



HAL
open science

Evaluation des paramètres nutritionnels en recherche clinique ambulatoire chez l'enfant.

Jeremy Vanhelst, Laurent Beghin

► **To cite this version:**

Jeremy Vanhelst, Laurent Beghin. Evaluation des paramètres nutritionnels en recherche clinique ambulatoire chez l'enfant.. Revue Medicale de Bruxelles, 2015, 36 (2), pp.85-94. hal-02174626

HAL Id: hal-02174626

<https://hal.univ-lille.fr/hal-02174626>

Submitted on 5 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Evaluation des paramètres nutritionnels en recherche clinique ambulatoire chez
l'enfant.**

Assessment of the nutritional parameters in pediatric ambulatory research.

Jérémy Vanhelst¹⁻², Laurent Béghin¹⁻²

¹ Centre d'Investigation Clinique CIC-PT-1403-Inserm-CHU, CHRU de Lille, France

² U 995, IFR 114, IMPRT, Hôpital Jeanne de Flandre, et Université de Lille 2, Droit et Santé,
France

Auteur correspondant : J. Vanhelst

Antenne Pédiatrique du CIC-1403-Inserm-CHU

Hôpital Jeanne de Flandre

CHRU de Lille

59037 Lille Cedex

Tél : 03 20 44 60 58

Fax : 03 20 44 66 87

E-mail : jeremy.vanelst@chru-lille.fr

Résumé

Le statut nutritionnel est représenté par les caractéristiques anthropométriques, les apports alimentaires et l'activité physique. La mesure du statut nutritionnel est utile dans de nombreuses situations normales ou pathologiques chez l'enfant et l'adolescent. Quel que soit le type d'étude collectant des données nutritionnelles, l'utilisation de critère d'évaluation fiable et validé est indispensable. Pour chaque critère d'évaluation, plusieurs techniques sont possibles. Le choix de la technique utilisée dépend du schéma de l'étude, du nombre de sujets, du nombre de visites et du coût de l'étude. Notre article présente une synthèse des principales techniques de terrain et pratiques utilisables en recherche clinique ambulatoire chez l'enfant. Ces techniques n'interfèrent pas ou peu aux conditions habituelles de vie de l'enfant, et présentent une bonne alternative par rapport aux techniques de référence. Elles sont toutes compatibles avec les exigences d'assurance qualité et d'éthique en matière de recherche clinique ou épidémiologique, et ont été validées par rapport aux méthodes de références.

Abstract

Nutritional status is represented by anthropometric characteristics, dietary intake and physical activity. Assessment of the nutritional status is therefore an important factor in the health promotion and in several childhood and adolescent pathological situations. The use of criteria validated and reliable is essential for collecting nutritional data. Several methods are available and the choice depends of the study design, the subjects number or visits and the cost of the study. This paper aims to present the main field techniques used in pediatric ambulatory clinical research. These techniques do not interfere with free living conditions and represent a good alternative compared to reference assessment. The techniques are compatible with the quality assurance and ethics in clinical or epidemiological research requirements. All have been validated against their reference method. The choice of the type of technique depends on the objectives of the clinician or researcher.

Key words: Assessment, nutritional status, children.

INTRODUCTION

De nombreux Etats ont inclus dans leurs politiques de santé publique des actions en faveur d'une alimentation et d'un mode de vie sain (Tableau 1). Dans ce contexte, la demande en données nutritionnelles fiables est en croissance forte pour de nombreuses raisons : orienter, définir et ajuster au mieux les actions de santé publique, répondre à la réglementation sur les allégations par des études scientifiques (règlement CE n° 1924/2006), puis accompagner l'innovation et le développement économique dans le domaine de l'agroalimentaire^{1,2}.

Parmi la population, les enfants et les adolescents sont les cibles les plus pertinentes du point de vue scientifique, sociétal et de marketing. En effet, c'est lors de l'adolescence que la croissance est la plus forte, augmentant considérablement les besoins nutritionnels et par la même occasion, favorisant les comportements alimentaires à risques³. De plus, c'est une période où les habitudes alimentaires et d'activité physique, se construisent, perdurant le plus souvent à l'âge adulte⁴. Les comportements alimentaires prennent également un sens particulier chez l'adolescent à la recherche d'une identité et d'une appartenance à un groupe⁵. Enfin, d'un point de vue marketing, le marché des jeunes de 8 à 16 ans est en pleine expansion puisque leur pouvoir d'achats et leur influence sur la consommation familiale sont grandissants⁶.

Les industriels de l'agroalimentaire, les responsables politiques et les scientifiques sont conscients de ces enjeux. Ils ont donc besoin d'initier, de réaliser, et d'analyser différentes études sur le statut nutritionnel de l'enfant et/ou l'adolescent. La mesure des caractéristiques anthropométriques, des apports alimentaires et de l'activité physique sont les trois composantes principales à collecter pour évaluer ce statut nutritionnel. Ces mesures doivent répondre aux critères de validité et d'assurance qualité reconnus dans les études cliniques (http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Scientific_guideline/2009/09/WC500002874.pdf) et épidémiologiques⁷. Les techniques employées doivent être les plus

consensuelles possible afin que les méthodologies et les données (interopérabilité) des études puissent être éventuellement comparées⁸. Pour répondre aux critères d'assurance qualité, les techniques utilisées doivent être réalisées par du personnel qualifié et par des équipements de haute technologie régulièrement calibrés. De ce fait, ces études sont le plus souvent réalisées par et au sein de structures spécialisées et/ou intégrées dans un hôpital universitaire ou des unités de recherche clinique (URC) dédiées⁹. Ces modalités peuvent être un frein pour la réalisation d'études cliniques chez l'enfant ou l'adolescent¹⁰. Une réponse à ce problème serait l'utilisation de techniques pratiques et portables afin de pouvoir réaliser les mesures dans des cabinets de pédiatres ambulatoires, dans des écoles, ou également au domicile de l'enfant¹¹.

Le but de cet article est donc de recenser et présenter les techniques possibles en ambulatoire avec leurs avantages et inconvénients.

1/ Mesure des caractéristiques anthropométriques et de la composition corporelle

L'étude de la composition corporelle constitue un élément indispensable dans l'évaluation du statut nutritionnel. Plusieurs méthodes de mesure en ambulatoire sont possibles avec leurs avantages et limites (Tableau 2).

1.1/ L'auxologie

La mesure du poids (P) et de la taille (T) sont les deux paramètres les plus mesurés en recherche. Grâce à ces deux paramètres, il est possible de calculer 3 indices de corpulence : (i) P/T ; (ii) P/T^2 (indice de Quetelet) ; (iii) P/T^3 (indice de Rohrer). Parmi ces trois indices, l'indice de Quetelet ou encore appelé Indice de Masse Corporelle (IMC) est le plus couramment utilisé. Des valeurs de références nationales et internationales ont été développées afin de pouvoir détecter les enfants et adolescents dénutris ou en surcharge

pondérale¹²⁻¹³. Pour un suivi au domicile du patient, la mesure du poids est très facile car il est possible de laisser au domicile un pèse-personne, présentant également l'avantage d'avoir toujours le même appareil en cas de mesures répétées. Différents pèse-personnes existent dont certains pouvant enregistrer les données (Tableau 4). Concernant l'authenticité des résultats pour le pèse-personne classique, soit le sujet reporte lui-même les valeurs sur un carnet, avec un risque de sous estimation du poids corporel, soit un examinateur relève lui-même ces données¹⁴. L'utilisation d'un pèse-personne à mémoire permet de pallier à ces inconvénients cités ci-dessus.

L'utilisation d'une toise est nécessaire pour mesurer la taille. La plupart des toises sont difficiles à transporter. De plus, le sujet aura du mal à réaliser une mesure précise. A notre connaissance, la seule toise conforme à la mesure de la taille dans le domaine de la recherche et transportable facilement (munie de roulettes et télescopique), est le stadiomètre SECA 225 (SECA, Hambourg, Allemagne).

1.2/ Les plis-cutanés

La mesure des plis cutanés est réalisée au moyen d'une pince anthropométrique de précision (HARPENDEN, Laboratoire EUGEDIA, France). Elle consiste à mesurer l'épaisseur de graisse sous-cutanée (Figure 1). La mesure peut se faire en quatre points du côté non dominant (bicipital, tricipital, sous scapulaire et supra iliaque) (figure 1). Trois mesures successives doivent être réalisées pour chaque pli afin qu'une moyenne soit effectuée dans le but de minimiser le pourcentage de variation. Les résultats sont intégrés dans diverses équations permettant d'estimer la composition corporelle (masse grasse et masse maigre)¹⁵.

Son principe repose sur le fait que les données relevées par cette technique reflètent la masse grasse totale de notre organisme. Cependant, chez les enfants ayant une surcharge pondérale (type androïde), il est difficile d'utiliser cette technique, notamment au niveau du

pli supra-iliaque. Le second inconvénient est le choix de la localisation du pli. En effet,, la localisation spécifique à chaque pli, nécessite de prendre un mètre ruban et de mesurer la zone concernée afin de la diviser en deux, et de trouver le point exact de mesure. Ceci peut donc être coûteux en temps pour un médecin non expérimenté à la technique. Pour finir, la prise de mesure ne se fait que sur la partie supérieure du corps, et peut donc engendrer des sous estimations concernant l'obésité gynoïde¹⁶.

Pour améliorer la technique, de nouveaux sites de mesures au niveau des membres inférieurs (pli sural, ombilical et quadricipital) ont été élaborés (Figure 1)¹⁷.

La mesure des plis cutanés a pour avantage sa simplicité, sa rapidité et son coût minime.

1.3/ Les circonférences

Cette technique repose sur le même principe que celle citée auparavant. La mesure s'effectue au niveau du biceps du bras non dominant, à l'aide d'un ruban mètre. Il s'agit de tracer un trait entre l'acromion et l'olécrane quand le sujet a le bras détendu, puis la mesure se fait à mi-chemin entre ces deux points (Figure 2). Trois mesures successives sont réalisées, puis une moyenne est calculée afin de minimiser la variation. La composition corporelle est par la suite déterminée à l'aide d'une équation¹⁸.

Cette méthode permet d'estimer indirectement la composition corporelle. Sa principale limite est identique à celle de la méthode des plis cutanés. Une seule mesure est réalisée en partie supérieure du corps, engendrant des sous estimations concernant l'obésité gynoïde et l'obésité viscérale.

Cependant, d'autres sites de mesure ont été développés, comme l'abdomen, les fesses, les cuisses, le mollet, et l'avant bras (Figure 3) permettant d'avoir une évaluation complète du corps humain. Cette technique est simple, rapide et de faible coût.

1.4/ Le tour de taille

La mesure du tour de taille est un moyen simple d'apprécier la distribution du tissu adipeux. La mesure est réalisée à partir de la partie la plus étroite du torse, à mi-chemin entre la crête iliaque et la partie inférieure des côtes au repos à l'aide d'un mètre ruban (Figure 3).

L'obésité abdominale est définie par un tour de taille supérieur à 88 cm chez la femme et 102 cm chez l'homme. Cependant les points de coupe pour définir une obésité, un risque de maladies cardiovasculaires, un syndrome métabolique ou encore un diabète de type 2 sont à prendre avec précaution. En effet, Misra *et al.* ont démontré que les asiatiques semblent avoir une morbidité plus élevée pour des points de coupe plus bas par rapport aux caucasiens¹⁹

Il est aussi possible d'effectuer le rapport tour de taille/hanche. Le tour de hanche s'effectue au niveau de la protubérance maximale des fesses (figure 3). La surcharge pondérale est définie lorsque le coefficient de ce rapport dépasse 0,85 et 0,95 pour les femmes et les hommes, respectivement. Néanmoins, Pouliot *et al.* suggèrent que le tour de taille est un meilleur prédicteur de risques des maladies cardiovasculaires par rapport au tour de taille/hanche²⁰. Les auteurs suggèrent que les valeurs de circonférence de taille au-dessus de 100 cm sont les plus susceptibles d'être associées aux perturbations métaboliques²⁰.

Cette technique présente de nombreux avantages: son coût très faible, rapidité de la mesure et du résultat, ainsi que sa simplicité. Même si des corrélations existent entre cette technique et les risques de maladies cardiovasculaires ou autres, elle reste néanmoins moins précise que les autres mesures.

1.5/ La bio-impédancemétrie

La méthode de la bio-impédancemétrie (BIA) repose sur le principe du passage d'un courant électrique à travers le corps humain. Ce courant est de faible intensité, imperceptible par le sujet. Le signal électrique circule avec moins de résistance dans les muscles, riches en eau, et à l'inverse, avec plus de résistance dans les tissus gras pauvres en eau. Pour réaliser cette technique, le sujet doit être à jeun (depuis au moins 6 heures), allongé (au repos depuis au moins 15 minutes) et avoir la vessie vide. Pour réaliser la mesure, un examinateur place deux électrodes spécifiques, du côté droit, au poignet (articulation métacarpo-phalangienne) et à la cheville (articulation métatarso-phalangienne). Une seule mesure suffit et le résultat brut recueilli (résistance en Ohms) est ensuite incrémenté dans une équation²¹.

De nombreuses équations semi-empiriques ont été élaborées pour calculer la composition corporelle bi-compartimentale (masse grasse, masse maigre) à partir du résultat de la résistance, de la taille et du poids²². La plupart des bio-impédancemètres possèdent une option imprimante ou connexion à un ordinateur pour calculer et enregistrer les résultats finaux.

Les appareils les plus souvent utilisés sont des bio-impédancemètres de "laboratoire" (BIA 101, AKERN, Detroit, Michigan, Etats-Unis ; QUADSCAN, BODYSTAT, Ile de Man, Grande Bretagne ; ARC 50, SPENGLER, Cachan, France). Le coût de ces appareils est relativement onéreux mais sont tous faciles à transporter. La plupart de ces appareils fonctionnent sur batterie avec une longue autonomie. De fait, ils sont utilisables à l'hôpital, au domicile, ou à l'école. Ils possèdent une interface informatique en option pour stocker, voire même pour estimer directement la composition corporelle.

De nouveaux types d'appareils ont fait récemment leur apparition sur le marché (Tableau 3). Il s'agit le plus souvent d'un pèse personne muni de plaque métallique au niveau des pieds qui jouent le rôle d'électrodes bio-impédancemétrique. Peu de ces appareils ont été validés par rapport aux méthodes de référence, car la résistance n'est mesurée qu'au niveau des jambes²³. La balance-impédancemètre représente la meilleure méthode alternative à

l'absorptiométrie biphotonique (méthode de référence) pour évaluer de façon précise la composition corporelle des adolescents en surcharge pondérale ou obèses¹⁶. Ce type d'appareil présente l'avantage d'être moins coûteux.

La BIA doit être utilisée en tenant compte des limites et des imprécisions. En effet, cette méthode a des avantages (rapidité, simplicité) et des inconvénients (coût faible à élevé en fonction de l'appareil utilisé, attente de 15 minutes au repos, difficulté d'évaluer la composition corporelle chez des sujets en surcharge pondérale ou obèses)²⁴.

2/ Mesure de l'apport énergétique.

L'étude des apports énergétiques constitue un des enjeux majeurs des études en nutrition pédiatrique. Différentes techniques sont possibles pour mesurer ces apports énergétiques.

2.1/ Le relevé alimentaire papier

Cette technique permet d'évaluer le bilan alimentaire complet (connaissance de l'apport énergétique total, répartition des nutriments, vitamines, et minéraux d'un sujet).

Généralement, cette analyse se réalise avec un(e) diététicien(ne). L'enfant note sur un carnet/relevé tous les aliments consommés sur une période donnée (de 2 à 7 jours). Le carnet/relevé comporte une page par jour, chaque page étant séparée en petit déjeuner, déjeuner, dîner, et grignotages. Les enfants sont interrogés à propos des types d'aliments qu'ils ont consommés. Des graduations de référence (bol, cuillère, assiette...) sont utilisées pour déterminer les quantités ingérées, ou alors les ingrédients sont pesés. Une fois le relevé complété, la diététicienne revoit avec l'enfant l'ensemble des aliments notés afin de confirmer les quantités, à l'aide de manuels photos(recueil de photos avec quantités alimentaires, ISBN 2-85598-596-X ;Supplémentation en Vitamines et Minéraux Anti-oxydants ; Portions alimentaires. Manuel photos pour l'estimation des quantités, ISBN 2717845623)²⁵. Cette

étape de validation permet d'affiner les quantités, de minimiser les oublis et les erreurs de sous ou surestimation.

Par la suite, les données sont intégrées dans un logiciel spécifique pour le calcul du bilan des apports alimentaires (Bilnut[®], Cerelles, France ; Profil[®], Saint-Bouchard, France; Diet[®], Evreux, France; Kidmenu[®]; Winrest[®],...) en utilisant la base de composition des aliments français (CIQUAL : centre d'information sur la qualité des aliments ; AFSSA : agence française de sécurité sanitaire des aliments ; Maisons-Alfort, Paris). Cette technique représente une méthode alternative à la méthode des pesées des aliments pour des études épidémiologiques chez les adolescents obèses²⁶.

La méthode est peu onéreuse. Une limite à cette technique est la confiance accordée au sujet pour noter avec exactitude ses prises alimentaires.

2.2/ L'entretien téléphonique

Cette méthode consiste à estimer la prise alimentaire par un entretien téléphonique. Le concept est identique à celui précédemment cité. Une personne formée à ce type d'entretien peut facilement appeler l'enfant à son domicile et recueillir elle-même les données au fil de la discussion, calculer quasi-instantanément la prise énergétique et évaluer les habitudes alimentaires. L'enfant possède à son domicile un cahier avec différentes photos d'aliments afin d'évaluer au mieux les proportions ingérées. L'enquêteur(trice) est muni(e) d'un casque "audio" pour reporter aisément les données soit sur papier, soit directement sur un logiciel approprié. Cette technique validée est finalement moins onéreuse que la précédente car les déplacements sont limités pour l'enfant comme pour l'enquêteur²⁷.

2.3/ Le relevé alimentaire électronique

Une troisième méthode est celle du relevé alimentaire informatisé. Probst & Tapsell ont relevé dans la littérature 29 logiciels de relevé alimentaire²⁸. A ce jour, d'autres logiciels ont été créés (The Food Intake Recording Software System ; *HELENA-Dietary Assessment Tool*)²⁹⁻³⁰.

Le "*HELENA-Dietary Assessment Tool*" (HELENA-DIAT), initialement appelé le "Young Adolescents Nutrition assessment on Computer" (YANA-C), propose à l'enfant de visualiser les différentes quantités d'aliments consommés dans un pays³⁰. Chaque aliment est présenté par une dizaine de photos montrant des portions croissantes. Les photos permettent à l'enfant d'identifier correctement les quantités d'aliments ingérées. Le logiciel permet d'enregistrer sur une durée de 24 heures les trois repas principaux (le petit-déjeuner, le déjeuner, et le dîner) et les différentes collations. Ce type d'outil a été spécifiquement adapté pour l'enfant²⁸. Cette technique a été utilisée dans dix pays européens participant au projet HELENA (Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence)³¹⁻³².

Enfin, «The Nutrinet-Santé Study» est un logiciel comprenant une partie sur le recueil alimentaire³³. Le recueil de données se fait directement en se connectant sur le site Internet dédié et montre des résultats de bonne équivalence par rapport à un entretien avec un diététicien³³.

Le recueil des données se retrouve sous forme de fichier texte permettant un envoi par email, ou de récupérer les données en les téléchargeant via un support informatique. Le fichier relève également la date et l'heure de l'enregistrement. Les données sont facilement exportables dans Access[®] ou Excel[®] pour calculer les apports énergétiques ou la répartition des nutriments en utilisant une table de composition des aliments. Un autre avantage de cette technique est son aspect ludique pour les enfants. L'inconvénient majeur est la nécessité d'avoir du matériel informatique. Cependant, la plupart des foyers possède un ordinateur, tout comme la grande majorité des établissements scolaires.

3/ Mesure de l'activité physique

L'activité physique correspond à tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques entraînant une dépense énergétique supérieure à celle de repos (US Department of Health and Human Services – National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion). L'activité physique quotidienne est composée d'activités spontanées (se déplacer, maintenir une posture) et d'activités provoquées (exercice physique). Les techniques pour mesurer l'activité physique sont variées, avec leurs avantages et inconvénients (Tableau 4).

3.1/ Le questionnaire d'activité physique

Le questionnaire d'activité physique demeure l'outil le plus utilisé pour évaluer les périodes d'activité d'un enfant en raison de son faible coût, de sa facilité de mise en place, et de la possibilité de l'utiliser sur de grandes populations. Une revue de la littérature présente l'ensemble des questionnaires validés chez l'enfant et l'adolescent³⁴. Le remplissage de ces questionnaires peut se réaliser soit par le sujet lui-même (auto-administration), soit lors d'un entretien individuel ou téléphonique. Les données recueillies permettent de renseigner la fréquence et le type d'activité physique (sédentaire, légère, modérée et vigoureuse) sur une journée, une semaine voire une année. L'International Physical Activity Questionnaire for Adolescent (IPAQ-A) est un des questionnaires les plus utilisés chez l'enfant³⁵. Ce questionnaire, destiné essentiellement pour l'enfant, évalue les activités physiques durant l'école (cours d'éducation physique et sportive et temps de récréations), à la maison, les activités de loisirs, ainsi que l'ensemble des déplacements effectués durant la semaine.

L'activité physique quotidienne de l'enfant peut être aussi convertie en dépense énergétique à l'aide de tables indiquant le coût énergétique (MET : Metabolic Equivalent Task) de différentes activités physiques exercées³⁶. Le problème majeur de ces tables est

qu'elles ont été établies chez l'adulte, et par conséquent non adaptées chez l'enfant. Un second inconvénient de cette technique est sa subjectivité. Il a été démontré qu'il existait une surestimation systématique de l'activité physique quotidienne par l'utilisation d'un questionnaire par rapport à une mesure objective³⁵. Le questionnaire demande de plus de répertorier antérieurement sur plusieurs jours le temps passé dans chaque intensité l'activité physique, exercice de mémoire souvent difficile pour l'enfant.

3.2/ Les podomètres

Les premiers appareils portables utilisés pour mesurer l'activité physique ont été les podomètres. Ces appareils sont des compteurs de mouvement permettant d'évaluer le nombre de pas réalisés par l'individu. Le podomètre est constitué d'un levier suspendu par un ressort et un composant électronique, le tout assemblé dans un boîtier de petite taille. L'enfant porte cet appareil à la taille, fixé au niveau de la ceinture. Lorsque que l'enfant effectue un pas, le contact des pieds sur le sol entraîne un mouvement du levier. Ce dernier entre en contact avec le composant électronique qui enregistre le mouvement (un pas).

Le podomètre permet de réaliser une mesure simple du nombre de pas lors de la marche ou lors de la course. La distance totale peut en être déduite grâce à la mesure de la longueur habituelle du pas de l'enfant évalué au préalable. Cet appareil n'est pas destiné à mesurer une dépense énergétique car le podomètre n'a pas la capacité de détecter un pas de marche ou un pas de course, et donc par conséquent il est impossible de quantifier en termes d'intensité les activités réalisées par l'enfant. De plus, il a été démontré chez l'adulte que le niveau d'activité physique augmentait significativement lorsque les participants connaissaient le but d'un podomètre³⁷.

3.3/ L'accélérométrie

L'accélérométrie évalue l'activité physique des sujets à partir des mesures mécaniques des mouvements. En effet, les mouvements du tronc et des membres induisent des accélérations qu'il est possible de mesurer par l'intermédiaire de capteurs intégrés dans l'accéléromètre. Les accélérations induites par le tronc sont proportionnelles à la force externe impliquée et reflète donc le coût énergétique. Les résultats sont exprimés en coups (counts). Ces accéléromètres sont de petites tailles et se fixent à l'aide d'une ceinture élastique ajustable autour de la taille. Ils se portent soit au niveau de la hanche droite ou gauche, soit au bas du dos (proche du centre de gravité). Les accéléromètres de type uniaxial mesurent les accélérations dans le sens vertical, alors que les accéléromètres triaxiaux enregistrent des données selon les trois plans de l'espace : vertical, médiolatéral et antéropostérieur. La fréquence des mesures peut varier, allant d'un enregistrement par seconde à toutes les minutes. Il est préférable d'utiliser des intervalles de temps très court chez l'enfant (5 à 15 secondes) car leurs activités physiques sont généralement très brèves et spontanées, ne dépassant pas la minute³⁸. Les mesures obtenues par cette technique sont parfaitement corrélées avec la consommation d'oxygène, marqueur de référence de l'activité physique³⁹. De plus, ces appareils sont robustes, d'utilisation et d'entretien facile, peu onéreux et pratiques. Cette technique est tout à fait adaptée chez l'enfant car elle est totalement non invasive et objective, puis interfère très peu avec les conditions habituelles de vie.

Des calibrations ont été réalisées en laboratoire permettant de définir le profil d'activité physique quotidien de l'enfant ayant porté l'appareil dans les conditions habituelles de vie⁴⁰⁻⁴¹. Cependant, plusieurs études ont été réalisées sur la détermination des seuils avec des données contradictoires. Ainsi, le choix des seuils peut engendrer des différences significatives dans l'évaluation des profils d'activité physique de l'enfant⁴². De plus, ces appareils n'étant pas étanches, toutes les activités aquatiques ne peuvent être évaluées.

3.3/ La fréquence cardiaque

La quantification de l'activité physique d'un enfant par l'enregistrement de la fréquence cardiaque (FC) peut se faire selon deux méthodes. La première consiste à mesurer la FC au repos, et ensuite de la reporter en pourcentage de variation par rapport à la fréquence de base obtenue au repos⁴³. Les différentes intensités d'activité physique seront classées en fonction du pourcentage (en-dessous de 50%, au-dessus de 50%, Entre 50 et 70%,...). Grâce à cette technique, l'évaluation de l'activité physique quotidienne est réalisable, et rend possible de la quantifier en durée et en intensité. Cependant, cette première technique est sujette à caution, car il existe une variation quotidienne de la fréquence cardiaque (± 5 battements par minute)⁴⁴.

La seconde méthode est la technique de l'enregistrement de la FC calibrée par rapport à la calorimétrie indirecte (CI). Cette méthode nécessite une calibration en laboratoire afin d'établir une courbe individuelle entre la FC et la dépense énergétique (DE). Cette calibration se réalise en 2h30 en mesurant simultanément la FC et la DE (DE calculée à partir de la consommation d'oxygène et l'expiration de dioxyde de carbone par CI) durant différentes périodes d'activité calibrées⁴⁵. La courbe reliant la FC et la DE est individuelle et valable environ 2 mois⁴⁴. Une fois la courbe réalisée, la mesure de la FC dans les conditions habituelles de vie peut être envisageable. La durée de l'enregistrement varie de 24 heures à 1 semaine^{43,46}. Cette technique se fait généralement à l'aide de petits enregistreurs qui interfèrent peu avec la qualité de vie et l'activité physique. Cette technique a été validée par rapport aux techniques de référence: l'eau doublement marquée et la calorimétrie directe et indirecte⁴⁷⁻⁴⁸.

4/ Applications en pédiatrie

De nombreuses études épidémiologiques et/ou interventionnelles ont utilisé ces méthodes soit chez des enfants sains, soit chez des enfants malades (tableau 5). Les méthodes utilisées pour la mesure de l'auxologie exposées dans cet article ont prouvé leurs efficacités et maniabilités/robustesses dans de nombreuses circonstances : dans des villages de zones désertiques, dans des établissements scolaires ou lorsque le nombre d'enfants inclus dans l'étude est important^{32,49-51}. Concernant l'évaluation de la composition corporelle, on peut s'apercevoir que le choix de la technique dépend essentiellement du coût temporel (nombre de sujets à évaluer ou encore la durée d'acquisition des données). En effet, lorsque le nombre de sujets à inclure est important, les méthodes simples et rapides sont privilégiées comme la mesure des circonférences ou des plis cutanés⁵⁶⁻⁵⁹. A l'inverse, la technique de la bio-impédancemétrie, nécessitant plus de temps à la réalisation, est utilisée lorsque la population étudiée est plus réduite⁵⁴⁻⁵⁵. Il en est de même pour la mesure de l'activité physique où le choix de la technique est conditionné selon le temps disponible pour réaliser l'étude, ainsi que le coût de la technique. Les investigateurs ont tendance à utiliser le questionnaire d'activité physique lorsque que l'échantillon est important³²⁻⁶⁴. Cette technique est en effet à moindre coût et permet d'évaluer l'activité physique quotidienne des enfants très rapidement (15 minutes). Pour pallier aux limites du questionnaire, plusieurs études ont utilisé le podomètre dont le coût est relativement faible⁶⁷⁻⁶⁸. Viennent ensuite des techniques plus sophistiquées nécessitant un coût plus élevé et une expertise dans l'analyse des résultats plus grande. Par conséquent, ces techniques sont généralement utilisées sur de faibles échantillons^{49,60-62,65-66}. Pour finir, la technique du relevé alimentaire papier est la technique de référence pour évaluer les apports énergétiques. Cette technique est également la plus ancienne, mais reste néanmoins la plus utilisée en recherche pédiatrique^{31,69-70}. Récemment, cette technique a été améliorée pour être utilisable en informatique³¹. Elle fût utilisée lors de l'étude

épidémiologique HELENA (www.helenastudy.com) visant à évaluer les habitudes alimentaires chez des adolescents Européens³².

CONCLUSIONS

Il existe un réel intérêt à mesurer les paramètres nutritionnels chez l'enfant et l'adolescent. Différentes approches sont utilisables avec chacune leurs avantages et inconvénients. L'utilisation des techniques présentées dans cette revue permettent de lever en partie les difficultés de recrutement des enfants/adolescents liées à un emploi du temps chargé (école, loisirs...) ou la peur de venir dans une unité de recherche clinique. Le choix de l'outil dépend essentiellement des objectifs recherchés par le clinicien ou chercheur, et secondairement de son temps disponible et de son expérience dans la technique adoptée.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

1. Anonymes : Les études cliniques en nutrition en forte croissance. Aromes et Ingrédients. Additifs 2006; 64 : 12
2. Verhagen H, Vos E, Francl S, *et al.* : Status of nutrition and health claims in Europe. Arch Biochem Biophys 2010; 501: 6-15.
3. McCrindle : La puberté menace la santé du Coeur des ados canadiens. Congrès canadien sur la santé cardiovasculaire. Edmonton ; 2009. p 17-9.
4. Bass S, Delmas PD, Pearce G, *et al.* : The differing tempo of growth in bone size, mass, and density in girls is region-specific. J Clin Invest 1999; 104: 795-04.
5. Pardo V, Diasio N, Hubert A : De la nécessité, après 3 ans de recherche de terrain, de dépasser les stéréotypes pour porter un nouveau regard sur ces mangeurs-acteurs. In : OCHA , editor. Colloque OCHA « Alimentations Adolescentes », Paris ; 2009. p. 13.
6. Olsen SO, Ruiz S : Adolescents' influence in family meal decisions. Appetite 2008; 51: 646-53
7. Ebrahim S, Clarke M: STROBE: new standards for reporting observational epidemiology, a chance to improve. Int J Epidemiol 2007; 36: 946-8.

8. Penn L, Boeing H, Boushey CJ, *et al.*: Assessment of dietary intake: NuGO symposium report. *Genes Nutr* 2010; 5: 205-13.
9. Miller TL, Lipshultz SE: Association of Medical School Pediatric Department Chairs, Inc. Building a pediatric clinical research division. *J Pediatr* 2008; 152: 1-2
10. Pende V, Choonara I, Gennery B, *et al.*: Recruiting children to a clinical trial. *Paediatric and Perinatal Drug Therapy* 2000; 4: 75-8.
11. Béghin L, Michaud L, Loeuille GA, *et al.*: Changes in lung function in young cystic fibrosis patients between two courses of intravenous antibiotics against *Pseudomonas aeruginosa*. *Pediatr Pulmonol* 2009; 44: 464-71
12. Rolland-Cachera MF, Cole TJ, Sempé M, *et al.* : Body mass index variations : centiles from birth to 87 years. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45 : 13-21
13. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH: Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000; 320: 1240-3.
14. Danubio ME, Miranda G, Vinciguerra MG, Vecchi MG, Rufo F: Comparison of self-reported and measured height and weight: Implications for obesity research among young adults. *Econ Hum Biol* 2008; 6: 181-90

15. Brook GCD: Determination of body composition of children from skinfold measurements. Arch of Disease in Childhood 1971; 46: 182-4.

16. Lazzar S, Boirie Y, Meyer M, Vermorel M: Which alternative method to dual-energy X-ray absorptiometry for assessing body composition in overweight and obese adolescents? Arch Pediatr 2005;12: 1094-101.

17. Yuhasz MS: Physical Fitness Manuel, London Ontario, University of Western Ontario, 1974.

18. McArdle WD, Katch FI, Katch VL: Nutrition et performances sportives. Edition De Boeck. ISBN10: 2-8041-4397-X. 2004: 533-37

19. Misra A, Wasir JS, Vikram NK: Waist circumference criteria for the diagnosis of abdominal obesity are not applicable uniformly to all populations and ethnic groups. Nutr 2005; 21: 969-76.

20. Pouliot MC, Després JP, Lemieux S, *et al.* : Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. Am J Cardiol 1994; 73: 460-8.

21. Bray GA, DeLaney JP, Volaufova DW, Harsha DW, Champagne C: Prediction of body fat in 12-y-old African American and white children: evaluation of methods. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 980–90.

22. Ellis KJ, Shypailo RJ, Pratt JA, Pond WG: Accuracy of dual-energy x-ray absorptiometry for body composition measurements in children. *Am J Clin Nutr* 1994; 60: 660–5.

23. Jaffrin MY, Moreno MV: Measurements of total body water with a foot-to-foot impedancemeter. *Med Eng Phys* 2008; 30: 483-9.

24. Völgyi E, Tylavsky FA, Lyytikäinen A, Suominen H, Alén M, Cheng S : Assessing body composition with DXA and bioimpedance: effects of obesity, physical activity, and age. *Obesity* 2008; 16: 700-5.

25. Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P, et al : Validation du manuel-Photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX. *Cahiers de Nutrition et Diététique* 1996 ; 31: 158-64.

26. Lazzer S, Boirie Y, Itier A, Brandolini M, Meyer M, Vermorel M : Evaluation des apports alimentaires d'adolescents obèses et post-obèses : comparaison de la méthode iconographique SU.VI.MAX à la méthode de pesée des aliments. Cahiers de nutrition 2005; 40: 45-51.
27. Lyu LC, Hankin JH, Liu LQ, *et al.* : Telephone vs face-to-face interviews for quantitative food frequency assessment. J Am Diet Assoc 1998; 98: 44-8.
28. Probst YC, Tapsell LC: Overview of computerized dietary assessment programs for research and practice in nutrition education. J Nutr Educ Behav 2005; 37: 20-6.
29. Baranowski T, Islam N, Baranowski J, *et al.*: The food intake recording software system is valid among fourth-grade children. J Am Diet Assoc 2002; 102: 380-5.
30. Vereecken CA, Covents M, Matthys C, *et al.* : Young adolescents' nutrition assessment on computer (YANA-C). Eur J Clin Nutr 2005; 59: 658-67.
31. Vereecken CA, Covents M, Sichert-Hellert W, *et al.*: Development and evaluation of a self-administered computerized 24-h dietary recall method for adolescents in Europe. Int J Obes 2008; 32: S26-34.
32. Moreno I, Gonzalez-Gross M, Kersting M, *et al.*: Assessing, understanding and modifying nutritional status, eating habits and physical activity in European adolescents: The HELENA (Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence) Study. Public Health Nutr 2008; 11: 288-99.

33. Touvier M, Kesse-Guyot E, Méjean C, *et al.*: Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies. *Br J Nutr* 2010 ; 17: 1-10
34. Pereira MA, FitzGerald SJ, Gregg EW, *et al.*: A collection of Physical Activity Questionnaires for health-related research. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: S1-205
35. Ottevaere C, Huybrechts I, De Bourdeaudhuij I, *et al.*: Comparison of the IPAQ-A and actigraph in relation to VO₂max among European adolescents: the HELENA study. *J Sci Med Sport* 2011; 14: 317-24.
36. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, *et al.*: Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32:S498-504.
37. Clemes SA, Parker RA: Increasing our understanding of reactivity to pedometers in adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 674-80.
38. Baquet G, Stratton G, Van Praagh E, Berthoin S: Improving physical activity assessment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: a methodological issue. *Prev Med* 2007; 44: 143-7.
39. Rowlands AV, Thomas WM, Eston RG, Topping R: Validation of the RT3 Triaxial Accelerometer for the assessment of physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 518-24.
40. Vanhelst J, Béghin L, Rasoamanana P, *et al.*: Calibration of the RT3 accelerometer for various patterns of physical activity in children and adolescents. *J Sports Sci* 2010; 28: 381-7.

41. Vanhelst J, Fardy PS, Mikulovic J, *et al.*: Changes in obesity, cardiorespiratory fitness and habitual physical activity following a one-year intervention program in obese youth: a pilot study. *J Sports Med Phys Fit* 2011; 51: 670-5.
42. Vanhelst J, Béghin L, Salleron J, *et al.*: [Impact of the choice of threshold on physical activity patterns in free living conditions among adolescents measured using a uniaxial accelerometer: the HELENA study.](#) *J Sports Sci* 2014;32:110-5
43. Gavarry O, Giacomoni M, Bernard T, Seymat M, Falgairette G: Habitual physical activity in children and adolescents during school and free days. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 525-31
44. Astrand PO, Rodahl K, Dahl HA, *et al.*: *Textbook of work physiology*. 4ème edition. New York: McGraw-Hill; 2003
45. Béghin L, Michaud L, Guimber D, *et al.*: Assessing sleeping energy expenditure in children using heart-rate monitoring calibrated against open-circuit indirect calorimetry: a pilot study. *Br J Nutr* 2002; 88: 533-43.
46. Béghin L, Gottrand F, Michaud L, *et al.* : Impact of intravenous antibiotic therapy on total daily energy expenditure and physical activity in cystic fibrosis children with *Pseudomonas aeruginosa* pulmonary exacerbation. *Pediatr Res* 2003; 54: 756-61.
47. Maffei C, Pinelli L, Zaffanello M, Schena F, Lacumin P, Schutz Y: Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of doubly

labelled water method and heart-rate monitoring. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; 19:671-7.

48. Bitar A, Vermorel M, Fellmann N, Bedu M, Chamoux A, Coudert J: Heart rate recording method validated by whole body indirect calorimetry in 10-yr-old children. *J Appl Physiol* 1996; 81: 1169-73

49. Bénéfice E, Ndiaye G: Relationships between anthropometry, cardiorespiratory fitness indices and physical activity levels in different age and sex groups in rural Senegal (West Africa). *Ann Hum Biol* 2005; 32: 366-82.

50. Goodman E, Hinden BR, Khandelwal S : Accuracy of teen and parental reports of obesity and body mass index. *Pediatrics* 2000; 106: 52-8.

51. Bayne-Smith M, Fardy PS, Azzollini A, Magel J, Schmitz KH, Agin D: Improvements in heart health behaviors and reduction in coronary artery disease risk factors in urban teenaged girls through a school-based intervention: the PATH program. *Am J Public Health* 2004; 94: 1538-43.

52. Davis H, Gergen PJ : The weights and heights of Mexican-American adolescents: the accuracy of self-reports. *Am J Public Health* 1994; 84: 459-62

53. Tsigilis N: Can secondary school students' self-reported measures of height and weight be trusted? An effect size approach. *Eur J Public Health* 2006; 16: 532-5.

54. Kettaneh A, Heude B, Lommez A, Borys JM, Ducimetière P, Charles MA: Reliability of bioimpedance analysis compared with other adiposity measurements in children: the FLVS II Study. *Diabetes Metab* 2005; 31: 534-41
55. Béghin L, Michaud L, Loeuille GA, *et al.* : Evolution de la composition corporelle chez l'enfant et l'adolescent atteint de mucoviscidose dans l'intervalle de deux cures intraveineuses antibiotiques anti *Pseudomonas aeruginosa*. SFP-2003. Congrès de la société française de pédiatrie, Nancy, Mai 2003.
56. Freedman DS, Serdula MK, Srinivasan SR, Berenson GS. Relation of circumferences and skinfold thicknesses to lipid and insulin concentrations in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 308-17
57. Botton J, Heude B, Kettaneh A, *et al.*: Cardiovascular risk factor levels and their relationships with overweight and fat distribution in children: the Fleurbaix Laventie Ville Santé II study. *Metabolism* 2007; 56: 614-22.
58. Mandal GC, Bose K, Koziel S: Impact of social class on body fatness among rural pre-school Bengalee Hindu children of Arambagh, West Bengal, India. *Homo* 2011; 62: 228-36.
59. Grellety E, Luquero FJ, Mambula C, Adamu HH, Elder G, Porten K : Observational bias during nutrition surveillance: results of a mixed longitudinal and cross-sectional data collection system in Northern Nigeria. *PLoS One* 2013; 8:e62767.

60. Ruiz JR, Rizzo NS, Hurtig-Wennlöf A, Ortega FB, Wärnberg J, Sjöström M : Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *Am J Clin Nutr* 2006; 84: 299-03.
61. Béghin L, Gottrand F, Michaud L, *et al.*: Energetic cost of physical activity in cystic fibrosis children during *Pseudomonas aeruginosa* pulmonary exacerbation. *Clin Nutr* 2005; 24: 88-96
62. Ridgers ND, Stratton G, Fairclough SJ: Assessing physical activity during recess using accelerometry. *Prev Med* 2005; 41: 102-7.
63. Kettaneh A, Oppert JM, Heude B, *et al.*: Changes in physical activity explain paradoxical relationship between baseline physical activity and adiposity changes in adolescent girls: the FLVS II study. *Int J Obes* 2005; 29: 586-93
64. Wen LM, Baur LA, Rissel C, Wardle K, Alperstein G, Simpson JM: Early intervention of multiple home visits to prevent childhood obesity in a disadvantaged population: a home-based randomised controlled trial (Healthy Beginnings Trial). *BMC Public Health* 2007 10; 7:76
65. Béghin L, Michaud L, Hankard R, *et al.*: Total energy expenditure and physical activity in children treated with home parenteral nutrition. *Pediatr Res* 2003; 53: 684-90.

66. Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM: The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27:1033-41.
67. Tudor-Locke C, Craig CL, Cameron C, Griffiths JM : Canadian children's and youth's pedometer-determined steps/day, parent-reported TV watching time, and overweight/obesity: the CANPLAY Surveillance Study *Int J Behav Nutr Phys Act* 2011; 8:66.
68. Loucaides CA, Chedzoy SM, Bennett N : Differences in physical activity levels between urban and rural school children in Cyprus. *Health Educ Res* 2004; 19: 138-47.
69. De Lauzon, Romon M, Deschamps V, *et al.* : The Three-Factor Eating Questionnaire-R18 is able to distinguish among different eating patterns in a general population. *J Nutr* 2004; 134:2372-80.
70. Simons-Morton BG, Parcel GS, Baranowski T, Forthofer R, O'Hara NM: Promoting physical activity and a healthful diet among children: results of a school-based intervention study. *Am J Public Health* 1991; 81: 986-91.

Tableau 1. Exemples de pays européens qui incluent une politique de santé publique pour promouvoir l'activité physique et une alimentation saine

Pays	Nom de la loi/ Programme	Site Internet
Allemagne	INFORM	http://www.bmelv.de/DE/Ernaehrung/GesundeErnaehrung/Inform/Inform_node.html
Autriche		http://www.bmg.gv.at
Belgique	VIGEZ	http://www.vigez.be/voeding
Espagne	NAOS	http://www.naos.aesan.msssi.gob.es
France	PNNS	http://www.mangerbouger.fr/pnns-2011-2015.html
Grèce		http://www.epromy.gr/articles/nutrition-exercise/skopos/980-dieythynsh-diatrofhs
Italie	GS	http://www.guadagnaresalute.it/default.asp

VIGEZ : Vlaams Instituut voor Gezondheidspromotie en Ziektepreventie ; PNNS : Program National Nutrition Santé (National Program Healthy Nutrition) ; GS = Guadagnaresalute (Gaining Health)

Tableau 2. Intérêts et limites des méthodes d'évaluation des caractéristiques anthropométriques

Nom de la méthode	Points forts	Points faibles
Auxologie	Faible coût Rapidité Répétition	Les résultats des indices de corpulence ne reflètent pas toujours la réalité
Bio-impédancemétrie	Coût modéré Rapidité Utilisation simple	Etre à jeun Attendre 15 minutes de repos avant de faire la mesure
Plis cutanés/circonférences	Faible coût Rapidité	Imprécisions liées à l'expérimentateur car technique opérateur dépendant Méthode difficile à employer pour les sujets en surpoids

Tableau 3. Caractéristiques des principaux balance/impédancemètre

	Oregon scientific	Soehnle	Tanita	Terraillon	Seca	Tefal
Modèle	GR 101	New York	BC-534	TFX-70	Seca 804	BM7020
Paramètres mesurés						
<i>Poids</i>	×	×	×	×	×	×
<i>Masse grasse</i>	×	×	×	×	×	×
<i>Masse maigre</i>	×	×	×	×	×	

Tableau 4. Intérêts et limites des méthodes d'évaluation de l'activité physique

Nom de la méthode	Points forts	Points faibles
Podomètre	Petite taille Non invasif Peu onéreux Mesure objective Utilisation simple	Pas de différenciation dans l'intensité de l'activité physique Impossible de quantifier une dépense énergétique
Accélérométrie	Petite taille Non invasif Peu onéreux Mesure objective Données informatisées Durée d'enregistrement importante Utilisation simple	Difficulté à évaluer les périodes sédentaires Discordance dans les études de calibration Equation transformant l'AP en MET non adaptée Certains appareils non utilisables pour les activités aquatiques
Questionnaire	Faible coût Possibilité pour une grande population Utilisation simple et rapide Absence d'appareillage	Subjectif Demande une grande précision sur la durée et les intensités Imprécision durant les périodes sédentaires Saisi des données fastidieux pour l'évaluer comme pour l'évaluateur Questionnaires complexes pour les enfants
Fréquence cardiaque	Petite taille Faible coût Données informatisées Mesure objective	Demande une calibration individuelle Variation de la fréquence cardiaque journalière

Tableau 5. Exemples d'études en fonction des outils de mesure et du type de recherche

	Communautaires			Domicile			Ecole		
	Auteurs	N	Age	Auteurs	N	Age	Auteurs	N	Age
Auxologie									
<i>Poids/Taille réel</i>	Bénéfice et al. ⁴⁹	142	10-15	Goodman et al. ⁵⁰	15483	10-13	Bayne-Smith et al. ⁵¹	442	14-19
<i>Poids/Taille reportées</i>	Davis H et al. ⁵²	829	12-19	Goodman et al. ⁵⁰	15483	10-13	Tsigilis ⁵³	200	16
Composition corporelle									
<i>Bio-impédancemétrie</i>	Kettaneh et al. ⁵⁴	452	8-17	Béghin et al. ⁵⁵	25	6-18	Moreno et al. ³²	3300	13-16
<i>Plis cutanés</i>	Freedman et al. ⁵⁶	2997	5-17	Botton et al. ⁵⁷	452	8-17	Bayne-Smith et al. ⁵¹ Moreno et al. ³²	442 3300	14-19 13-16
<i>Circonférences</i>	Mandal et al. ⁵⁸	1012	2-6	Grellety et al. ⁵⁹	16466	0,5-5	Moreno et al. ³²	3300	13-16
Activité physique									
<i>Accélérométrie</i>	Ruiz et al. ⁶⁰	780	9-10	Beghin et al. ⁶¹	16	7-14	Ridgers et al. ⁶²	228	5-10
<i>Questionnaires</i>	Kettaneh et al. ⁶³	436	8-18	Wen et al. ⁶⁴	782	2-5	Moreno et al. ³²	3300	13-16
<i>Fréquence cardiaque</i>	Bénéfice et al. ⁴⁹	142	10-15	Beghin et al. ⁶⁵	11	4-15	Bailey al. ⁶⁶	15	6-10
<i>Podomètre</i>	Tudor-Locke et al. ⁶⁷	11658	5-19	Tudor-Locke et al. ⁶⁷	21741	5-19	Loucaides et al. ⁶⁸	256	11-12
Apport énergétique									
<i>Relevé alimentaire papier</i>	De Lauzon et al. ⁶⁹	358	14-18	Simons-Morton et al. ⁷⁰	135	14-16	Vereecken et al. ³¹	1008	12-20
<i>Entretien téléphonique</i>	---	-	-	---	-	-	---	-	-
<i>Relevé alimentaire informatique</i>	---	-	-	---	-	-	Moreno et al. ³²	3300	13-16



Figure 1. Localisation de mesure des plis cutanés

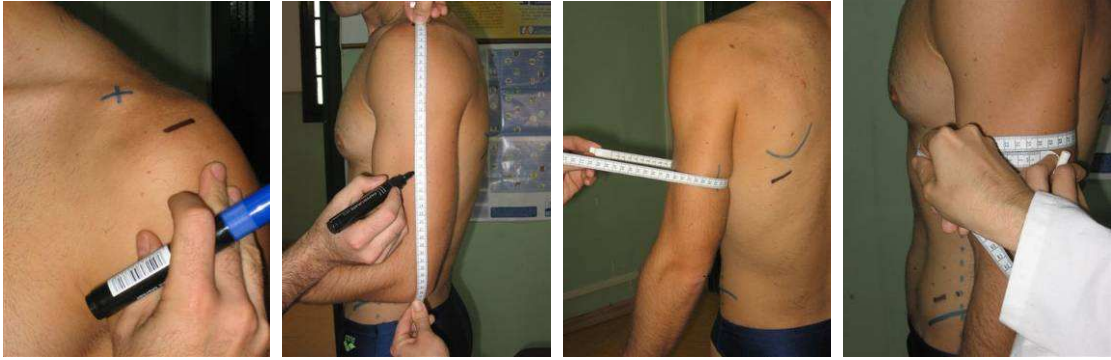


Figure 2. Localisation et méthode de mesure du tour du bras

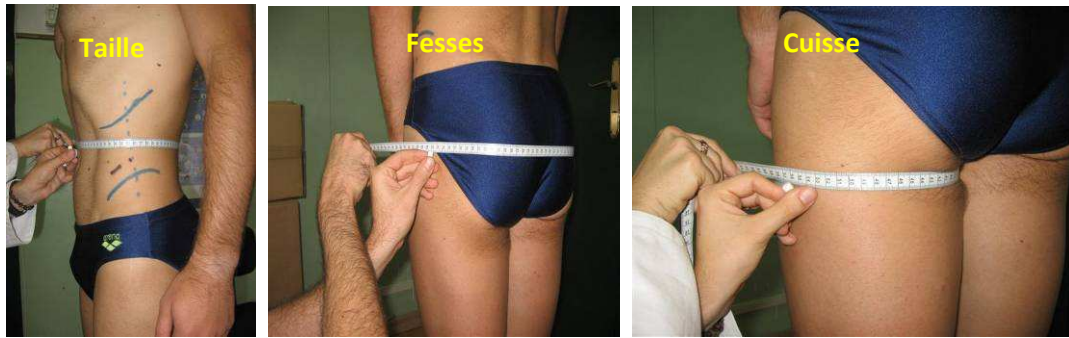


Figure 3. Localisation et méthode de mesure pour les circonférences