【特集号】

障がい者のエネルギー必要量の設定

元永 恵子

Estimation of energy expenditure in people with physical impairments

Keiko Motonaga

国立スポーツ科学センター, 〒115-0056 東京都北区西が丘3-15-1 (Japan Institute of Sports Sciences, 3-15-1 Nishigaoka, Kita-ku, Tokyo 115-0056, Japan)

Received: June 11, 2018 / Accepted: July 30, 2018

Abstract The scarce evidence on dietary reference intakes (DRIs) for people with physical impairments has made estimation of total energy expenditure (TEE) and nutritional requirements difficult. The first reason for this difficulty is that estimating basal metabolic rate (BMR) or resting energy expenditure (REE) is challenging. The second reason is the difficulty of estimating body composition, which is useful for calculating BMR, and the third reason is the difficulty of estimating physical activity level. The reason for all these difficulties is that DRIs applies to all types of physical disabilities. Thus, it turns out to be unenviable for planning nutritional programs and evaluating physical impairments. However, notable references are available on energy requirements not only for the corresponding health maintenance and promotional information for preventing physical impairments caused by lifestyle diseases in middle and old age but also for improving performance of Paralympic athletes. This review article focuses on the estimation of the energy requirements for people with physical impairments and discusses the possibilities and limitations of methods.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 67(5): 365-371 (2018)

Keywords : physical impairments, estimating energy requirements, basal metabolic rate, physical activity level

はじめに

東京オリンピック・パラリンピック競技大会が2020年に開催されることになって以降、メディアで取り上げられる障がい者アスリートのニュースや番組、記事の数は格段に増加した。スポーツ基本計画でも、健常者だけでなく障がい者の健康維持のために運動が有用であることが示され、実施者の増加が目標に挙げられている¹⁾。

健康の維持増進のために必要な要素は栄養・運動・休養であるのは周知の事実である。栄養では、「何をどれだけ食べればよいか」ということがポイントとなる。病院や学校、福祉施設やスポーツの現場で、患者や利用者、選手といった対象者のために栄養計画を立案する際に、管理栄養士や公認スポーツ栄養士が優先的に検討する項目の1つが、推定エネルギー必要量 (Estimated energy requirement: EER) の設定である。

エネルギーはいわゆる栄養素とは異なりその重量を計量することはできないが、「各種栄養素の必要量設定に大きな影響を及ぼす²⁾。Atwaterのエネルギー換算係数では三大栄養素と呼ばれるたんぱく質、脂質、炭水化物

はそれぞれ1gあたりおよそ4, 9, 4 kcalのエネルギーを産生する²⁾。エネルギー産生栄養素バランスはこれらの構成成分が総エネルギー摂取量に占める割合であり、これら栄養素の構成比率を指標として、三大栄養素の摂取不足の回避だけでなく、生活習慣病の発症予防とその重症化予防に役立てられる。そのため三大栄養素の必要量を設定する際には、体重あたりの栄養素必要量だけでなく、EERとエネルギー産生栄養素バランスが考慮される。また「日本人の食事摂取基準 (2015年版)」においてビタミンB₁、ビタミンB₂、ナイアシンの必要量は、エネルギー1000 kcalあたりで設定されている²⁾。すなわちこの3つの栄養素の必要量はエネルギー必要量に係数を乗じることで算出される。以上のことから、EERを設定することは他の栄養素の必要量を設定するためにも重要である。

一方で障がい者のEERの設定を行う場合、その障がいの特性上、健常者の値や式をそのまま用いると過大または過小評価となる可能性があるが、その詳細は不明である。そこで今回、身体障がい者のうち、特に肢体不自由者に着目してエネルギー代謝に関する知見を整理し、課

題について検討したい。

障がいとは

法律での定義は、平成23年に改定された「障害者基本法」³⁾によると、「身体障害、知的障害又は精神障害があるため、継続的に日常生活又は社会生活に相当な制限を受ける者をいう。」とされている（法律や医療現場では「障害」と表記される）。また平成25年制定の「障害者総合支援法」では、障がい者を有する者（難病患者を含む）のうち、18歳以上を障害者、18歳未満は障害児としている⁴⁾。

一般に「三障害」は「身体、知的、精神」の三つの障がいを指す⁵⁾。障がいの大きな概要はFig. 1⁵⁾に示すとおりで、視覚障がいや聴覚障がいは身体障がいの1つである⁵⁾。

障がい者のうち、特にエネルギー必要量を推定する上で配慮が必要と考えられるのは肢体不自由である。重複障がいでない場合、視覚、聴覚、知的、精神の各障がいにおいては、一般には歩行をはじめとする身体活動は健常者と同様に行うことが可能であるため、基礎代謝量（Basal metabolic rate: BMR）または安静時代謝量（Resting energy expenditure: REE）も「日本人の食事摂取基準（2015年版）」²⁾の健常者の方法に則って推定しても問題ないと考えられる。

肢体不自由の種類と原因疾患

肢体不自由と一言と言ってもその種類および障がい要因はさらに多岐にわたる。全国障害者スポーツ大会の陸上競技で用いられる障がい区分ではTable 1のように、特に競技特性にあわせた区分となっている⁶⁾。陸上競技において、上肢、下肢、体幹に障がいのある選手は義手、義足、杖など装具などを用いる、あるいは何も使用せず

に立位姿勢にて競技を行うことが多い⁶⁾。座位姿勢で陸上競技を行う選手に多い障がいとして脊髄損傷や脳性まひなどがあるが、中には両下肢切断者でも、義足で立位の種目を行うのではなく車いす競技を行う者も少なくない。陸上競技以外でも、例えば車いすバスケットボールやシッティングバレーでは、その競技特性から障がい種別に関わらずすべての競技者は座位姿勢で競技を行っている。

障がいの区分として、障がい要因からみた障がい区分とは別に、運動障がい（まひ）の分類によるものもある。代表的なまひとして、両下肢のまひである対まひ（paraplegia）、両上下肢のまひである四肢まひ（tetraplegia/quadruplegia）、四肢まひであるが下肢の障がいが比較的軽い両まひ（diplegia）などがある。このまひにも完全と不完全とがあり、不完全まひの場合、日常生活で短い距離であれば二足歩行が可能な脊髄損傷者や脳性まひ者もいる。以下に、代表的な肢体不自由の原因疾患について述べる。

脊髄損傷（Spinal Cord Injury: SCI） 脊髄損傷とは、脊柱に強い外力が加えられた結果、脊椎が破壊され脊髄が損傷をうける病態である⁷⁾。運動障がいとしては頸髄損傷では四肢麻痺となり、胸髄あるいは腰髄損傷では対麻痺となる⁷⁾。

脳性まひ（Cerebral Palsy: CP） 日本における脳性麻痺の定義は「受胎から生後4週間までに生じた脳の障害によっておこる、運動及び姿勢や片側上下肢のみが障がいの片まひ（hemiplegia）、対まひ、四肢まひ、両まひ、重複片まひ（double hemiplegia、四肢まひであるが下肢の障がいが比較的軽い）に分類される⁷⁾。

Fig. 1 Summary of types of disabilities (ref. 5)

Table 1. Classification of cripple types (ref. 6)

障害		疾患の例
切断・機能障害 (立位)	上肢	先天性欠損症、先天性奇形、切断（事故や疾病による）、腕神経叢まひ、脊髄性小児まひ（ポリオ）、分娩まひ
	下肢	先天性欠損症、先天性奇形、切断（事故や疾病による）、脊髄損傷不完全まひ、脊髄性小児まひ（ポリオ）、変形性股関節症、骨折・関節疾患
	体幹	先天性側弯症、脊椎カリエス、脊柱管狭窄症
脳血管障害・脳性まひ等 (脳原生まひ)		脳性まひ、脳血管障がい（脳出血、脳梗塞、くも膜下出血、もやもや病、脳動静脈奇形、頭部外傷、脳挫傷、脳腫瘍術後、脳炎、低酸素脳症、ガス中毒、脊髄小脳変性症（脳原生に入らない事例あり）
脊髄損傷等 (脳原生まひ以外で車いす使用)		脊髄損傷（外傷のほか、疾病では脊髄腫瘍、強直性脊髄炎、後縦靱帯骨化症など）、脊髄性小児まひ（ポリオ）、進行性筋萎縮症、二分脊椎、ギランバレー症候群、骨形成不全、多発骨折
その他		筋ジストロフィー、重症筋無力症など

急性灰白髄炎 (Poliomyelitis) / ポリオ (Polio) ポリオは、ポリオウイルスが口を介して腸で感染する。多くの場合は感染しても明らかな症状は現れず免疫ができるが、ウイルスが腸管から脊髄に入ると手や足に左右非対称性の弛緩性まひが現れる。

切断・欠損 (Amputee) (四肢) 切断とは、四肢の一部が何らかの原因により体から切り離された状態を指す⁸⁾。原因は事故などの外傷による損傷が多いが、悪性腫瘍や代謝性疾患（糖尿病、動脈硬化など）による血行障害から四肢末梢が壊死となり医師の診断で切断がなされることもある。身体障害者手帳では「欠損」という表現が用いられている⁹⁾。

切断・欠損部位により上肢・下肢に分類され、さらにどの部位の切断・欠損であるかにより細かく分類される。切断部位によっては関節拘縮を引き起こすことがある。

脳血管障害 (Cerebral Vascular Disease) / 脳卒中 (Stroke) 脳血管障害とは、脳血管の何らかの変化により、脳に一過性ないし持続性の虚血（梗塞）または出血が生じたものをいう⁸⁾。NINDS-Ⅲ分類により4つに分類され、脳卒中もその中に含まれる。脳卒中には脳梗塞 (Brain Infraction)、脳出血 (Brain Hemorrhage)、くも膜下出血 (Subarachnoid Hemorrhage)、動静脈奇形 (Arteriovenous Malformation: AVM) の病型があり、脳梗塞はさらにアテローム血栓性、心塞栓性、ラクナ、その他に分類される⁸⁾。脳血管障害によってみられるのは運動機能、感覚機能、知的機能、情動、高次脳機能障がいなどである。通常は片まひであり、不随意運動や足部の内反・尖足歩行がみられる場合もある。

肢体不自由者のEERを推定する上での課題

EERの推定式で代表的なものは「BMR×身体活動レベル (Physical activity level: PAL)」である²⁾。しかし基礎代謝基準値やGanpule et al.の式¹⁰⁾など「日本人の食事摂取基準 (2015年版)」で示されているBMRの推定式は健常者のデータに基づいたものであり、肢体不自由者が活用することについては想定されていない²⁾。障がいのBMR推定には、以前は障がいの程度に合わせて健常者よりも低く見積もる「係数」が示されていたようであるが¹¹⁾、現在ではそれがどのようなエビデンスを以て設定されたのか、その根拠を確認するには情報が不十分である。金谷と石田¹²⁾は、障害者支援施設において実際の食事摂取量と照合した結果、食事摂取基準の活用が必ずしも適切ではないとしている。またPALについても、「日本人の食事摂取基準 (2015年版)」では肢体不自由者への適用については言及されていない²⁾。

同様に、行動記録からメッツ値 (metabolic equivalent: METs, 座位安静時謝量の倍数として表した各身体活動の強度の指標)²⁾を活用してEERを設定しようとしても、肢体不自由者では不自由な部位や程度によって個人差が大きく、健常者で用いられるBMRを1.1倍する方法やMETsを活用する方法ではEERの推定が困難である。

もちろん、摂取エネルギーの過不足の指標である体重をモニタリングすることで、ある程度の評価することは可能である。しかしEERの設定に至るには数日の食事記録の分析によるエネルギー摂取量の算出が必要となる。さらに本来、どの食事アセスメント法を用いても15%程度の過小評価の可能性があることを忘れてはならない²⁾。

肢体不自由者のエネルギー代謝に関する報告

エネルギー代謝の研究では、事例数の少なさから、例えば脊髄損傷や脳性まひ、切断などを重度から軽度まで障がいレベルも考慮せずにまとめて「車いす利用者」と扱うなど、複数の障がい要因をまとめて報告している研究も少なくない^{13,14)}。しかしながらそれぞれの障がい要因がエネルギー代謝に与える影響は異なっている。全てを網羅することはできないが、代表的な肢体不自由の原因疾患ごとのエネルギー代謝研究について紹介する。

脊髄損傷 肢体不自由者のうち、最もエネルギー代謝の研究報告が多いのは脊髄損傷であり、これまでBuchholz and Pencharz⁸⁾、Price¹⁵⁾、Nevin et al.¹⁶⁾らによってエネルギー代謝に関するレビューが作成されている。脊髄損傷は完全まひと不完全まひとがあり、損傷部位の高度になるほど障がいの程度が重くなる。Buchholz and Pencharz⁸⁾によると慢性期の脊髄損傷者（およそ四肢まひ）のREEの実測値を健常者のものと比べた場合に14～27%低かったと報告している。健常者よりもREEが低い要因として、脊髄損傷者は特に下肢の除脂肪量が少ないことと、交感神経系活動の異常が考えられる⁸⁾。一方で実測したREEを体組成（除脂肪量など）で標準化すると、健常者との差はないとされ、食事誘発性体熱産生も健常者と同様であるとされている⁸⁾。

脳性まひ 脳性まひは、その疾患の特徴からエネルギー代謝の報告の多くは子供が対象とされている。Johnson et al.¹⁷⁾は成人（平均年齢が男女とも30代）を対象にDXAやDLWで調査を行い、REEは男性で 1611 ± 293 kcal/day、女性で 1363 ± 213 kcal/dayであったことを報告している。一方で、成人脳性まひ者の身体活動内容が個人間で異なる結果、TEEの値もばらばらであったこと、障がいにより歩行の可否が異なるが、それがTEEの推定に大きな影響を及ぼすこと、またTEEに占めるRMRの割合も歩行の可否により異なっていることが示された¹⁷⁾。

Claridge et al.¹⁸⁾は、脳性まひの重症度の分類尺度である粗大運動機能評価システム（Gross Motor Function Classification System: GMFCS）を用いて対象を5つに分類し、制限なしに歩行できるレベル1と、補助具を用いても自力での移動が難しいレベル5で活動時間を比較したところ、座位活動時間はレベル5が長く、身体活動時間はレベル1が長かったことを報告しており、これらもエネルギー代謝に影響すると考えられる。

急性灰白髄炎 脳性まひと同様、若年で発症するケースが多いが、エネルギー代謝の研究では中年以降に発症するポリオ後症候群を対象としたものや、膝から足にかけて

の装具を用いて歩行する場合のエネルギー消費量を調査したものが多く、Bargieri et al.¹⁹⁾は間接熱量計で測定したBMRをDXAにより得られた体組成データから分析したところ、ポリオ者（ 47.5 ± 7.5 歳）のBMRは体重や除脂肪体重あたりにすると同年齢のコントロール群（ 41.6 ± 10.8 歳）のものと差がなかったと報告している。またDavis et al.²⁰⁾は補助具を装着した場合の歩行によるエネルギー消費量は健常者の歩行のものと変わらないとしている。

切断・欠損 切断者に関するエネルギー代謝の研究では、各種義足を装着して歩行した際のエネルギー消費量を検討したものが多くようである。Gailey et al.²¹⁾の報告では、脛骨以上の切断者において、健常者と比較した際に2ポンド（907 g）までの重量の義足を装着した歩行は代謝に影響がないとしている。切断部位（割合）がBMRやREEに及ぼす影響に関するエビデンスは十分ではないが、二重エネルギーX線吸収測定法（Dual-energy x-ray absorptiometry: DXA）による体組成評価が可能であればCunninghamの式によりREEが評価できるという報告もある²²⁾。

脳血管障害/脳卒中 脳血管障害を対象とした報告は少なく、Nagano et al.²³⁾は脳梗塞の急性期のREE量が796～1637 kcalであったことを報告しているが、対象者30名の平均年齢は79.5歳と非常に高齢である。

各種推定式によるBMR・REEの算出値と 間接熱量計による実測値の比較

Bargieri et al.¹⁹⁾はポリオを対象に間接熱量計で測定したBMRはHarris-Benedict式で求めた推定値より10%低かったと報告している。Buchholz and Pencharz⁸⁾によると慢性期の脊髄損傷者（およそ四肢まひ）で、Harris-Benedictなどの推定式を用いて算出したBMRよりも、実測値では5～32%低かった。Nagano et al.²³⁾が脳梗塞（脳卒中）者を対象に行った研究では、Harris-Benedict、Cunningham、Owen、Mifflin、Wangと日本人の簡易式（Otani）を用いてBMRを推定した結果、Harris-Benedict式が実測値に最も近かったとしている。さらに萩原ら²⁴⁾によると、痙直型の脳性まひの基礎代謝基準値は、健常者よりも1.3～1.9倍高いことも報告されている。Nevin et al.¹⁶⁾によるレビューでは、脊髄損傷者を対象とした先行研究より各種推定式とBMR・RMRの実測値との比較に関するまとめを行い、Harris-Benedict式では30%以上高い過大評価を示した研究がある一方、あまりに代謝の低い対象者の研究では推定値と実測値に差がなかったと報告している。そのため彼らは推定式を用いることを現状では「つかみどころ

がない」とし、なるべく実測することを進めている¹⁶⁾。

アスリートを対象とした調査では、まず Juzwiak et al.¹³⁾ が、ブラジルのパラリンピック陸上競技選手（視覚障がい、下肢欠損、脳性まひ）のBMR実測値をHarris-Benedict, Cunningham, Owen, FAO/OMS, ブラジルの食事摂取基準, Mifflinの式で得た推定値と比較し、この対象者ではOwenとMifflinの式が最も実測値に近かったと報告している。またPelly et al.²⁵⁾ は男性脊髄損傷選手のREEを測定し、Harris-Benedict, Cunningham, Schofield, Owen, Mifflinの各種式から得た推定値との比較を行った。その結果、実測値と比べてOwenの式以外では有意差はなかったが、実測値との有意な相関もみられず、脊髄損傷アスリート用に修正が必要であるとした。

肢体不自由者のBMRおよびREE推定に影響する因子

Scaramella et al.²⁶⁾ によると、代謝やエネルギー消費量減少の因子として脊髄損傷や下部位の脳性まひ、両下肢切断を挙げ、それらは筋肉量の減少の因子ともなり得るとされているが、詳細な検討を行ったエビデンスはまだあまりみられない。また例えば同じ脊髄損傷という障害のカテゴリに区分される疾患であっても、胸髄損傷と比べて頸髄損傷では一般的に体重や除脂肪量が少ないなど、その障がいレベルにより体重や体脂肪量、除脂肪量の個人差が大きくなることが考えられる。Table 2には、肢体不自由者のエネルギー代謝量推定に影響する要因をまとめたが、いくつもの影響因子があることがわかる。

健常者の推定式が肢体不自由者にとって扱いにくい理由の1つに除脂肪量の推定が挙げられる。OwenやWang, Cunninghamらの推定式は除脂肪量を用いてい

るが、その推定を皮脂厚法で行うか（Juzwiak et al.¹³⁾ かDXAで行うか（Pelly et al.²⁵⁾ インピーダンスを用いるか（Nagano et al.²³⁾）により同一対象者でも算出される除脂肪量が異なり、BMRおよびREEを算出する際に誤差を大きくする一因となっている。

以上のような背景から、現状では、肢体不自由者のBMRおよびREEの推定には、計測方法によって値が異なる除脂肪量を用いた推定式を用いるよりも、身長、体重、性別、年齢を係数としたHarris-BenedictやMifflinの方がより実測値に近くなる可能性がある。日本人の肢体不自由者では、日本人を対象としてこの4つの因子をもとに作成されたGanpule et al.¹⁰⁾ の式が扱いやすいと考えられるが、それをゴールドスタンダードとして扱うには時期尚早である。

肢体不自由者のPALの設定 前述のように「日本人の食事摂取基準（2015年版）」²⁾ には肢体不自由者のPAL設定に関する記述はない。内山ら²⁷⁾ は先行研究をもとにリハビリテーション期の脊髄損傷者のPALを1.4、リハビリテーションを実施していない場合にはPALを1.2と仮定し、1か月後の体重変化と、EERとエネルギー摂取量との差から予測した体重の変化からその値が適切であったと推察している。稲山ら²⁸⁾ は在宅脊髄損傷者のPALを1.5と設定し、身体活動レベルのアセスメントも重要であるとしている。Motomaga et al.²⁹⁾ が陸上競技T54クラスの脊髄損傷者を対象に二重標識水法で得た総エネルギー消費量とBMRから算出したPALでは2.0を超えるケースもみられ、肢体不自由であっても活動的な対象者の場合には健常者と同様のPAL値とするのが良いと考えられる。

肢体不自由者の総エネルギー消費量推定に関する研究

Table 2. Influential factors for estimating energy expenditures in physical impairments

項目	考慮すべき点
障がい部位が上肢か下肢か体幹か、欠損や障がいの程度はどうか	体幹や下肢など筋肉量が多い部位で、切断および機能不全があると筋肉量が少なくなる。
脊髄の障がい部位が下位か上位か	脊髄損傷や脳性麻痺などは障がい部位が上位・重度になるほど動かせる部位が少なくなり、筋肉量が少なくなる。
まひが完全か不完全か	不完全まひの場合、日常生活は歩行する場合もあり、一般に完全まひより筋肉量が多い。
痙性があるかどうか	痙性がある場合、不随意運動に伴う筋肥大がみられ、代謝も高くなる。
日常生活が立位か車いすか	身体活動時に下肢を使用する方が下肢の筋肉量が多くなる。また日常的な移動手段が車いすである場合、下肢の筋肉量が少ない傾向にある。
競技時に立位か車いすか	
自走車いすか電動車いすか	自走であれば上肢の筋肥大が見込まれるが、電動であれば筋肉量は少なくなる。

については、加速度計を用いる方法³⁰⁾やCollins et al.³¹⁾による脊髄損傷レベルごとのMETsの検討や、心拍数との関係、行動記録による推定も実施されている。今後これら汎用性の高い手法が確立すれば、肢体不自由者のPALに関するさらなるエビデンスが得られると期待される。

おわりに

これまで肢体不自由者をはじめとする障がい者のエネルギー代謝に関するエビデンスは非常に少なかった。しかしながら近年、パラリンピックに出場する障がい者の活躍も後押しして世界的に障がい者や障がい者アスリートを対象とした報告が増えている。中高年者の生活習慣病を起因とした中途障がいへの健康維持・増進の目的だけでなく、障がい者アスリートの競技力向上のための栄養戦略を立案するためにも、EERの設定は重要である。BMRおよびREEの推定式、体組成推定方法、PALの設定の大きく3つに関する知見が今後さらに深まれば、肢体不自由者のEER設定がより容易になると期待される。

利益相反自己申告：申告すべきものはなし

参考文献

- 1) スポーツ庁. 第2期スポーツ基本計画. http://www.mext.go.jp/sports/b_menu/sports/mcatetop01/list/1372413.htm (アクセス日：2018年6月9日)
- 2) 佐々木 敏, 菱田 明. 日本人の食事摂取基準 2015年版, 第一出版, 東京, 2014.
- 3) 内閣府. 障害者基本法. <http://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/kihonhou/s45-84.html> (アクセス日：2018年6月9日)
- 4) 厚生労働省. 障害者自立支援法. <http://www.mhlw.go.jp/topics/2005/02/tp0214-1.html> (アクセス日：2018年6月9日)
- 5) 大久保春美. 第2編 障害者スポーツの理念と指導法, 第1章障がい者スポーツの意義と理念, 障がい者スポーツ指導教本 初級・中級 <改訂版>, 日本障がい者スポーツ協会編, ぎょうせい, 東京, 23-26, 2012.
- 6) 大久保春美. 第2編 障害者スポーツの理念と指導法, 第3章指導上の留意点, 障がい者スポーツ指導教本 初級・中級 <改訂版>, 日本障がい者スポーツ協会編, ぎょうせい, 東京, 34-35, 2012.
- 7) 草野修輔. 第4編 身体と障害, 第2章障害各論, 障がい者スポーツ指導教本 初級・中級 <改訂版>, 日本障がい者スポーツ協会編, ぎょうせい, 東京, 129-139, 2012.
- 8) Buchholz AC, Pencharz PB. Energy expenditure in chronic spinal cord injury. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 7: 635-639, 2004.
- 9) 厚生労働省. 身体障害者障害程度等等級表. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/shougaihoken/shougaiashatechou/dl/toukyu.pdf> (アクセス日：2018年6月9日)
- 10) Ganpule AA, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects. *Eur J Clin Nutr* 61: 1256-1261, 2007. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602645.
- 11) 大和田浩子. Ⅲ実践編 障害者施設における活用, 日本人の食事摂取基準 (2005年版) の活用, 山本 茂, 由田克士編, 第一出版, 東京, 72-74, 2005.
- 12) 金谷由希, 石田裕美: 障害者支援施設における「日本人の食事摂取基準」の活用に関する基礎的検討, 栄養学雑誌, 68: 104-109, 2010. doi: 10.5264/eiyogakuzashi.68.104.
- 13) Juzwiak CR, Winckler C, Joaquim DP, Silva A, de Mello MT. Comparison of measured and predictive values of basal metabolic rate in Brazilian paralympic track & field athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 26: 330-337, 2016. doi: 10.1123/ijsnem.2015-0015.
- 14) Knechtle B, Köpfli W. Treadmill exercise testing with increasing inclination as exercise protocol for wheelchair athletes. *Spinal Cord* 39: 633-636, 2001. doi: 10.1038/sj.sc.3101229.
- 15) Price M. Energy expenditure and metabolism during exercise in persons with a spinal cord injury. *Sports Med* 40: 681-696, 2010. doi: 10.2165/11531960-000000000-00000.
- 16) Nevin AN, Steenson J, Vivanti A, Hickman IJ. Investigation of measured and predicted resting energy needs in adults after spinal cord injury: a systematic review. *Spinal Cord* 54: 248-253, 2016. doi: 10.1038/sc.2015.193.
- 17) Johnson RK, Hildreth HG, Contompasis SH, Goran MI. Total energy expenditure in adults with cerebral palsy as assessed by doubly labeled water. *J Am Diet Assoc* 97: 966-970, 1997.
- 18) Claridge EA, McPhee PG, Timmons BW, Martin Ginis KA, Macdonald MJ, Gorter JW. Quantification of Physical Activity and Sedentary Time in Adults with Cerebral Palsy. *Med Sci Sports Exerc* 47: 1719-1726, 2015. doi: 10.1249/MSS.0000000000000589.
- 19) Bargieri JV, Quadros AA, Pereira RD, Oliveira AJ, Lazaretti-Castro M, Silva AC. Basal metabolic rate and body composition in patients with post-polio syndrome. *Ann Nutr Metab* 53: 199-204, 2008. doi: 10.1159/000178156.
- 20) Davis PC, Bach TM, Pereira DM. The effect of stance control orthoses on gait characteristics and energy expenditure in knee-ankle-foot orthosis users. *Prosthet Orthot Int* 34: 206-215, 2010. doi: 10.3109/03093641003773189.
- 21) Gailey RS, Nash MS, Atchley TA, Zilmer RM, Moline-Little GR, Morris-Cresswell N, Siebert LI. The effects of prosthesis mass on metabolic cost of ambulation in non-vascular trans-tibial amputees. *Prosthet Orthot Int* 21: 9-16, 1997. doi: 10.3109/03093649709164525.
- 22) Elizabeth Broad, Chapter25, Special needs: the Paralympic athlete, *Clinical Sports Nutrition 5th edition*, Louise Burke, Vicki Deakin, McGraw-Hill Education, AUS, 707-729, 2015.
- 23) Nagano A, Yamada Y, Miyake H, Domen K, Koyama T.

- Comparisons of predictive equations for resting energy expenditure in patients with cerebral infarct during acute care. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 24: 1879-1885, 2015. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.04.029.
- 24) 萩原大介, 尾立純子, 佐伯孝子, 羽生大記, 湯浅 (小島) 明子, 湯浅 (松井) 勲: 身体障害者における推定エネルギー必要量について, 生活科学研究誌, 6: 1-5, 2007.
- 25) Pelly FE, Broad EM, Stuart N, Holmes MA. Resting energy expenditure in male athletes with a spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 41: 208-215, 2018. doi: 10.1080/10790268.2017.1317060.
- 26) Scaramella J, Kirihennedige N, Broad E. Key nutritional strategies to optimize performance in para athletes. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 29: 283-298, 2018. doi: 10.1016/j.pmr.2018.01.005.
- 27) 内山久子, 角田伸代, 横瀬道絵, 佐久間 肇, 繁田文子, 岡 純, 稲山貴代, 加園恵三: 脊髄損傷者の栄養・食事計画における安静時代謝量測定意義の検討, 日本栄養士会雑誌, 53: 911-918, 2010. doi: 10.11379/jjda.53.911.
- 28) 稲山貴代, 横瀬道絵, 角田伸代, 内山久子, 佐久間 肇, 樋口幸治, 岡 純, 加園恵三: 推定方法の違いによる在宅の脊髄損傷者の推定エネルギー必要量についての検討, 栄養学雑誌, 71: 59-66, 2013. doi: 10.5264/eiyogakuza-shi.71.59.
- 29) Motonaga K, Hakamada N, Kondo E, Yoshino M, Kamei A, Shimizu K, Shimizu J, Oishi M, Suzuki A, Yamada Y, Hangai M, Ishige Y. Total energy expenditure of spinal cord injured athletes measured by Doubly Labeled Water method. *J Phys Fitness Sports Med* 6: 463, 2017.
- 30) Takigawa R, Inayama T, Yamada K, Muraoka Y, Ohkawara K. Assessment of daily physical activities with sensors attached to the upper limbs in healthy adults using a manual wheelchair. *J Phys Fitness Sports Med* 7: 193-202, 2018. doi: 10.7600/jpfs.7.193.
- 31) Collins EG, Gater D, Kiratli J, Butler J, Hanson K, Langbein WE. Energy cost of physical activities in persons with spinal cord injury. *Med Sci Sports Exerc* 42: 691-700, 2010. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181bb902f.