustrant nos propos par divers exemples.

Quand faire le premier examen et lequel choisir ?

Les patients présentant une PC infantile nous sont généralement adressés lorsqu'il est découvert des troubles de la marche ou une difficulté à l'acquisition de la marche.

Il est fréquent que ces enfants bénéficient déjà d'un suivi par une équipe pluridisciplinaire (neurologue, pédiatre, chirurgien, etc.), mais il s'agit parfois aussi de découvertes récentes. Dans ce cas, ils sont adressés soit par leur médecin généraliste, soit directement par leurs parents en consultation externe.

Les différents aspects de la PC sont évoqués en consultation : difficultés à la marche, troubles des apprentissages scolaires, troubles du champ visuel, labilité émotionnelle ou troubles urinaires. Dans cet article, seule sera évoquée la PEC des troubles de la marche.

Idéalement, l'enfant est vu une première fois en consultation spécialisée (CS) dès qu'il est découvert une spasticité ou un syndrome pyramidal. Ainsi, il sera plus aisé d'anticiper sur d'éventuels problèmes lors de l'acquisition de la marche.

Il est possible, par exemple, de proposer des séances de rééducation avant l'âge d'un an et de prévoir les premières injections de toxines dès l'âge de deux ans¹ [1].

Les examens pratiqués au laboratoire de marche sont toujours accompagnés d'un examen clinique.

La vidéo de marche

Dès qu'une station debout est possible, avec ou sans aide, il est intéressant de réaliser une vidéo, afin d'avoir des données de départ :

- examen dynamique : face + profil (+ si possible vue de dessus) ;
- examen statique : face et profil + podoscope.

La vidéo reste un excellent outil, réalisable pour une large population à la fois en termes d'âge et en termes de capacités de déambulation. Un ensemble de renseignements (aspect de la marche, répartition des appuis au sol en statique, etc.) est recueilli (fig. 1).

Une interprétation très systématique de la vidéo est nécessaire (et pour cela, l'utilisation d'une grille de lecture est conseillée).

Il est indispensable de regarder le patient dans son ensemble dans les différents plans fournis, à vitesse de marche confortable, puis au ralenti. Ensuite, sur un cycle de marche représentatif, des arrêts sur image sont pratiqués à chaque temps fort du cycle (fin d'oscillation/début d'appui, milieu d'appui, fin d'appui et milieu d'oscillation).

Les informations sont notées du bas vers le haut ou inversement sur une fiche de recueil afin de ne rien oublier.

Il existe des méthodes spécifiques d'analyse vidéo validées chez le patient PC, telles que : Physician Rating Scale, l'Observational Gait Scale ou l'Edinburgh Visual Gait Score [2-4].

L'analyse quantifiée de la marche simplifiée (AQMS)

Lorsqu'une marche (autonome ou non) est possible et que l'enfant est capable de marcher (avec ou sans orthèses) avec des aides techniques (cannes ou appui sur une tierce personne avec une seule main), il est alors possible de réaliser un passage sur une piste de marche électronique, synchronisé à une vidéo (avec ou sans électromyographie de surface).

Cet examen, coté PEQP002, associe aux enregistrements vidéo une analyse fine des paramètres spatiotemporels (PST). Les PST sont obtenus au moyen d'une piste de marche électronique, composée de plusieurs milliers de capteurs de pression et enregistre les contacts au sol (fig. 2). Les PST sont affichés avec comparaison à une base normale (par tranche d'âge), il est donc possible pour le thérapeute, en un coup d'œil, de voir si les paramètres sont dans la norme, symétriques et/ou soumis à une grande variabilité intercycle, voire inter-essai.

Ces paramètres nous renseignent sur la façon dont le patient organise globalement sa marche et met en évidence la nature du contrôle moteur mis en œuvre par le patient pour la réaliser.

Le profil de déambulation fonctionnelle (FAP score, créé par Nelson en 1974) est une note sur 100 permettant, d'un rapide coup d'œil, de jauger la qualité de la stabilité du patient lors de la marche (on emploie ici le terme de stabilité dans le sens où l'altération des paramètres recueillis, à savoir vitesse de marche, longueur du pas et largeur de la base de support, signe bien souvent les stratégies d'évitement de la chute). Cet indice, initialement développé pour les patients Parkinso-

¹Autorisation de mise sur le marché (AMM).



Figure 1. Illustration de l'ensemble des plans vidéo recueillis lors d'un examen d'analyse de la marche.



Figure 2. Piste de marche électronique GaitRite. Cette piste souple composée de plusieurs milliers de capteurs enregistre les pressions au cours de la marche.

niens, n'est pas aujourd'hui validé chez l'enfant, bien qu'il y ait un certain nombre de publications y faisant référence en pédiatrie [1]. Toutefois, son utilisation régulière en clinique nous donne de bonnes indications à la condition de comparer un enfant à lui-même (en pré- et post-thérapeutique, par exemple) et non pas à la population générale (même pédiatrique). Il est un bon indicateur du risque de chute lors de la marche lancée.

L'analyse quantifiée de la marche

L'analyse quantifiée de la marche (AQM) est un examen à part entière, qui a été introduit dans la classification commune des actes médicaux (CCAM) sous le code NKQP003 et associé à l'intitulé « analyse tridimensionnelle de la marche ». Techniquement réalisable chez les patients à partir de l'âge de quatre ans, l'AQM fournit quatre types de données, liées aux différents systèmes utilisés : données spatiotemporelles (piste de marche électronique) et cinématiques (capture du

mouvement optoélectronique), données cinétiques (plates-formes de force) et données électromyographiques (EMG de surface). Ces données sont complétées par une vidéo fonctionnelle de la marche (fig. 3).

Utilisé depuis plus de 20 ans, le développement de systèmes avancés de capture du mouvement a permis d'optimiser l'utilisation de l'analyse de la marche et d'étudier sa validité [5-7].

DeLuca et al. ont démontré l'intérêt de l'AQM dans la prise de décision chirurgicale [8]. Ils ont comparé les conclusions faites par les médecins après examen clinique et vidéographique, puis après AQM chez des patients atteints de PC. L'AQM a conduit les médecins à modifier totalement leurs indications chirurgicales avec une augmentation des indications pour les jumeaux (59 %), le droit antérieur (65 %) et une diminution pour les autres sites habituels, y compris les gestes osseux. L'amélioration diagnostique résultant de l'utilisation de cette analyse a également favorisé le développement du concept de chirurgie « multisite » en un temps qui consiste à réaliser jusqu'à quatre gestes chirurgicaux par membre, en une seule fois. Cette approche permet de diminuer l'impact psychologique des interventions multiples réalisées séparément, optimise les améliorations fonctionnelles et réduit le coût médical [8,9].

Outre le rôle d'aide à la décision, l'AQM constitue également un examen de référence pouvant être comparé à un autre examen ultérieur pour juger des modifications éventuelles de la marche. La littérature recense de nombreux exemples d'une telle application de l'analyse de la marche : évaluation des résultats d'un traitement (par exemple, après reconstruction du ligament croisé antérieur et chirurgie de la hanche), évaluation de l'alignement d'orthèses et de prothèses destinées aux membres inférieurs, marche appareillée et évaluation des risques de chutes [10-15]. Dans le cas des troubles spastiques, l'AQM permet de juger de l'efficacité d'une administration de toxine botulique dans des muscles spécifiques ou d'une injection intrathécale de Baclofen par pompe (spasticité diffuse).

Cet examen implique une collaboration suffisante du patient, l'examen étant assez long. Il doit pouvoir marcher en ligne droite, si possible sans attelles (la partie « Exemple 4 : AQM [cinématique et appareillage] » dans le chapitre « Les cas particuliers » ci-dessous) ni aide technique (cannes ou déambulateur) sur une distance d'environ 50 m.

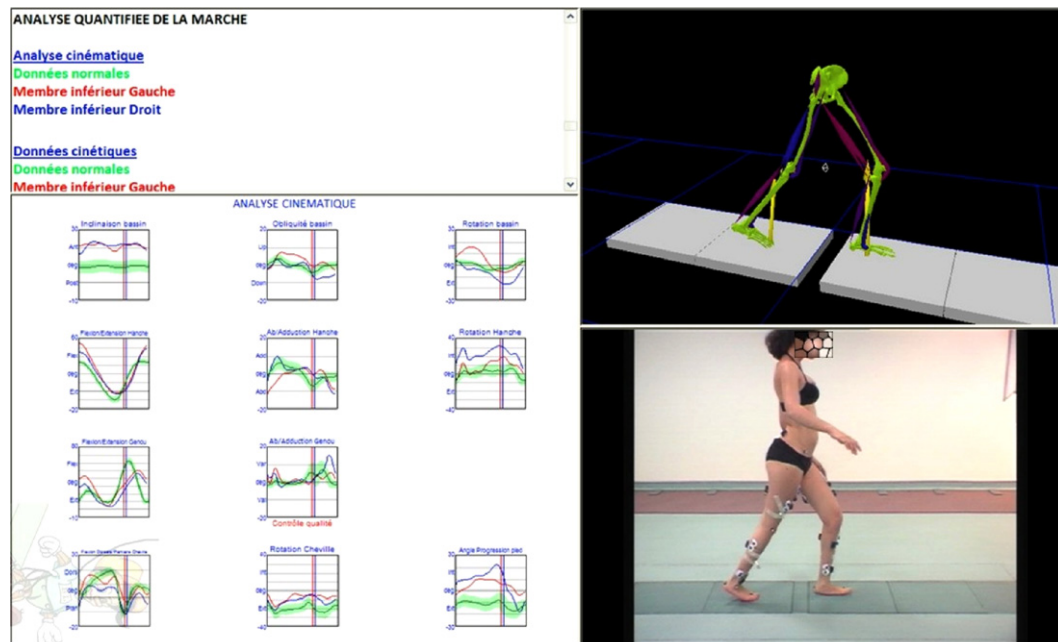


Figure 3. Une partie des données de l'AQM : cinématique, cinétique et vidéo.

Analyse de la marche et suivi longitudinal du patient PC

Au cours de sa vie, un patient PC bénéficie de différents passages au laboratoire de marche.

Dans la petite enfance, il s'agit généralement de vidéos de la marche puis, dès que possible, d'AQM. Par la suite, suivant les objectifs fixés, les examens peuvent aller de l'AQMS à AQM et sont généralement intégrés à des bilans.

Nous effectuons différents types de bilans en fonction des données que nous souhaitons évaluer. Par commodité, nous les appelons ici bilan de type 1, 2, 3 et 3 bis.

À l'issue de chaque bilan, un contrat d'objectif est passé entre l'équipe soignante, le patient et sa famille.

Les données recueillies au cours des bilans lors des AQM servent de support aux discussions pluridisciplinaires. Elles permettent également, au cours des explications données aux familles, de compléter et d'étayer l'examen clinique. Une partie des objectifs fixés peuvent être quantifiés grâce à l'AQM. Certains d'entre eux ont un sens direct pour les patients et leur famille comme, par exemple, une amélioration de la cinétique de la marche (ne plus attaquer le pas par l'avant-pied, mieux tendre les genoux en phase d'appui, etc.). D'autres nécessiteront d'être expliqués plus longuement : amélioration de l'organisation de la marche (à travers l'étude des PST), meilleurs appuis au sol (tapis d'analyse de la marche), optimisation de la capacité de propulsion (étude de la cinétique). Enfin, certains objectifs sont évalués plus particulièrement lors de l'examen clinique et de la consultation médicale : amélioration de l'autonomie, diminution de la

dépense énergétique, amélioration des amplitudes articulaires et de la spasticité.

C'est grâce à la synthèse des données regroupées lors des bilans que nous élaborons nos propositions thérapeutiques. Par la comparaison pré- et post-thérapeutique, une évaluation des résultats est réalisée et discutée avec le patient et sa famille.

D'autres types d'examens, moins coûteux en temps et en matériel (décrits ci-dessus) sont utilisés lors des bilans lorsque les critères que l'on décide d'étudier sont ciblés et restreints. En effet, il n'est pas toujours indispensable de disposer d'une AQM complète pour proposer une injection de toxine botulinique dans de bonnes conditions, ou d'en évaluer les résultats.

Les bilans sont effectués à l'identique en pré- et post-thérapeutique. Nous présentons ci-dessous les bilans réalisés en routine assortis d'exemples de PEC et de suivi.

Le bilan de type 1

Celui-ci comprend :

- une consultation médicale (examen clinique ciblé, évaluation de la douleur, information sur les thérapeutiques, classification Gillette et GMFCS²) ;
- une AQMS.

Ce bilan s'adresse aux patients déjà connus pour lesquels un traitement par toxine botulique est envisagé, lorsque nous imaginons toxiner peu de muscles. Il s'adresse également aux patients trop jeunes pour faire une AQM complète. Enfin, ce bilan est très utilisé pour valider un appareillage et lors de suivi de rééducation.

En effet, un bilan peut être l'occasion de constater que le traitement a bien amélioré ce que l'on souhaitait améliorer (exemple : toxiner les jumeaux facilite l'attaque du pas par le talon, et à l'examen clinique, on ne retrouve plus de spasticité lors de la flexion dorsale de cheville genoux tendus), mais peut aussi répondre à un autre type de question. La vidéo montre qu'un patient attaque mieux par le talon, mais la façon dont il organise sa marche n'a-t-elle pas été détériorée ? Cela est vérifiable en analysant les PST.

En appareillage, nous pouvons obtenir une réponse quant à la capacité d'une attelle à symétriser la marche d'un patient ou à diminuer le risque de chute. Par exemple, la proposition d'une attelle supépédieuse articulée postérieure chez un patient hémiplégique précédemment traité par toxine, puis plâtres successifs, peut montrer une symétrisation des PST. Par ailleurs, le patient peut paraître plus stable (la famille l'exprime clairement : « il tombe moins ») et le FAP score peut passer de 53 à 80 sur 100.

En rééducation, la participation du patient peut être optimisée par la visualisation de ses résultats, en fonction d'objectifs fixés au préalable.

Exemple d'objectifs de rééducation pour Julie, 15 ans : améliorer sa stabilité au cours de la marche (minimiser le risque de chute) et améliorer la qualité du contrôle de sa marche.

Après chirurgie multisite (chirurgie en un temps qui consiste à réaliser en moyenne jusqu'à quatre gestes chirurgicaux par membre inférieur), Julie est passée au laboratoire d'analyse de la marche tous les 15 jours au cours de sa rééducation, du troisième au sixième mois postopératoire. Ci-dessous, les PST à trois, six et 12 mois.

Les résultats de la *fig. 4*, du premier au troisième examen, montrent pour chaque paramètre une amélioration de la symétrie de la marche (gauche/droite) et un rapprochement des valeurs enregistrées de la norme. De même, on assiste à une diminution de la variabilité de la marche, ce qui signifie que Julie a considérablement amélioré le contrôle de sa marche puisque les cycles sont plus reproductibles. Dans le même temps, Julie se perçoit plus stable au cours de la marche lancée (confirmé par le FAP score qui passe de 50 à 92 sur 100).

Le bilan de type 2

Celui-ci comprend :

- une consultation médicale (examen clinique ciblé, évaluation de la douleur, information sur les thérapeutiques, Score de Gillette et GMFCS) ;
- un bilan en kinésithérapie (force/sélectivité, spasticité, amplitudes articulaires, Indice de dépense énergétique, EMFG) ;
- une AQMS.

Ce bilan s'adresse aux patients inconnus et connus, pour lesquels nous imaginons toxiner un nombre de muscles plus important (sans pour autant qu'une anesthésie en bloc opé-

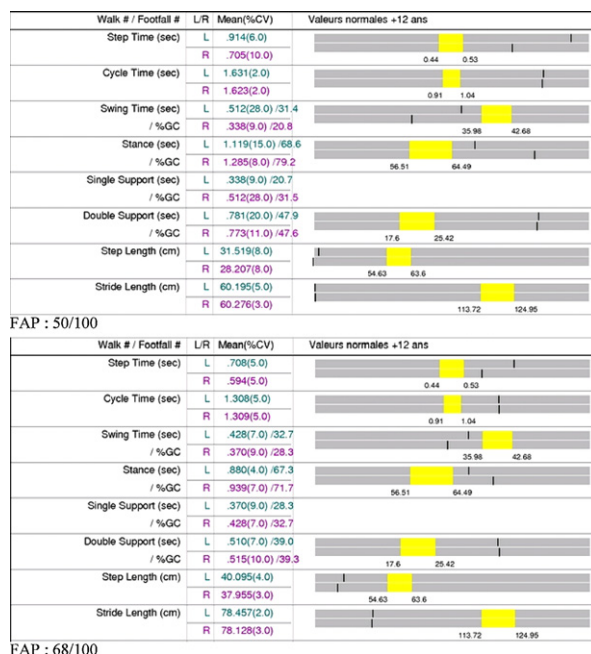


Figure 4. Comment lire ? Pour chaque paramètre composant les PST, la zone jaune représente la base normale (établie sur la base de patients de même âge que Julie). Les traits verticaux représentent les valeurs enregistrées (moyennes) du côté gauche et du côté droit. Les nombres entre parenthèses (colonne de gauche) indiquent la variabilité de la mesure (en pourcentage de variation).

ratoire soit nécessaire) ou aux patients dans l'incapacité de bénéficier d'une AQM.

Le bilan de type 3

Celui-ci comprend :

- une consultation médicale (examen clinique ciblé, évaluation de la douleur, information sur les thérapeutiques, classification Gillette et GMFCS) ;
- un bilan en kinésithérapie (force/sélectivité, spasticité, amplitudes articulaires, Indice de dépense énergétique, EMFG) ;
- une AQM.

Le bilan de type 3 est le plus complet. Il s'adresse aux patients devant bénéficier dans les six mois à venir d'une intervention multisite des membres inférieurs et d'injections de toxine multisite au bloc opératoire. Il s'adresse également aux patients inconnus faisant un premier bilan de marche et capables de bénéficier d'emblée d'une AQM.

Le bilan de type 3-bis

Celui-ci comprend :

- une consultation médicale (examen clinique ciblé, évaluation de la douleur, information sur les thérapeutiques, classification Gillette et GMFCS) ;
- une AQM.

Ce bilan s'adresse aux patients inconnus bénéficiant d'une PEC pluridisciplinaire et dont le bilan sera complété et discuté par l'équipe d'origine. Nous utilisons aussi cette forme de bilan en interne, puisque les patients sont « bilantés » en kinésithérapie et les parents régulièrement rencontrés en entretiens « famille ».

Étapes à retenir :

- bilan dans le cadre d'injections de toxine botulique :
 - prétoxine (AQMS ou AQM) maximum trois mois avant l'injection (si possible dans le mois précédent),
 - post-toxine (AQMS ou AQM) : entre 45 et 60 jours post-injection ;
- bilan dans le cadre de chirurgie multisite :
 - préchirurgical (AQM la plupart du temps) faite au maximum six mois avant l'intervention,
 - post-chirurgical :
 - vidéo à trois mois postopératoire (si l'enfant en est capable, on fait une AQMS). AQMS tous les mois si l'on dispose du matériel sur place : en suivi de rééducation ou lors du réglage d'attelles,
 - AQMS à six mois postopératoire (ou au moment de la sortie si l'enfant sort avant),
 - AQM à 12 mois et 18 mois postopératoire (sachant que lors de chirurgies osseuses et musculotendineuses, il est noté des différences non négligeables entre les deux AQM, ce qui est moins vrai lorsque la chirurgie est uniquement musculotendineuse),
 - consultation pluridisciplinaire (chirurgien, MPR, kiné, enfant, famille) afin d'évaluer les résultats à 14 mois postopératoire avec les résultats de l'AQM.

Les cas particuliers

Dans des cas bien précis, il est possible de ne demander qu'une partie d'un examen, à condition de définir, en collaboration avec l'ingénieur du laboratoire d'analyse de la marche, quelles sont les réponses attendues suite à l'examen.

Exemple 1 : test thérapeutique

Valentin présente une PC séquelle de détresse respiratoire néonatale. Il a bénéficié à l'âge de dix ans d'une intervention multisite des membres inférieurs. Avant son intervention, il a bénéficié d'une AQM qui a permis de préciser les choix des muscles ou os sur lesquels il fallait intervenir.

Une nouvelle AQM (N12) est pratiquée en post-thérapeutique, puis il est revu en CS pluridisciplinaire. La question qui se pose alors est la suivante : puisqu'il va falloir proposer l'ablation des plaques d'ostéosynthèse sans tarder et qu'il est noté un varus dynamique du pied droit en fin de phase oscillante, est-il possible de profiter du temps opératoire pour améliorer les choses à moindres frais pour le patient, d'autant plus que ses

parents disent qu'il chute beaucoup (environ dix fois/semaine) ?

- test effectué : injection de toxine botulique dans le muscle jambier postérieur du côté droit ;
- AQMS avant et après injection : le FAP score, nettement amélioré, passe de 55 à 89 sur 100. La stabilité a donc varié dans le bon sens. La famille nous confirme que le nombre de chutes est nettement moindre : environ une fois par semaine ;
- thérapeutique proposée : lors de l'ablation des plaques, allongement du jambier postérieur à droite ;
- un mois après intervention : le FAP est encore amélioré (94/100) et les parents signalent que Valentin ne chute plus (dans tous les cas, ils ne peuvent plus le chiffrer).

Par ailleurs, si l'on regarde les PST, on peut constater que le traitement proposé n'a pas désorganisé la marche.

Exemple 2 : évaluation pré- et post-toxine

Mélissa a aussi bénéficié d'une intervention multisite. Elle est suivie régulièrement en consultation et il semble qu'elle marche avec les genoux de plus en plus fléchis (constatation de la famille). Elle a tendance à attaquer le pas par l'avant-pied et à avoir un déficit de flexion de genoux en phase oscillante.

À l'examen clinique, on retrouve des chevilles aux mobilités correctes, mais les muscles jumeaux sont spastiques. Les muscles droits antérieurs sont spastiques et les ischiojambiers internes spastiques et rétractés.

La question posée est la suivante : est-il possible, en injectant de la toxine dans les muscles spastiques et en proposant ensuite une rééducation adaptée (utilisation d'attelles cruro-jambières de marche en alternance avec le travail de la flexion de genou en phase oscillante), d'améliorer l'extension du genou à l'attaque du pas et en milieu d'appui, mais aussi la flexion des genoux en phase oscillante ? Ainsi, Mélissa pourrait garder plus longtemps le bénéfice de l'intervention subie trois ans auparavant, malgré les effets de la croissance. Un bilan de type 1 a été réalisé en y ajoutant sur la vidéo un calcul d'angle de flexion/extension des genoux lors des phases de fin de phase oscillante/début d'appui, milieu d'appui et phase oscillante (fig. 5).

Lors de son bilan post-thérapeutique, il est effectivement noté une amélioration des amplitudes articulaires souhaitées au cours de la marche (fig. 5). Par ailleurs, l'étude des PST indique qu'il n'y a pas eu d'impact négatif sur l'organisation de sa marche.

Exemple 3 : Jonathan, question préthérapeutique

Jonathan attaque systématiquement le pas sur le bord externe du pied. Il est éventuellement question de lui proposer une intervention chirurgicale comprenant un transfert d'une partie de son jambier antérieur en dehors afin d'améliorer le prépositionnement de son pied en fin de phase oscillante. Il peut être intéressant de savoir si ce muscle

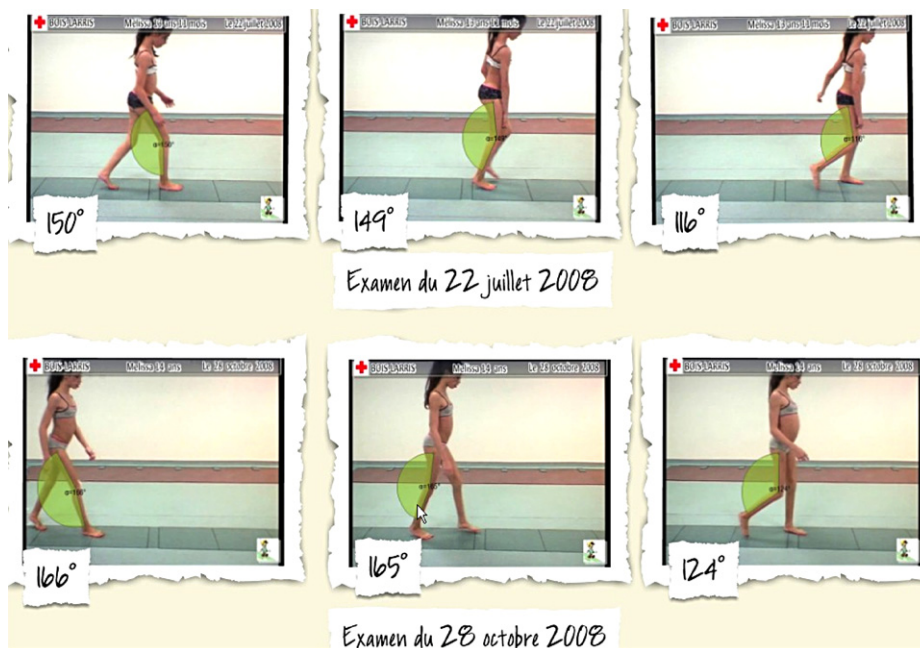


Figure 5. Angles de flexion/extension du genou droit pour Mélissa, calculés sur la base d'une vidéo dans le plan sagittal.

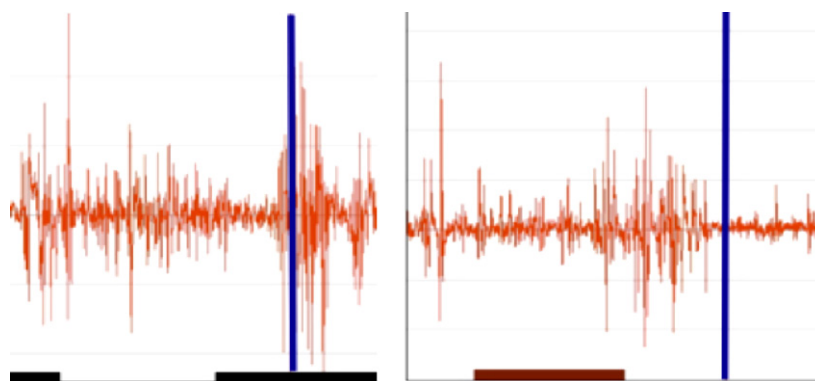


Figure 6. Signal électromyographique du jambier antérieur (graphique de gauche) et de triceps à droite (graphique de droite). Le signal affiché est rapporté au cycle de marche. Le début de courbe correspond au contact initial. La phase oscillante débute au trait vertical rouge. Le trait plein horizontal sur chaque graphique correspond au timing de contraction normal du muscle dans la marche asymptotique. L'analyse du signal montre que bien que le jambier antérieur ne se relâche pas en phase d'appui, le patron de contraction en phase oscillante est correct (biphasique) et associé à un relâchement suffisant du triceps au même moment.

possède un timing de contraction correct (contraction effective en fin de phase oscillante). En effet, transférer un demi-jambier antérieur, s'il ne se contracte pas de façon adéquate, pourrait entraîner un moins bon résultat. L'EMG du couple jambier antérieur/triceps est pratiqué pour Jonathan lors d'une AQMS de suivi (fig. 6).

Exemple 4 : AQM (cinématique et appareillage)

Il est possible d'utiliser la cinématique pour évaluer une attelle, avec tout de même quelques réserves. En effet, il est nécessaire de relativiser la comparaison des différentes

courbes. Si l'on voulait être précis, il faudrait recalculer le modèle biomécanique lors des passages successifs (avec et sans attelle), afin de compenser le déplacement des marqueurs repères. Il faudrait également inclure dans le modèle les propriétés mécaniques de l'attelle. L'enveloppe de la courbe est donc le principal élément à analyser (et non la valeur chiffrée de l'angle). Dans la figure 7, nous présentons l'exemple d'un enfant appareillé d'attelles ayant pour but d'éviter une avancée trop rapide du tibia en milieu d'appui (et marchant donc genoux fléchis sans attelle). Le bon choix correspond à la courbe verte, celle qui se rapproche le plus d'une courbe de flexion/extension de genou normale.

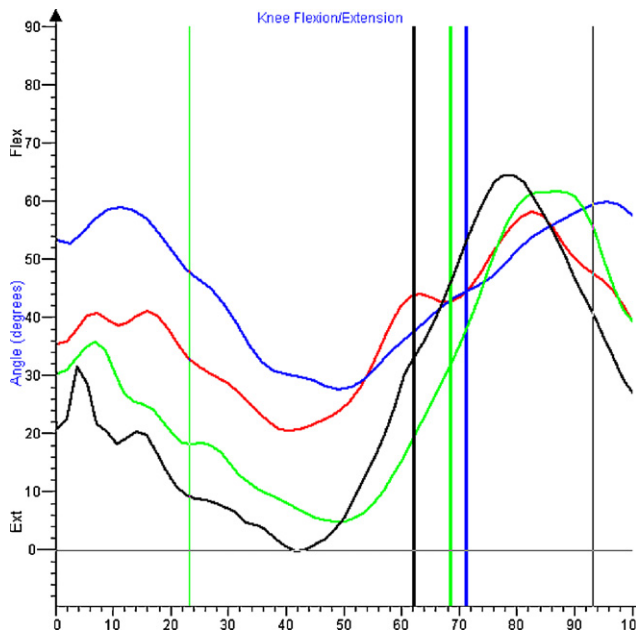


Figure 7. Courbe de flexion/extension de genou (plan sagittal) au cours du cycle de marche. En bleu : pieds nus ; en rouge : chaussé ; en vert : chaussé avec attelle ; en noir : chaussé avec attelle réglée pour repousser fortement le tibia vers l'arrière en milieu d'appui (dans le but d'augmenter l'extension de genou).

Remarque : il est intéressant de constater l'influence du port de la chaussure (sans attelle) sur le patron de courbe.

Conclusion

Pendant très longtemps, les analyses de la marche étaient prescrites uniquement par les chirurgiens afin d'optimiser les décisions thérapeutiques et d'effectuer des comparaisons pré- et post-chirurgicales.

C'est aujourd'hui un outil facilement utilisable en rééducation, avec de nombreuses indications. Il est important de bien connaître les différents outils à notre disposition afin de les utiliser à bon escient pour qu'ils remplissent pleinement leur rôle.

Si, lors de bilan préthérapeutiques, l'AQM est toujours un excellent support aux discussions pluridisciplinaires avec les chirurgiens et autres thérapeutes impliqués dans la PEC du patient PC marchant, elle est devenue indispensable au médecin MPR pour le suivi de rééducation et suivi longitudinal des patients, l'évaluation de l'appareillage, les tests diagnostics et les évaluations pré- et post-toxine.

L'analyse de la marche instrumentale des patients PC marchant fait partie intégrante de leur PEC. À chaque étape, en fonction de l'âge du patient et des objectifs thérapeutiques proposés, les modes d'évaluation et les outils utilisés varient. Les éléments apportés par l'AQM sont un support devenu indispensable à notre réflexion clinique et constituent, par ailleurs, un excellent vecteur de pluridisciplinarité.

Conflit d'intérêt

Aucun.

Remerciements

Dr. Ana Presedo.

Références

- [1] Nelson AJ. Functional ambulation profile. *Phys Ther* 1974;54: 1059–65.
- [2] Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997;39:214–23.
- [3] Russell D, Rosenbaum P, Cadmen D, et al. The gross motor function: a means to evaluate the effects of physical therapy. *Dev Med Child Neurol* 1989;31:341–52.
- [4] Girardot F, Bérard C. Apport de l'évaluation motrice fonctionnelle globale chez l'enfant infirme moteur cérébral. *Mot Cereb* 2005;26:139–46.
- [5] Gage JR. Gait analysis for decision making in cerebral palsy. *Bull Hosp Joint Dis* 1983;43:147–63.
- [6] Gage JR. Pre- and postoperative gait analysis in patient with spastic diplegia: a preliminary report. *JPO* 1984;7:15–25.
- [7] Sutherland DH, Davids JR. Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res* 1993;288:139–47.
- [8] DeLuca PA, Davis RB, Ounpuu S, Rose S, Sirkin R. Alterations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three dimensional gait analysis. *J Pediatr Orthop* 1997;17(5): 608–14.
- [9] Simon SR. Quantification of human motion: gait analysis – benefits and limitations to its application to clinical problems. *J Biomech* 2004;37:1869–80.
- [10] Knoll Z, Kiss RM, Kocsis L. Gait adaptation in ACL deficient patients before and after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *J Electromyogr Kinesiol* 2004;14(3):287–94.
- [11] Kyriazis V, Rigas C. Temporal gait analysis of hip osteoarthritic patients operated with cementless hip replacement. *Clin Biomech* 2002;17(4):318–21.
- [12] Johnson GR, Ferrarin M, Harrington M, Hermens H, Jonkers I, Mak P, et al. Performance specification for lower limb orthotic devices. *Clin Biomech* 2004;19(7):711–8.
- [13] Carlson WE, Vaughan CL, Damiano DL, Abel MF. Orthotic management of gait in spastic diplegia. *Am J Phys Med Rehabil* 1997;76(3):219–25.
- [14] Spaulding SJ, Livingston LA, Hartsell HD. The influence of external orthotic support on the adaptive gait characteristics of individuals with chronically unstable ankles. *Gait Posture* 2003;17(2):152–8.
- [15] Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol* 1994;49(2):72–84.

Pour en savoir plus

Penneçot GF. Marche pathologique de l'enfant paralysé cérébral : marche normale, analyse et compréhension des phénomènes pathologiques, traitement, évaluation. Montpellier: Sauramps Médical; 2009. Chapitre 5, p. 8–11.

Bérard C. La PC de l'enfant : guide de la consultation – Examen neuro-orthopédique du tronc et des membres inférieurs. Montpellier: Sauramps Médical; 2008. Chapitre 10.

Diméglio A, et al. La marche de l'enfant. Montpellier: Sauramps Médical; 2002.

Viel E. La marche humaine, la course et le saut. Paris: Masson; 1999.

Rapports de la Haute Autorité de santé (HAS) : analyse tridimensionnelle de la marche sur plate forme de force : http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_487447/analyse-tridimensionnelle-de-la-marche-sur-plate-forme-de-force et http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/synthese_analyse_tridimensionnelle.pdf ; analyse instru-

mentale de la cinématique de la marche (NKQP001) : http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_576204/kinematic-gait-analysis et http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/synthese_cinematique_de_la_marche.pdf ; analyse baropodométrie de la marche (NKQP002) : http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_576173/analyse-baropodométrie-de-la-marche?portal=c_63456 et http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/synthese_baropodométrie.pdf et http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_576173/baropodometric-gait-analysis.

Site Internet : <http://www.analysedelamarche.fr>.