

Analyse du mouvement dans un contexte clinique

S. Armand, A. Bonnefoy, Y. Sagawa, K. Turcot

- La compréhension du mouvement humain normal et pathologique est un sujet complexe qui fascine et qui demeure un enjeu majeur pour la santé.
- Notre vie est établie autour du mouvement. Nous réalisons chaque jour autour de 10 000 pas et 60 levers de chaise. La réalisation de ces mouvements permet de garder l'indépendance et une bonne qualité de vie.
- La vitesse de marche est même considérée comme un signe vital.
- Le mouvement nécessite l'intégrité du système neuro-musculo-squelettique (figure 1.1). En effet, les systèmes proprioceptif, visuel, vestibulaire donnent les informations nécessaires aux systèmes nerveux central et périphérique qui transmettent la commande aux muscles lesquels vont s'activer pour déplacer les segments autour des articulations afin de créer un mouvement. Étant donné le nombre de systèmes impliqués dans la réalisation du mouvement, la compréhension fine de ce dernier est complexe.
- Si un élément de ces systèmes est altéré, le mouvement souhaité ne pourra pas être effectué ou sera effectué avec difficulté et/ou avec douleur. Selon l'atteinte, le rôle du clinicien sera alors de permettre, de restaurer ou de sauvegarder un mouvement efficace et sans douleur. Avant d'établir la stratégie thérapeutique, le clinicien devra comprendre l'origine des troubles du mouvement. Devant la complexité du mouvement et de ses troubles, il pourra faire appel à un modèle « intégratif » comme la Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF) qui permettra de définir les différents éléments altérés du mouvement et ainsi aider à comprendre les troubles du mouvement et le handicap créé par ses troubles (figure 1.2).
- Une partie de l'examen clinique en orthopédie consiste à évaluer le mouvement du patient et ses troubles éventuels lors de la marche ou d'autres activités de la vie quotidienne.
- Le mouvement peut être analysé de différentes manières, à l'œil nu ou à l'aide de divers instruments de mesures plus au moins précis. Si en clinique il existe un consensus sur la nécessité d'analyser le mouvement, la manière dont il va être enregistré dépendra de divers facteurs : de l'instrumentation, de la précision de la mesure, du temps disponible, des moyens à disposition, de l'expertise du clinicien ou de l'équipe thérapeutique et enfin des possibilités du patient.

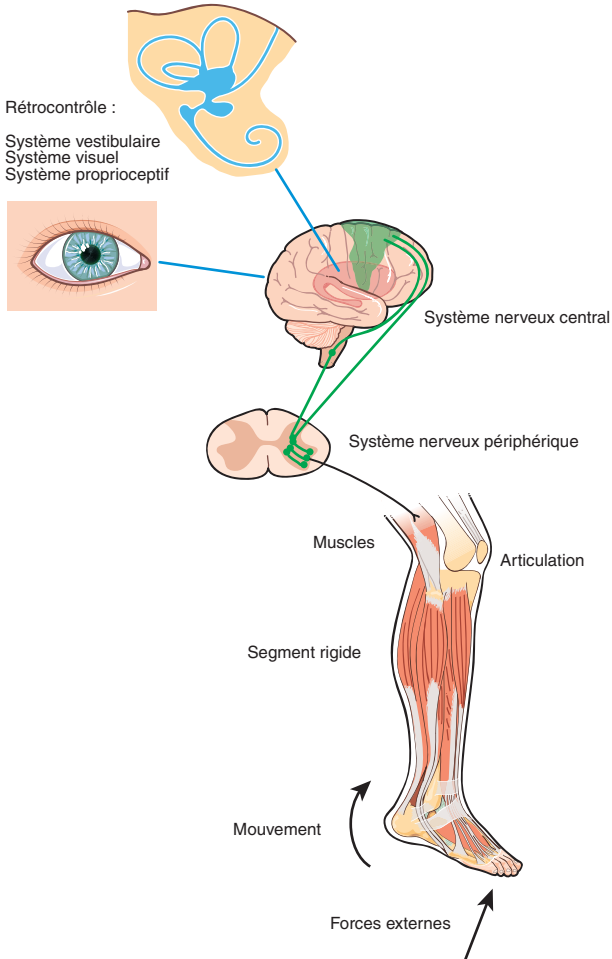
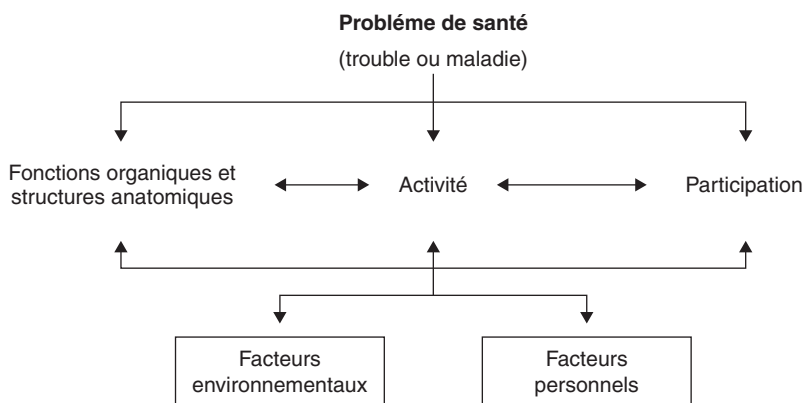


Figure 1.1
Systèmes impliqués dans la réalisation d'un mouvement.

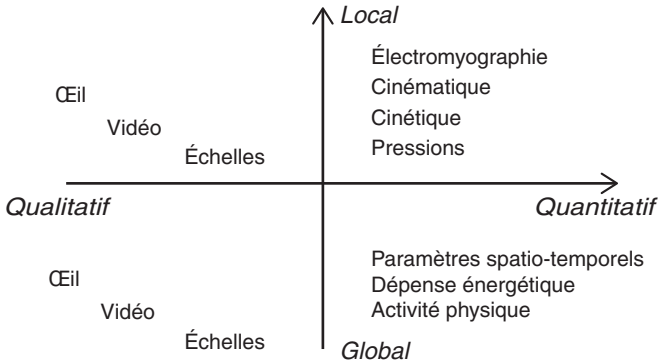
De nombreux outils permettent de définir les problèmes au niveau des structures (évaluation clinique, imagerie, etc.). Cependant, pour comprendre les troubles du mouvement, l'aspect statique de ces structures n'est pas suffisant, il est nécessaire de considérer leurs aspects dynamiques. Il faudra tout d'abord caractériser du mieux possible les troubles observés.

- L'œil est le premier outil utilisé par l'homme pour identifier ces troubles. Il est cependant limité dans la vitesse de traitement (perception inférieure à 10 Hz), la mémorisation et dans la possibilité d'observer plusieurs articulations et plusieurs plans (sagittal, frontal, transversal) en même temps.

**Figure 1.2**

Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF) définie par l'OMS (Organisation mondiale de la santé).

- L'enregistrement vidéo permet de pallier certaines de ces limitations et offre la possibilité de revoir le mouvement autant de fois que l'on souhaite à une vitesse de lecture choisie (ralentie).
- L'œil ou la vidéo vont également permettre aux cliniciens d'obtenir les informations nécessaires pour remplir des échelles/questionnaires qui guideront leurs analyses.
- La mesure précise du mouvement nécessite des outils de quantification qui peuvent être classés selon le type d'élément évalué : les événements temporels et/ou spatiaux du mouvement, le mouvement lui-même, les forces mises en jeu, l'activité musculaire, la dépense énergétique ou encore l'activité physique globale (figure 1.3).
- Les événements temporels et/ou spatiaux du mouvement appelés paramètres spatio-temporels correspondent aux variables en lien avec la distance et le temps nécessaires pour réaliser un mouvement ou une tâche motrice. Les outils de mesure vont du simple chronomètre jusqu'au tapis instrumenté.
- Le mouvement segmentaire ou articulaire est généralement mesuré à partir de systèmes d'analyse du mouvement où des marqueurs sont positionnés sur des repères anatomiques spécifiques.
- Le mouvement peut également être quantifié par des goniomètres ou des capteurs inertiels, notamment lorsqu'une mesure ambulatoire (hors du laboratoire) est privilégiée.
- Les forces et moments articulaires, qui sont à l'origine du mouvement, sont quantifiés à partir de plateformes de force ou de dynamomètres.
- L'activité musculaire qui déclenche la contraction musculaire nécessaire au mouvement est mesurée par électromyographie (de surface ou interne).

**Figure 1.3**

Les différents outils d'analyse du mouvement.

- Il est également possible de mesurer d'autres éléments plus globaux comme la dépense énergétique ou l'activité physique d'une personne à partir d'outils spécifiques.

Ces différents outils de mesure permettent d'obtenir une grande quantité de données pour caractériser précisément le mouvement étudié. La mise en relation de ces données entre elles et avec d'autres données médicales (anamnèse du patient, examen clinique, imagerie) permettra de mieux comprendre le mouvement observé. Dans un contexte clinique, cette exploration fine du mouvement permet d'identifier et de comprendre les altérations et mène à une optimisation de la prise en charge thérapeutique.

Les sections suivantes présenteront les différents outils et données disponibles pour analyser le mouvement humain. Une emphase particulière sera mise sur l'analyse de la marche qui, pour l'instant, est le seul examen du mouvement standardisé et reconnu par les tutelles de santé. Au terme de ce chapitre, le lecteur sera convaincu que l'analyse quantifiée du mouvement doit être intégrée dans le processus de prise en charge du patient ayant des troubles du mouvement.

Observation du mouvement

Outils subjectifs

- Les outils subjectifs normalement composés de questionnaires, d'échelles de cotation visuelle ou d'entretiens sont très répandus en clinique, principalement grâce à leur facilité d'application.
- Ces outils permettent entre autres d'estimer le ressenti des patients sur, par exemple, leur confort, leur douleur, ou leur fonctionnalité.
- Ces outils peuvent être spécifiques à une pathologie, à une tâche (la marche) ou encore à une fonction.

- Il existe un nombre très important d'échelles synthétisées dans la littérature. Les cliniciens doivent utiliser des questionnaires et échelles validés dans la langue d'usage afin d'assurer la bonne compréhension de l'instrument utilisé.
- Le questionnaire de qualité de vie, l'échelle visuelle analogique (EVA) de la douleur et le *Western Ontario and McMaster universities arthritis index* (WOMAC) en sont quelques exemples.

Analyse vidéo

- L'analyse vidéo est devenue pratiquement indispensable pour l'évaluation du mouvement dans le domaine clinique. Contrairement à l'œil nu et aux questionnaires, l'analyse vidéo permet de fixer un repère visuel du mouvement à un moment donné. L'enregistrement vidéo est un élément de comparaison au cours du temps qui permet d'apprécier l'évolution des anomalies ou encore l'effet d'une thérapie.
- L'analyse vidéo du mouvement nécessite cependant quelques attentions, principalement en ce qui concerne la standardisation des prises de vues lors des enregistrements. Les caméras peuvent par exemple être fixées sur des trépieds dans un espace prédéfini pour évaluer la station debout ou la marche dans le plan sagittal (côté droit/atteint et gauche/sain) et frontal (face et dos) permettant d'éviter des prises de vues incorrectes (exemple : faux profils). À l'aide des systèmes de zoom disponibles, il est possible de cibler une articulation spécifique lors du mouvement.
- De nos jours, plusieurs caméras permettent d'enregistrer des vidéos à différentes fréquences d'acquisition (de 24 à plus de 1 000 images par seconde) facilitant l'analyse de mouvements rapides (course, saut) ou l'analyse d'événements précis comme lors de l'attaque du pas pendant la marche.
- L'enregistrement vidéo permet de visionner un nombre illimité de fois le mouvement étudié et permet également des arrêts sur image, des ralentis, facilitant son analyse. Par exemple, il est possible lors de la marche d'avoir une appréciation dans le plan sagittal de : la longueur du pas, l'inclinaison du bassin, la flexion et l'extension de la hanche, du genou et de la cheville. Dans le plan frontal, il est aussi possible d'observer l'angle de progression du pas.
- Si la zone d'enregistrement a été standardisée, il est facile de déterminer quelques angles articulaires à l'aide de logiciels spécifiques de traitement d'images (figure 1.4A) ou la superposition du même mouvement lors de différentes visites (figure 1.4B). Par ailleurs, l'estimation de ces angles permet d'avoir une meilleure reproductibilité interobservateur qu'avec l'utilisation des seules vidéos.
- Pour conclure sur l'observation du mouvement, la vidéo a un rôle majeur pour l'analyse du mouvement dans le domaine clinique. L'appréciation du mouvement reste toutefois subjective malgré la possibilité de quantifier la vitesse le long d'un parcours, de compter le nombre de pas manuellement ou de mesurer les angles articulaires pour quelques images. Afin d'approfondir l'analyse du mouvement en choisissant des mesures objectives, il est nécessaire de recourir à d'autres procédés et instruments capables de quantifier les paramètres spatio-temporels du mouvement.

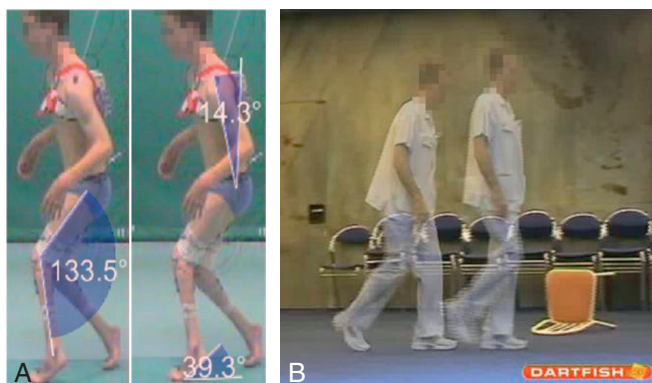


Figure 1.4

A. Estimation de l'angle de l'articulation du genou, du tronc et de la cheville lors de la marche à l'aide du logiciel Kinovea. B. Superposition de deux images lors de deux visites pour l'examen de la marche à l'aide du logiciel Dartfish.

Paramètres spatio-temporels

- Le mouvement quel qu'il soit peut être décomposé en plusieurs événements, phases et périodes permettant de mieux le caractériser.
- Les paramètres spatio-temporels sont des indicateurs globaux sur l'organisation du mouvement dans l'espace et dans le temps. Les paramètres et exemples qui vont suivre concernent plus particulièrement la marche, mais ils pourraient être utilisés pour d'autres mouvements.
- La vitesse de marche (ou d'exécution d'un mouvement) est sans doute le paramètre le plus connu. La vitesse est calculée en divisant la distance par le temps.
- Chaque personne possède une vitesse de marche propre appelée vitesse de marche spontanée. La vitesse de marche est un paramètre d'autant plus important que quelques auteurs proposent de l'élever au rang des *signes vitaux* comme la fréquence cardiaque ou la pression artérielle.
- La vitesse de marche est le produit de deux autres paramètres nommés cadence et longueur du pas ou de la foulée¹.
- La cadence de marche correspond au nombre de pas réalisés par minute.
- La longueur du pas correspond à la distance parcourue lors d'un pas. Normalement, elle est exprimée en mètre. La longueur du pas est surtout liée à la taille de la jambe. Les personnes avec des longues jambes ont des valeurs de longueur du pas plus grandes.

¹ Lors de la marche, le **pas** correspond à la distance entre le contact du talon d'un côté et celui du talon controlatéral. La jambe qui avance réalise le pas. Lors de la marche, la **foulée** correspond à la distance entre l'attaque du talon et l'attaque suivante du talon ipsilatéral. Une foulée est composée d'un pas à gauche et d'un pas à droite.