

Étude et analyse de la marche de l'enfant âgé de 18 à 36 mois avec l'appareil « G-Walk » : quel intérêt en kinésithérapie ?

RÉSUMÉ | SUMMARY

Le but initial de cette recherche était d'étudier l'acquisition et d'analyser la marche de l'enfant âgé de 12 à 24 mois, avec l'appareil « G-Walk » dans son aspect spatio-temporel. L'instabilité posturale de l'enfant impossible à contrôler et la sensibilité de l'appareil d'enregistrement n'ont pas permis de procéder à cette étude. Le thème initial a été modifié et s'est appliqué aux spécificités de la marche et de ses évolutions chez des enfants plus âgés entre 18 et 36 mois.

The initial aim of this research was to study the acquisition and analysis of walking in children aged 12 to 24 months, with the «G-Walk» device in its spatial and temporal aspect. The child's uncontrollable postural instability and the sensitivity of the recording device did not allow this study to be carried out. The initial theme was modified and applied to the specificities of walking and its evolution in children between 18 and 36 months of age.

Robert NICAULT

Kinésithérapeute
Ostéopathe
Dourdan (91)

Tania CARGNELUTTI

Physiothérapeute
Ostéopathe
Udine (Italie)

Xavier DUFOUR

Thérapeute manuel
Direction de l'ITMP
Paris

MOTS CLÉS | KEYWORDS

► Analyse de la marche ► Kinésithérapie ► Pédiatrie

► Gait analysis ► Physiotherapy ► Paediatrics

Les études sur l'acquisition de la marche de l'enfant sont nombreuses, elles ont toutes fait appel à l'utilisation d'un matériel complexe, comportant des moyens d'études : piste de marche, plateforme de force d'enregistrement informatisée des contraintes d'appui, électromyogramme, caméras dans un environnement universitaire avec des moyens financiers à la hauteur du projet.

L'originalité de notre étude repose sur l'analyse de la marche de l'enfant entre 18 et 36 mois, avec l'utilisation de l'appareil « G-Walk » (société BTS) qui permet une analyse spatio-temporelle. La simplicité d'utilisation et la fiabilité permettent dans l'environnement professionnel d'un cabinet de kinésithérapie de réaliser une étude de la marche dans les conditions quotidiennes de son exercice et de pouvoir envisager en fonction des résultats une démarche thérapeutique.

L'étude de ces différentes étapes qui marquent l'évolution des acquisitions du déplacement de l'enfant est importante. En effet, les premiers pas témoignent de l'évolution neuromotrice de l'enfant et la date de leur réalisation est un repère important dans l'évaluation de ses compétences motrices (fig. 1, page suivante).

L'ACQUISITION DE LA MARCHÉ CHEZ L'ENFANT

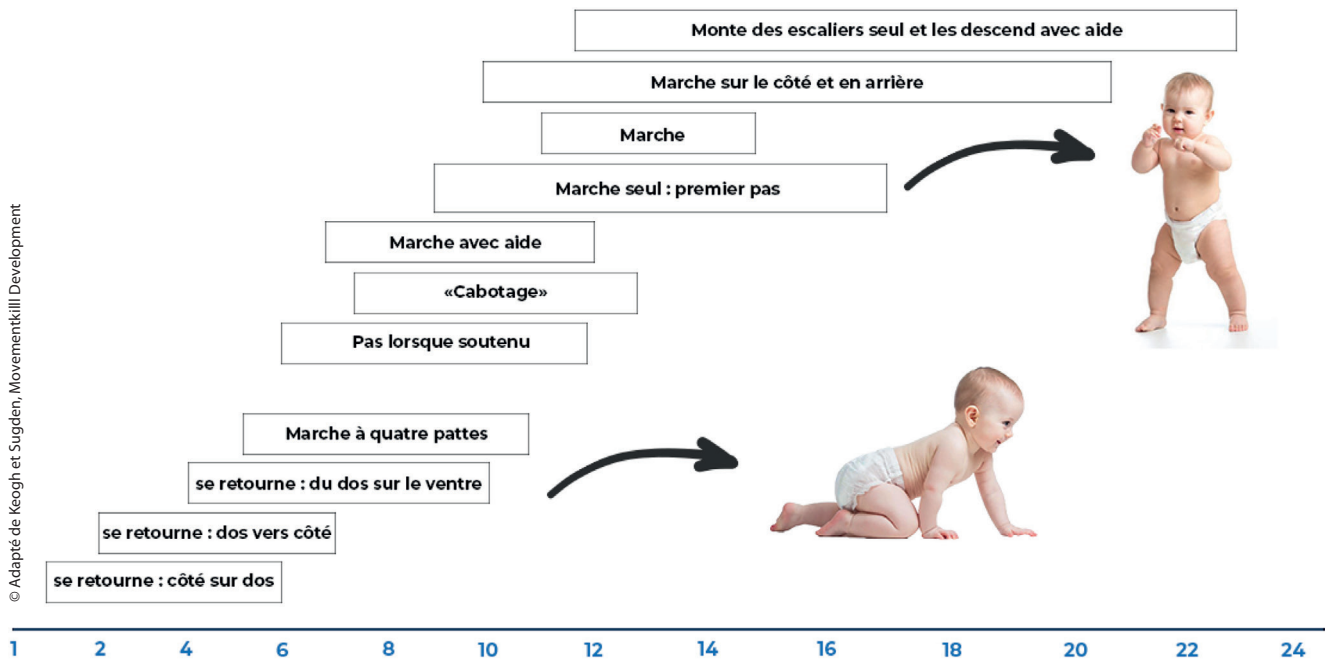
La bipédie qui caractérise l'homme n'est pas présente à la naissance. Son acquisition réclame environ 12 mois et marque une étape importante dans le développement postural et neuromoteur crânio-caudal de l'enfant, par séquences programmées (fig. 2, page suivante) : tenu de la tête, les retournements, la position assise et enfin la station debout. La stabilisation du bassin dans l'espace est un des facteurs déterminant qui prélude à la déambulation, suivi par le contrôle de la tête qui améliore l'équilibre, le tout influencé par l'environnement psychosocial. L'acquisition de la marche se traduit par l'entrée dans la vie sociale [Kermoian et Campos, 1988]. Des travaux récents tentent à démontrer que la marche automatique à la naissance initierait la futur marche autonome [1].

Entre 18 et 36 mois, les données morphologiques de l'enfant évoluent : taille, poids, longueurs des membres inférieurs. Ces données varient aussi pour des tranches d'âge identiques, ces modifications peuvent affecter l'équilibre postural de l'enfant et déterminer des morphotypes.

L'ensemble de ces paramètres font que la marche de l'enfant n'est pas identique à celle de l'adulte. Elle est tributaire de la maturation

Les auteurs déclarent ne pas avoir un intérêt avec un organisme privé industriel ou commercial en relation avec le sujet présenté

Étude et analyse de la marche de l'enfant âgé de 18 à 36 mois avec l'appareil « G-Walk » : quel intérêt en kinésithérapie ?



► Figure 1

Les changements observables dans la progression locomotrice vers la marche indépendante



► Figure 2

Les différents stades d'évolution motrice à partir de la position assise

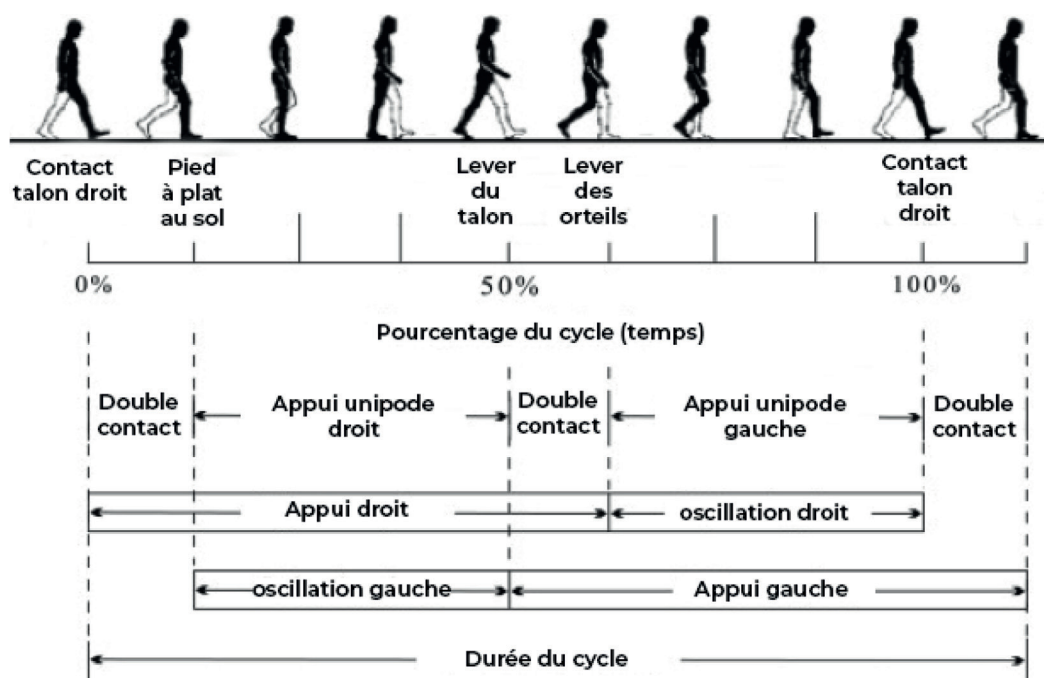
des différents systèmes neurologiques qui participent à sa réalisation, elle va évoluer avec eux. À partir de la commande encéphalique, les structures spinales, vestibulaires, oculaires, proprioceptives sont sollicitées et à côté des structures neurologiques impliquées dans l'acquisition de la marche et de son évolution. La force musculaire est un facteur déterminant [2].

D'après de nombreux travaux et en consultant la thèse de Nicolas Théveniau [3] sur « *L'étude et l'analyse de la période d'acquisition de la marche chez l'enfant* » (fig. 3), l'observation des données des paramètres spatio-temporels permet de découper l'apprentissage en différentes phases :

- ① elle débute avec les premiers mois et dure 3 mois, c'est celle de l'expérimentation de la posture et du mouvement.
- ② après 6 mois d'apprentissage, elle se caractérise par la pose du talon et l'apparition de la propulsion.
- ③ après 12 mois d'apprentissage, la marche plantigrade se substitue à la marche digiti-grade et l'acquisition de la stabilité de la tête.
- ④ cette phase, plus longue, est marquée par des améliorations des coordinations musculaires pour progressivement vers 6 ou 7 ans être comparable à celle de l'adulte.



© Shutterstock



► **Figure 3**

Les premiers pas marquent le début du déplacement vertical de l'enfant et son entrée dans une vie sociale élargie et c'est un moment unique pour les parents dont la date d'acquisition sera indélébile

► **Figure 4**

Les paramètres de marche
Les deux paramètres principaux qui caractérisent la marche sont son déroulement dans l'espace et dans le temps, d'après Viel

LES SÉQUENCES DE LA MARCHÉ

La marche est la combinaison, alternée des deux membres inférieurs, caractérisée par une succession des phases de double appui et d'appuis unipodaux, le corps restant en permanence en contact avec le sol.

La description du cycle de marche est codifiée sur le plan international, le cycle de marche complet comporte 2 phases de double appui correspondant à 20 % du cycle, une phase d'appui unipodal à 40 % du cycle et une phase oscillante à 40 % du cycle (fig. 4).

La longueur du pas est la distance en mètre de la progression vers l'avant du pied oscillant par rapport à l'autre.

La largeur du pas correspond à la distance entre l'axe de progression et la partie médiane du talon.

L'angle du pas, exprimé en degrés, est l'angle entre l'axe du pied et l'axe de progression.

Le temps peut être exprimé en secondes ou en pourcentages du cycle de marche ; la phase d'appui est la somme du double appui et de l'appui unipodal.

La mesure des variables spatio-temporelles étudie la longueur d'enjambée et ses variables : la symétrie du pas, la durée, la cadence, et la vitesse.

LE PROTOCOLE DE L'ÉTUDE

Pour pouvoir réaliser cette étude sur les plans administratif et matériel, une demande a été faite auprès de la mairie de Dourdan représentée par Madame le Maire, responsable de la petite enfance et, à ce titre, des deux crèches de la communauté de communes Dourdan et Saint-Chéron. L'adhésion et la participation actives du personnel qui accueille les enfants et qui les connaît bien ont permis la réalisation de cette étude qui n'aurait pas été possible sans eux.

L'obtention de l'autorisation parentale suite aux explications données et le protocole de recherche nous ont permis de réaliser concrètement notre projet.

Une étude chez l'enfant tout petit n'est en rien comparable à une étude chez l'adulte. Les contraintes, les aléas sont nombreux et tiennent à la fois à la diversité des caractères des enfants, aux changements de comportement de l'enfant, à la compréhension des consignes et des explications sur ce que l'on attend de lui. Il est important de développer son intérêt pour en faire un acteur de l'expérience... et, sur ce plan, l'intérêt marqué par les enfants a été remarquable et riche en échanges quand ils ont découverts les enregistrements de leur test de marche.

Étude et analyse de la marche de l'enfant âgé de 18 à 36 mois avec l'appareil « G-Walk » : quel intérêt en kinésithérapie ?



► Figure 5

L'appareil « G-Walk » [société BTS Bioengineering]

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les enfants

C'est à partir des éléments enregistrés dans la fiche « Formulaire de renseignements et sélection des enfants » qu'ils ont été inclus dans l'étude : la prématurité et les remarques particulières quant à la santé de l'enfant collationnées auprès des parents étaient des facteurs d'exclusion.

Douze enfants ont été sélectionnés (filles et garçons). Leur nombre demeure faible en raison des refus exprimés par les parents, du refus de certains enfants lors du test et, enfin, des critères d'inclusion et d'exclusion. Les enfants de l'étude ont commencé à marcher en moyenne à 14 mois.

Critères d'inclusion

- Enfants
- Non prématurés
- Agés entre 18 et 36 mois
- Sans anomalie neurologique
- Sans trouble de la marche
- Capable de comprendre les consignes pour la réalisation du test
- Avoir le consentement écrit des parents

Critères d'exclusion

- La prématurité
- Âge en dehors des limites retenues (18 à 36 mois)
- Acquisition tardive de la marche (après 18 mois)
- Présence de troubles de la marche
- Présence de troubles de la statique
- Absence de l'obtention du consentement écrit des parents

Protocole expérimental

Les enfants devaient faire une marche autonome de 3 mètres sur le sol sans chaussure, ni vêtement trop serré, une personne se trouvant à l'extrémité de la distance de marche. L'enregistrement était déclenché au départ et interrompu à l'arrêt de la marche. Une nouvelle tentative était réalisée si la première ne répondait pas aux critères sélectionnés.

Les partenaires de l'étude

Le matériel utilisé est l'appareil « G-Walk » (fig. 5) de la société BTS Bioengineering qui présente les caractéristiques suivantes :

- dimensions : 70 x 4 x 18 cm ;
- poids : 37 grammes ;
- nombres de plateformes inertielles : 4 ;
- technologie GPS : précision position 2,5 m jusqu'à 5 Hz ou 3,0 jusqu'à 10 Hz. Batterie rechargeable *via* USB autonomie 8 heures ;
- connectivité : bluetooth 3,0 classe 1,5, portée jusqu'à 60. Mémoire flash interne 256MB. En mode Fusion Sensor j, 8 heures enregistrement de données en mode continu ;
- LED de statut : ON/OFF/recharge ;
- fréquence : accéléromètre de 4 à 1 000 Hz ;
- gyroscope : de 4 à 8 000 Hz ;
- magnétomètre : jusqu'à 100 Hz ;
- récepteur GPS : jusqu'à 10 Hz ;
- Sensor Fusion : 200 Hz.

Un ordinateur équipé au minimum de Windows 7 et d'une connexion Wi-Fi.

■ Le groupe Elite médicale PromoKiné et l'ITMP

La centrale inertielle « G-Walk » utilisée pour les mesures de cette étude a été fournie par Elite Médicale PromoKiné Expert en diagnostic et rééducation et importateur exclusif.

Un exemple de fiche d'enregistrement est téléchargeable sur le site www.ks-mag.com.

Cette étude se déroule avec l'Institut de thérapie manuelle et physiothérapie de Paris (ITMP), dont le Co-LAB (premier laboratoire de recherche collaboratif en kinésithérapie) permet de promouvoir la recherche en participant à des programmes scientifiques. ITMP a pour objectif de former les kinésithérapeutes sur la validation des pratiques, en s'appuyant sur les avancées de la science, sur l'EBP et les données de la recherche.

■ Préparation de l'enfant

Après avoir expliqué à l'enfant ce que l'on attend de lui, les différents paramètres (taille, poids, mensurations des membres inférieurs : fig. 6) sont enregistrés. Le « G-Walk » est fixé au sacrum. Un temps d'habituation à la présence de l'appareil d'enregistrement est nécessaire avant que l'enfant soit prêt à participer au test.

DÉROULEMENT DU TEST

Le test s'est déroulé de la façon suivante avec la participation du personnel de la crèche : une personne pour assurer la réalisation des conditions de départ (en particulier s'assurer que l'enfant avait bien compris la consigne de ne pas courir), une personne de la crèche assurant l'accueil de l'enfant après la marche et une personne pour l'enregistrement des paramètres de marche. Une deuxième tentative était réalisée si les conditions du test ne correspondaient aux critères sélectionnés.

■ Rapport du test de marche

Le rapport d'analyse de la marche est divisé en 3 parties :

The image shows a screenshot of a software interface for adding a new patient. The title bar reads 'Ajout d'un nouveau patient...'. The form is titled 'Données personnelles' and includes the following fields: 'Code personnel', 'Prénom', 'Nom', 'Date naissance' (with a dropdown for day/month/year), 'Poids' (with a 'Kg' unit), 'Taille' (with a 'cm' unit), 'Sexe' (with a dropdown for 'M' and 'F'), 'Pointure' (with a dropdown for 'Europe'), 'Pathologie' (with a dropdown and a plus icon), and 'Notes'. To the right of the form is a diagram of a human figure with measurement lines. The 'Taille' measurement is from the top of the head to the floor. 'Jambe D' and 'Jambe G' measurements are from the floor to the top of the leg. Below the diagram, it says 'Données par défaut (0.53 x Taille)'. A vertical copyright notice on the right edge reads '© ORIGINE DE L'IMAGE'.

► Figure 6

Notation des différents paramètres

- ① L'indice de qualité et les étapes du cycle de marche
- ② Les paramètres spatio-temporels de la marche
- ③ La symétrie et la propulsion

Les résultats sont produits dans un classeur Excel relevant l'ensemble des données. Nous avons procédé à des classifications et des tris pour essayer de déterminer des paramètres déterminants de la marche des enfants.

Nous avons retenu les critères suivants :

- âge de l'enfant : + de 30 mois, -30 mois ;
- durée d'acquisition de la marche : + de 16 mois, -16 mois ;
- taille de l'enfant : + de 95 cm, -95 cm ;
- longueur des membres inférieurs : + de 48 cm, -48 cm ;
- poids de l'enfant : +15 kg, -15 kg.

En fonction de chacun de ces critères, nous avons procédé au calcul des moyennes des paramètres suivants :

- angles pelviens droit et gauche, tilt, obliquité et rotation du bassin ;

Étude et analyse de la marche de l'enfant âgé de 18 à 36 mois avec l'appareil « G-Walk » : quel intérêt en kinésithérapie ?

► **Tableau I**

Résultats sur les enfants de plus de 30 mois

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
90,4	96,3	84	6,2	6,8
99,5	94,2	94,7	8,1	7
87,4	91,5	95,8	11,1	11,1
91,8	93,6	73,4	5,3	5,2
96,5	92,5	90,9	9,7	7,4
88,1	94,8	69,9	5,2	5,9
92,2833333	93,8166667	84,7833333	7,6	7,2333333

Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
69	5,6	4,7	92,8	3,3	4,7	57,6	8,5	10,1
53,8	3,6	4,5	96	4,7	5,2	99	11,5	12,7
72,4	3,4	4,9	97	8	9,2	98,5	11,8	10,9
10,4	3,7	7,3	85	5	4,3	1,9	21,4	22,1
27,2	7,4	13,2	78,8	4	5,7	93,5	13,9	15,3
34,8	27,6	23,8	22,8	1,6	2,3	38,3	44,2	29,2
44,6	8,55	9,7333333	78,7333333	4,4333333	5,2333333	64,8	18,55	16,7166667

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
122	0,69	48,51	51,59
119	1,28	35,13	64,87
153	1	52,41	47,59
134	1,22	46,83	53,17
113	0,68	49,53	50,47
122	1,5	51,54	48,46
127,166667	1,06166667	47,325	52,6916667

– indice de qualité gauche et droit, indice de symétrie, propulsion gauche et droit.

Ces résultats en fonction de l'âge des enfants figurent sur les tableaux I et II et sur la figure 7.

ANALYSE PAR RAPPORT À L'ÂGE DES ENFANTS

La différence de l'indice de qualité entre le pas gauche et le pas droit est de 2 % entre les enfants de plus de 30 mois et les enfants de moins de 30 mois. Il varie donc peu entre les deux tranches d'âge.

L'indice de symétrie est en faveur des enfants de moins de 30 mois (différence 2,09 %).

La cadence est plus rapide chez les enfants de moins de 30 mois (ceci semble cohérent par rapport à la maturité de l'enfant) et dans une moindre proportion la vitesse 1,05 %.

Les deux catégories d'enfants montrent une asymétrie de longueur de pas entre le gauche et le droit, toujours plus long. Le différentiel est de 5,36 % chez les plus de 30 mois et un peu plus élevé (6,72 %) chez les moins de 30 mois.

PÉRIODE DE L'ACQUISITION DE LA MARCHÉ

Les résultats figurent sur les tableaux III et IV et sur la figure 8.

► **Tableau II**

Résultats sur les enfants de moins de 30 mois

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
88,6	83,1	81,3	7,3	10,6
89,8	97,9	97	8	7,8
88,5	87,6	77,3	4,1	7,8
96,4	95,9	91,9	9,3	6,4
90,825	91,125	86,875	7,175	8,15

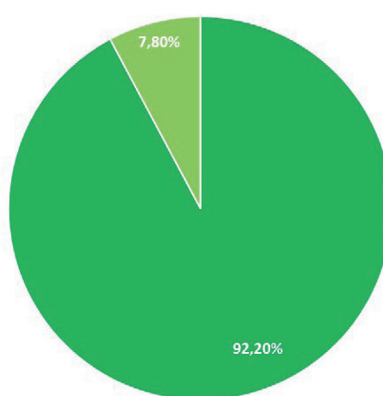
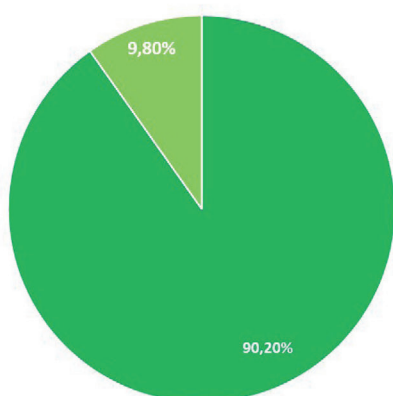
Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
25	11,3	8,7	81,6	12	9,6	90,4	26,9	25,9
51,9	5,3	4,4	97,7	3,9	4,1	98,9	14,4	13,7
79	5,2	4,3	68,6	3,1	2,9	89,2	12,6	13,5
35,7	11,2	8,3	34,3	1,7	2	13,5	19,4	20,3
47,9	8,25	6,425	70,55	5,175	4,65	73	18,325	18,35

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
165	1,01	55,29	44,7
141	1,64	26,73	73,27
116	0,61	52,26	47,74
144	1,45	52,26	47,74
141,5	1,1775	46,635	53,3625

ÂGE **QUALITÉ KG**

< 30 mois

> 30 mois



Âge	Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
> 30 mois	44,6	8,8	9,7	78,7	4,4	5,2	64,8	18,3	16,7
< 30 mois	47,9	8,2	6,4	70,5	5,1	4,6	73	18,3	18,3

► **Figure 7**

Comparaison des paramètres en fonction de l'âge supérieur ou inférieur à 30 mois

Étude et analyse de la marche de l'enfant âgé de 18 à 36 mois avec l'appareil « G-Walk » : quel intérêt en kinésithérapie ?

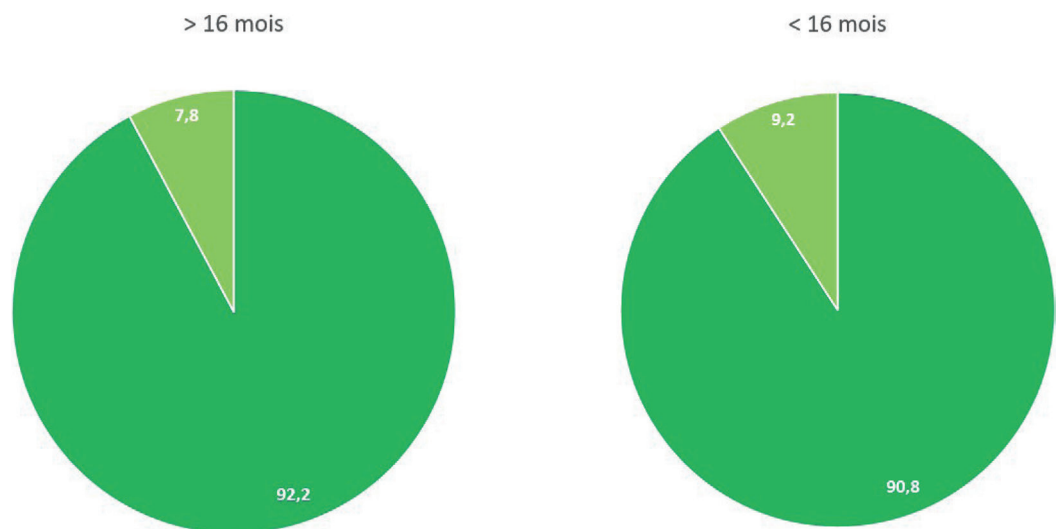
► **Tableau III**

Résultats en fonction de la période d'acquisition de la marche : plus de 16 mois

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
99,5	94,2	94,7	8,1	7
87,4	91,5	95,8	11,1	11,1
91,8	93,6	73,4	5,3	5,2
96,5	92,5	90,9	9,7	7,4
88,1	94,8	69,9	5,2	5,9
92,66	93,32	84,94	7,88	7,32

Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
53,8	3,6	4,5	96	4,7	5,2	99	11,5	12,7
72,4	3,4	4,9	97	8	9,2	98,5	11,8	10,9
10,4	3,7	7,3	85	5	4,3	1,9	21,4	22,1
27,2	7,4	13,2	78,8	4	5,7	93,5	13,9	15,3
34,8	27,6	23,8	22,8	1,6	2,3	38,3	44,2	29,2
39,72	9,14	10,74	95,92	4,66	5,34	66,24	20,56	18,04

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
119	1,28	35,13	64,87
153	1	52,41	47,59
134	1,22	46,83	53,17
113	0,68	49,53	50,47
122	1,5	51,54	48,46
128,2	1,136	47,088	52,912



Âge	Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
> 16 mois	44,6	8,5	9,7	78	4,4	5,2	64,8	18,5	16,7
< 16 mois	47,9	8,2	6,4	70	5,1	4,6	73	18,3	18,3

► **Figure 8**

Comparaison des paramètres de marche en fonction de la durée d'acquisition de la marche

► **Tableau IV**

Résultats en fonction de la période d'acquisition de la marche : moins de 16 mois

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
88,6	83,1	81,3	7,3	10,6
89,8	97,9	97	8	7,8
88,5	87,6	77,3	4,1	7,8
96,4	95,9	91,9	9,3	6,4
10,825	91,125	86,875	7,175	8,15

Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
25	11,3	8,7	81,6	12	9,6	90,4	26,9	25,9
51,9	5,3	4,4	97,7	3,9	4,1	98,9	14,4	13,7
79	5,2	4,3	68,6	3,1	2,9	89,2	12,6	13,5
35,7	11,2	8,3	34,3	1,7	2	13,5	19,4	20,3
47,9	8,25	6,425	70,55	5,175	4,65	73	18,325	18,35

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
165	1,01	55,29	44,7
141	1,64	26,73	73,27
116	0,61	52,26	47,74
144	1,45	52,26	47,74
141,5	1,1775	46,635	53,3625

ANALYSE EN FONCTION DE LA DURÉE DE L'ACQUISITION DE LA MARCHÉ

Le différentiel de l'indice de qualité de la marche pour le pas gauche est de 1,84 % entre les deux groupes. Il n'est donc pas significatif, de même pour le pas droit ou le différentiel est de 2,2 %.

L'analyse de la cadence montre dans le groupe des moins de 16 mois une cadence plus élevée (différentiel 13,2). Pour la vitesse, la différence (0,04) est non significative.

Il existe une asymétrie de la longueur du pas chez tous les enfants entre le pas gauche et le pas droit qui est toujours plus long. Il est de + 5,9 pour les enfants du groupe de plus de 16 mois et de + 6,4 pour les enfants du groupe de moins de 16 mois d'acquisition de la marche.

TAILLE DE L'ENFANT

Les résultats en fonction de la taille de l'enfant figurent sur les tableaux V et VI et sur la figure 9 (page suivante).

ANALYSE DES PARAMÈTRES DE MARCHÉ PAR RAPPORT À LA TAILLE

L'analyse de la qualité de la marche entre le pas gauche et le pas droit est excellent avec un différentiel de 0,86 % chez les enfants de plus de 95 cm alors que chez les enfants de 3 % de moins de 95 cm ce différentiel nettement plus élevé à 3 %.

L'indice de symétrie est de 1,6 entre les deux tailles des enfants et n'est donc pas significatif. Les indices de propulsion sont pratiquement identiques dans les deux cas.

On retrouve une cadence plus rapide dans le groupe des enfants de 95 cm avec une différence sur 11 pas, une vitesse plus rapide avec une différence de 0,3 m/s.

On retrouve dans les deux groupes d'enfant une prévalence en longueur de pas du membre inférieur droit avec un différentiel de 5,53 pour le groupe des plus de 95 cm et de 6,29 pour le groupe de moins de 95 cm.

Étude et analyse de la marche de l'enfant âgé de 18 à 36 mois avec l'appareil « G-Walk » : quel intérêt en kinésithérapie ?

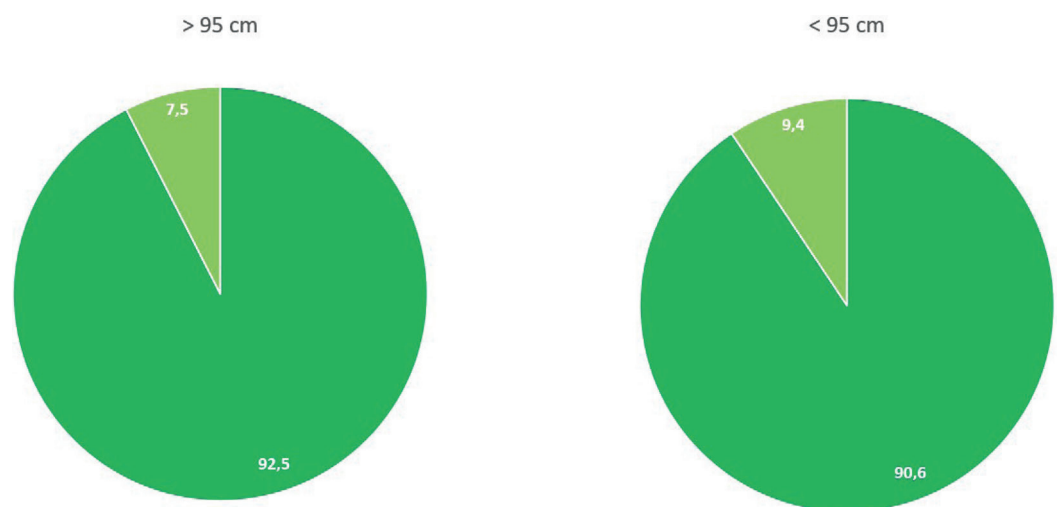
► **Tableau V**

Résultats en fonction de la taille de l'enfant : plus de 95 cm

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
99,5	94,2	94,7	8,1	7
88,5	87,6	77,3	4,1	7,8
87,4	91,5	95,8	11,1	11,1
91,8	93,6	73,4	5,3	5,2
96,5	92,5	90,9	9,7	7,4
92,74	91,88	86,42	7,66	7,7

Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
53,8	3,6	4,5	96	4,7	5,2	99	11,5	12,7
79	5,2	4,3	68,6	3,1	2,9	89,2	12,6	13,5
72,4	3,4	4,9	97	8	9,2	98,5	11,8	10,9
10,4	3,7	7,3	85	5	4,3	1,9	21,4	22,1
27,2	7,4	13,2	78,8	4	5,7	93,5	13,9	15,3
48,56	4,56	6,84	85,08	4,96	5,46	76,42	14,24	14,9

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
119	1,28	35,13	64,87
116	0,61	52,26	47,74
153	1	52,41	47,59
135	1,22	46,83	53,17
113	0,68	49,53	50,47
127	0,958	47,232	52,768



Âge	Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
> 95 cm	48,5	4,6	8,5	85	4,9	5,4	76,4	14,2	14,9
< 95 cm	43,2	12,2	9,9	65	4,5	4,5	59,7	22,6	19,8

► **Figure 9**

Comparaison des paramètres de marche en fonction de la taille des enfants

► Tableau VI

Résultats en fonction de la taille de l'enfant : moins de 95 cm

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
88,6	83,1	81,3	7,3	10,6
90,4	96,3	84	6,2	6,8
89,8	97,9	97	8	7,8
96,4	95,9	91,9	9,3	6,4
88,1	94,8	69,9	5,2	5,9
90,66	93,6	84,82	7,2	7,5

Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
25	11,3	8,7	81,6	12	9,6	90,4	26,9	25,9
69	5,6	4,7	92,8	3,3	4,7	57,6	8,5	10,1
51,9	5,3	4,4	97,7	3,9	4,1	98,9	14,4	13,7
35,7	11,2	8,3	34,3	1,7	2	13,5	19,4	20,3
34,8	27,6	23,8	22,8	1,6	2,3	38,3	44,2	29,2
43,28	12,2	9,98	65,84	4,5	4,54	59,74	22,68	19,84

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
165	10,01	55,29	44,7
122	0,69	48,51	51,59
141	1,64	26,73	73,27
144	1,45	52,26	47,74
122	1,5	51,54	48,46
138,8	1,258	46,866	53,152

LONGUEUR DES MEMBRES INFÉRIEURS

Les résultats en fonction de la longueur des membres inférieurs figurent sur les tableaux VII et VIII et sur la figure 10 (page suivante).

ANALYSE PAR RAPPORT À LA LONGUEUR DES MEMBRES INFÉRIEURS

La longueur des membres inférieurs n'affecte pas les différents paramètres de la qualité de la marche, symétrie, propulsion. Les enregistrements sont très voisins chez les deux groupes d'enfants.

La cadence du groupe de moins de 48 cm de longueur des membres inférieurs ont une cadence (+ 14,2) une vitesse plus rapide (0,5 m/s).

La différence de longueur des pas gauche et droit est peu significative avec des différentiels

de 0,57 pour le pas droit et 0,55 pour le pas gauche.

On retrouve, ce qui apparaît comme une constante, une longueur plus importante du pas droit quel que soit la longueur des membres inférieurs chez les plus de 48 cm. La différence est + 5,96 et pour les moins de 48 cm de + 7,08.

POIDS DE L'ENFANT

Les résultats en fonction du poids de l'enfant figurent sur les tableaux IX et X et sur la figure 11 (page 28).

ANALYSE DE LA MARCHÉ PAR RAPPORT AU POIDS

L'indice de qualité de la marche est meilleur chez les enfants de moins de 15 kg 4,7 % pour le pas gauche et 4,6 % pour le droit. L'indice

Étude et analyse de la marche de l'enfant âgé de 18 à 36 mois avec l'appareil « G-Walk » : quel intérêt en kinésithérapie ?

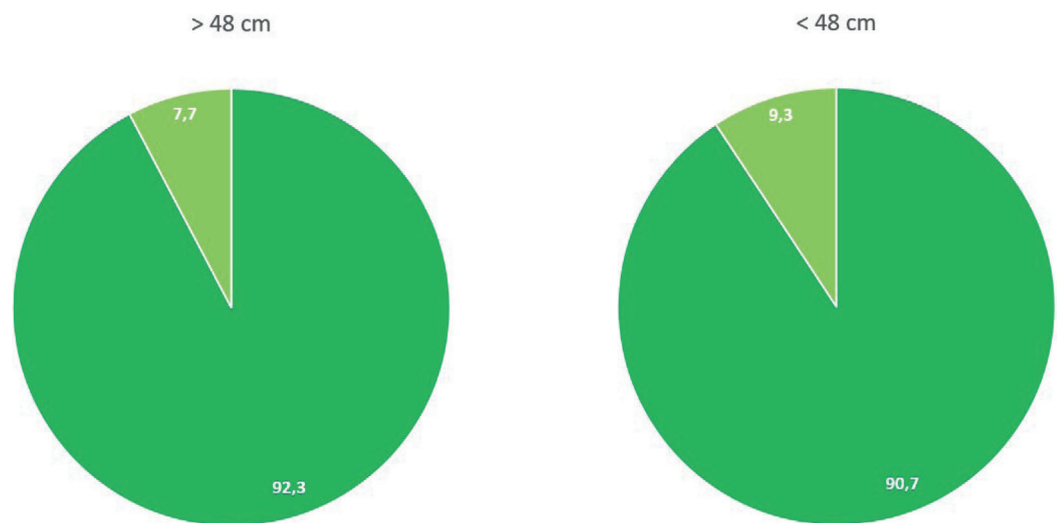
► **Tableau VII**

Résultats en fonction de la longueur des membres inférieurs : plus de 48 cm

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
90,4	96,3	84	6,2	6,8
99,5	94,2	94,7	8,1	7
88,5	87,6	77,3	4,1	7,8
87,4	91,5	95,8	11,1	11,1
91,8	93,6	73,4	5,3	5,2
91,52	92,64	85,04	6,96	7,58

Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
69	5,6	4,7	92,8	3,3	4,7	57,6	8,5	10,1
53,8	3,6	4,5	96	4,7	5,2	99	11,5	12,7
79	5,2	4,3	68,6	3,1	2,9	89,2	12,6	13,5
72,4	3,4	4,9	97	8	9,2	98,5	11,8	10,9
10,4	3,7	7,3	85	5	4,3	1,9	21,4	22,1
56,92	4,3	5,14	87,88	4,82	5,26	69,24	13,16	13,86

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
122	0,69	48,51	51,59
119	1,28	35,13	64,87
116	0,61	52,26	47,74
153	1	52,41	47,59
134	1,22	46,83	53,17
128,8	0,96	47,028	52,992



Âge	Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
> 48 cm	51,9	4,8	6,4	86	4,6	5,3	73,2	13,2	14,1
< 48 cm	36,8	13,8	11,3	59	4,8	4,5	60,2	26,2	22,2

► **Figure 10**

Comparaison des paramètres de marche en fonction de la longueur des membres inférieurs

► **Tableau VIII**

Résultats en fonction de la longueur des membres inférieurs : moins de 48 cm

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
88,6	83,1	81,3	7,3	10,6
89,8	97,9	97	8	7,8
96,4	95,9	91,9	9,3	6,4
88,1	94,8	69,9	5,2	5,9
90,725	92,925	85,025	7,45	7,675

Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
25	11,3	8,7	81,6	12	9,6	90,4	26,9	25,9
51,9	5,3	4,4	97,7	3,9	4,1	98,9	14,4	13,7
35,7	11,2	8,3	34,3	1,7	2	13,5	19,4	20,3
34,8	27,6	23,8	22,8	1,6	2,3	38,3	44,2	29,2
36,85	13,85	11,3	59,1	4,8	4,5	60,275	26,225	22,275

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
165	10,01	55,29	44,7
141	1,64	26,73	73,27
144	1,45	52,26	47,74
122	1,5	51,54	48,46
143	1,4	46,455	53,5425

de symétrie est aussi en faveur des enfants de moins de 15 kg avec un différentiel de 6,5. Les autres paramètres sont peu significatifs avec des différentiels de 1,2 et 1,3.

La cadence est un peu plus élevée chez les plus de 15 kg (différentiel 10,2), alors que vitesse est un peu plus élevée chez les moins de 15 kg (0,41 m/s). On retrouve une inégalité dans longueur des pas avec pour la première fois chez les plus de 15 kg le pas gauche plus long que le droit (différentiel 0,8).

RÉFLEXIONS GÉNÉRALES

Les différents paramètres pris en compte entre les enfants de plus de 30 mois, plus de 16 mois d'acquisition de la marche, de plus de 95 cm de taille, de plus de 48 cm de longueur de membres inférieurs et de plus de 15 kg de poids, ne donnent pas à la lecture du tableau représentant les moyennes de différences significatives avec les autres groupes quant à l'indice

de qualité des pas gauche et droit, de la symétrie et des propulsions gauche et droite.

La moyenne supérieure à 90 % de l'indice de qualité indique une marche bien équilibrée dans les deux familles de sélection.

LES LIMITES DE L'ÉTUDE

Le nombre limité d'enfants ne permet pas de conclusions définitives. Il est possible, en reprenant pour chaque enfant les enregistrements de ses paramètres de marche de constater qu'un enfant présente des performances inférieures à la moyenne générale dans l'ensemble des paramètres et justifie donc une surveillance. L'examen clinique de la marche des enfants n'a pas permis, de détecter chez cet enfant des capacités inférieures à l'ensemble de la cohorte. C'est tout l'intérêt du « G-Walk » de permettre de détecter, de surveiller et éventuellement de permettre dans les meilleurs délais si nécessaire une action thérapeutique.

Étude et analyse de la marche de l'enfant âgé de 18 à 36 mois avec l'appareil « G-Walk » : quel intérêt en kinésithérapie ?

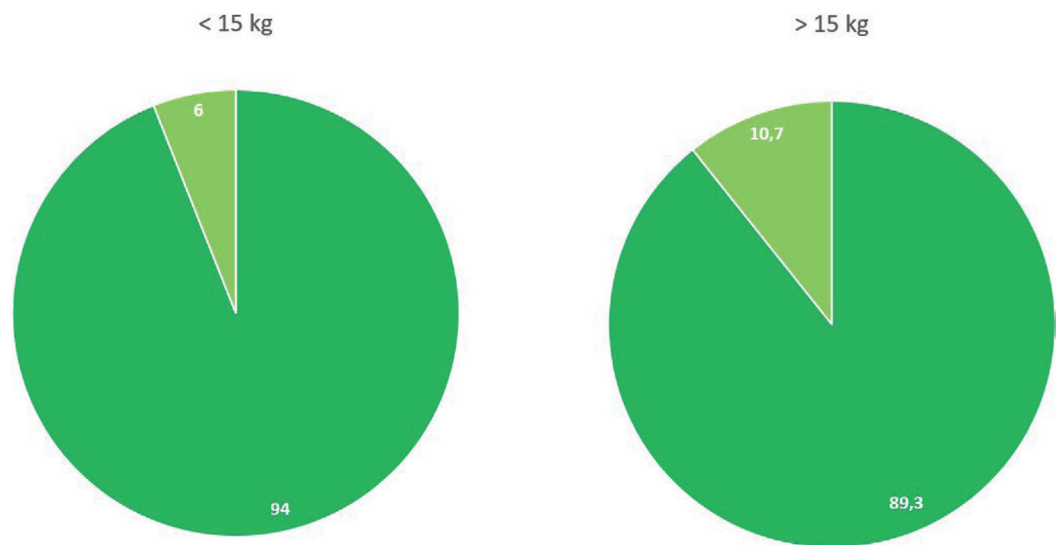
► **Tableau IX**

Résultats en fonction du poids de l'enfant : plus de 15 kg

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
88,6	83,1	81,3	7,3	10,6
90,4	96,3	84	6,2	6,8
88,5	87,6	77,3	4,1	7,8
87,4	91,5	95,8	11,1	11,1
91,8	93,6	93,4	5,3	5,2
89,34	90,42	82,36	6,8	8,3

Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
25	11,3	8,7	81,6	12	9,6	90,4	26,9	25,9
69	5,6	4,7	92,8	3,3	4,7	57,6	8,5	10,1
79	5,2	4,3	68,6	3,1	2,9	89,2	12,6	13,5
72,4	3,4	4,9	97	8	9,2	98,5	11,8	10,9
10,4	3,7	7,3	85	5	4,3	1,9	21,4	22,1
51,16	5,84	5,98	85	6,28	6,14	67,52	16,24	16,5

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
165	10,01	55,29	44,7
122	0,69	48,51	51,59
116	0,61	52,26	47,74
153	1	52,41	47,59
134	1,22	46,83	53,17
138	0,906	51,06	48,958



Âge	Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
> 15 kg	51,5	5,8	5,9	85	6,2	6,1	67,5	16,2	16,5
< 15 kg	40,6	11	10,8	65,9	3,1	3,8	68,6	20,6	18,2

► **Figure 11**

Comparaison des paramètres de marche en fonction du poids de l'enfant

► **Tableau X**

Résultats en fonction du poids de l'enfant : moins de 15 kg

K G (%)	K D (%)	Symétrie	Propulsion G	Propulsion D
99,5	94,2	94,7	8,1	7
89,8	97,9	97	8	7,8
96,4	95,9	91,9	9,3	6,4
96,5	92,5	90,9	9,7	7,4
88,1	94,8	69,9	5,2	5,9
94,06	95,06	88,88	8,06	6,9

Tilt	Tilt G	Tilt D	Obliquité	Obliquité G	Obliquité D	Rotation	Rotation G	Rotation D
53,8	3,6	4,5	96	4,7	5,2	99	11,5	12,7
51,9	5,3	4,4	97,7	3,9	4,1	98,9	14,4	13,7
35,7	11,2	8,3	34,3	1,7	2	13,5	19,4	20,3
27,2	7,4	13,2	78,8	4	5,7	93,5	13,9	15,3
34,8	27,6	23,8	22,8	1,6	2,3	38,3	44,2	29,2
40,68	11,02	10,84	65,92	3,18	3,86	68,64	20,68	18,24

Cadence	Vitesse	Longueur G	Longueur D
119	1,28	35,13	64,87
141	1,64	26,73	73,27
144	1,45	52,26	47,74
113	0,68	49,53	50,47
122	1,5	51,54	48,46
127,8	1,31	43,038	56,962

LES PERSPECTIVES

Le « G-Walk » allie la simplicité d'utilisation, permettant en quelques minutes de recueillir des données de grandes précisions, avec une analyse immédiate. Bien expliqué à l'enfant, ce dernier devient acteur du test.

C'est un outil adapté à l'activité libérale et en pédiatrie par son aspect ludique. Cependant, sa sensibilité ne permet pas son utilisation lors de l'acquisition des premiers pas.

En outre, il permet d'étudier les angles pelviens et leurs variations dans la marche, cette possibilité n'a pas fait l'objet d'une analyse dans cette étude, malgré son intérêt quand on sait le rôle du contrôle du bassin dans l'acquisition de la marche chez l'enfant.

Enfin, une nouvelle étude avec un panel plus important d'enfants permettrait de répondre aux interrogations que suscite toute étude.

SYNTHÈSE

L'étude met en évidence une cadence et une vitesse plus rapide chez les enfants plus petits, avec une acquisition de la marche plus récente et des membres inférieurs plus courts, à l'exception du poids, mais on ne saurait négliger l'effet de la maturité de l'enfant sur ces deux paramètres (tab. XI, pages suivante). ✖



Exemple de fiche d'enregistrement téléchargeable pour impression sur notre site www.ks-mag.com

Étude et analyse de la marche de l'enfant âgé de 18 à 36 mois avec l'appareil « G-Walk » : quel intérêt en kinésithérapie ?

► **Tableau XI**

Synthèse des analyses de la marche

	Cadence	Vitesse	Gauche	Droite
Âge de l'enfant				
+ 30 mois	127	1,06	47,3	52,6
- 30 mois	141	1,17	46,6	53,3
Durée d'acquisition de la marche				
+ 16 mois	128	1,13	47,0	52,9
- 16 mois	141	1,17	46,6	53,3
Taille de l'enfant				
+ 95 cm	127	0,9	47,2	52,7
- 95 cm	138	1,25	46,8	53,1
Longueur des membres inférieurs				
+ 48 cm	128	0,96	47	52,9
- 48 cm	143	1,4	46,4	53,5
Poids de l'enfant				
+ 15 kg	138	0,9	51	48,9
- 15 kg	127,8	1,3	43,0	56,9



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Lacquaniti F, Grasso R, Zago M. Motor patterns in walking. *New Physio Sci* 1999;14:168-74.
- [2] Sutherland DH. The evolution of clinical gait analysis. Part II: Kinetics and surgey assessment. *Gait Posture* 2005;21(4):447-61
- [3] Théveniau N. *Étude et analyse de la période d'acquisition de la marche chez l'enfant. Apports des neurosciences cognitives et comportementales* [Thèse - Université de Grenoble, 2013].

Pour en savoir plus :

- Assaiante C. La construction des stratégies d'équilibre chez l'enfant au cours des activités posturocinétiques. *Ann Readapt Med Phys* 1998;41: 239-42.
- Bril B, Brenière. Les débuts de la marche autonome chez l'enfant. *J Pediatr Puericul* 1994;1.
- Hallemans A, de Clercq et al. Changes i3D joint dynamics during the first 5 months after the onset of independent walking: A longitudinal follow study. *Gait Posture* 2006;24(3):270-9.
- Rivière J, Bril B. Le développement psychomoteur du jeune enfant. Idées neuves et approches actuelles. In: *La genèse des premiers pas*, 2000 : 53-83.
- van Hamme A. *La marche de l'enfant : évolution de la marche pieds nus et étude comparative de l'influence des éléments de conception de la chaussure* [Thèse de Biomécanique - Université de Lyon, 2014].
- Viel E et coll. *La marche humaine, la course, le saut : exploration, normes et dysfonctionnements*. Paris : Éditions Masson, 2000.