

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：82632

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K11121

研究課題名（和文）障がい者アスリートのエネルギー必要量推定方法の構築

研究課題名（英文）Development of the method to estimate the energy requirements of physically disabled athletes

研究代表者

元永 恵子（Namma-Motonaga, Keiko）

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ科学・研究部・先任研究員

研究者番号：20330516

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：この研究の目的は、肢体不自由のアスリートを対象に、総エネルギー消費量（TEE）と基礎代謝量（BMR）から身体活動レベル（PAL）を推定することと、BMRと体組成との関連を明らかにすることである。TEEは二重標識水法を用いて推定し、BMRは呼気ガス分析によって結果を得た。この結果とBMRからPALを推定した。さらに、二重エネルギーX線吸収測定法を用いて体組成を評価しBMRとの関連を検討した。その結果、特に脊髄損傷アスリートの場合は、損傷高位や麻痺の完全性が筋肉量や体組成に影響することがBMRの推定に影響すること、またPALは健常のアスリートと同程度である可能性が高いことが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アスリートは非アスリートよりもエネルギー消費量が多く、健常者より肢体不自由の方がエネルギー消費量が少ない。では肢体不自由のパラアスリートではどのように考えれば良いかがこれまで不明であった。本研究ではパラアスリートの基礎代謝量は体重・除脂肪量に起因して健常者より少ないが、身体活動レベルは健常のアスリートと同程度である可能性が示された。本成果はパラアスリートだけでなく運動習慣のない肢体不自由者でも身体活動量の増加によりエネルギー消費量を増やすことができることを示しており、健康づくりの一助となると期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to estimate physical activity level (PAL) from total energy expenditure (TEE) and basal metabolic rate (BMR) in physically disabled athletes, and to clarify the relationship between BMR and body composition. TEE was estimated using the doubly labeled water method, and BMR was obtained by expired gas analysis. PAL was estimated from these results and BMR. In addition, body composition was evaluated using dual-energy X-ray absorptiometry, and the relationship with BMR was examined. As a result, it was thought that the level of injury and completeness of paralysis, especially in athletes with spinal cord injuries, affect muscle mass and body composition, which may affect the estimation of BMR. It was also shown that PAL is likely to be similar to that of able-bodied athletes.

研究分野：スポーツ栄養学

キーワード：パラアスリート エネルギー消費量 基礎代謝量 身体活動レベル 体組成 二重標識水法 肢体不自由 脊髄損傷

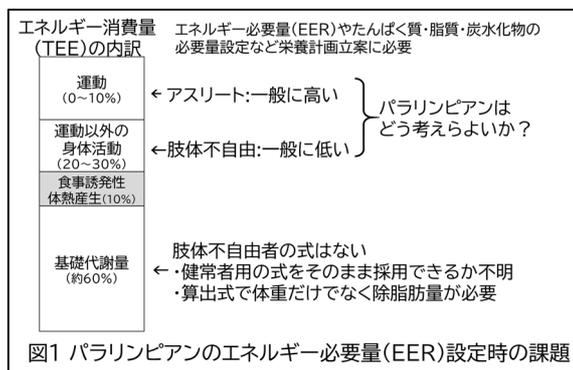
科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

選手の栄養サポートを行う上で重要な項目の1つに推定エネルギー必要量 (Estimated energy requirement、EER) の設定がある。これが確定すると三大栄養素であるたんぱく質、脂質、炭水化物の目安量も設定でき、増量や減量など体づくりに応じたアドバイスも提案しやすい。

パラリンピアンのうち視覚障がいや知的障がいの場合、四肢体幹に障がいがないければ健常者と同様「日本人の食事摂取基準 (Dietary reference intakes for Japanese、DRI)」やアスリート用の推定式から EER を設定できる。しかし肢体不自由者では、麻痺や欠損等により代謝や体組成が健常者と異なる可能性が高く、一般的な式を当てはめるのが難しい (図1)。例えば支援施設利用の肢体不自由者の EER 算出では DRI の活用が必ずしも適切ではないとの報告がある (金谷 2010)。その理由として重症心身障がい児 (者) は健常児より基礎代謝量 (Basal metabolic rate、BMR) が低い、低体重であれば相対的に体重あたりの BMR が高いこと (高橋 1984) 電動車椅子利用者でも筋緊張や不随意運動がある場合は健常者より安静時代謝量が高いこと (萩原ら 2007) 障がい者の身体活動レベル (Physical Activity Level、PAL) が健常者と異なる可能性があること (金谷 2010、萩原 2007) が考えられる。

総エネルギー消費量 (Total energy expenditure、TEE) 測定のゴールドスタンダードは安定同位体である重水 (^2H) と重酸素 (^{18}O) を用いた二重標識水 (Doubly Labeled Water、DLW) 法とされ、成果は国内外で EER 推定式や DRI のエビデンスとして用いられている。また健常者の多くの EER 推定式には BMR や PAL が用いられているが、障がい者では DLW 法による TEE や PAL、EER の報告はほとんどない (Broad 2013)。



2. 研究の目的

障がい者アスリートを対象として、健常者の BMR 推定式を障がい者にも活用できるか、また PAL も健常者と同様に評価できるかの検証を行い、EER 推定方法の構築を図る。

さらに肢体不自由者のうち、特に車いすアスリートのエネルギー代謝と二重エネルギーX線吸収測定法 (dual-energy X-ray absorptiometry、DXA) で推定した身体組成の特徴を非アスリート群と比較することで明らかにし、肢体不自由者の TEE 推定にあたり、BMR に寄与する障害の状況や除脂肪量 (Lean Body Mass、LBM) との関連について検討する。

3. 研究の方法

(1) 脊髄損傷アスリートに活用できる基礎代謝量推定式の検討

男性の脊髄損傷アスリート6名 (36 ± 6 歳、損傷高位胸髄2番 ~ 腰髄4番、国際障がい者陸上競技連盟の規定で T54 に分類される障がい) を対象とし、9 時間以上の絶食状態にて呼気ガス分析にて BMR を測定した。体組成評価は DXA 法を用い、体脂肪率と除脂肪体重 (Lean Body Mass、LBM) を得た。BMR 推定式は、日本人の食事摂取基準 2015 に記載されている基礎代謝基準値に体重を乗じた式、JISS 式、Ganpule 式 (身長を利用)、Ganpule 式 (指極長を利用)、Harris-Benedict 式、Shofield 式とした。~ は日本人データに基づく推定式である。

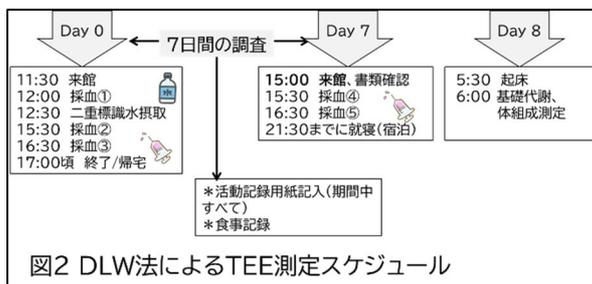
(2) 対麻痺のあるアスリートと非アスリートの基礎代謝量の比較

対象は対麻痺のあるアスリート7名 (34 ± 7 歳、A 群) および非アスリート4名 (41 ± 4 歳、N 群) を対象とした。BMR は呼気ガス分析により行い、身体組成は DXA 法で評価した。

(3) 二重標識水法による脊髄損傷アスリートの身体活動レベルの推定

(1) と同じアスリートを対象とした。競技は、陸上中・長距離5名、バドミントン1名である。TEE は DLW 法、身体組成の評価は DXA 法を用いた。

DLW は図2に示すとおり7日間の調査期間で、血液検査により ^2H と ^{18}O の体内濃度を分析し、得られた値から TEE を推定した。また BMR は(1)で得られた呼気ガス分析値を用いた。TEE を BMR で除すことで PAL を算出した。



4. 研究成果

(1) 脊髄損傷アスリートに活用できる基礎代謝量推定式の検討

対象者の身体計測値として、仰臥位身長 170.7±7.3cm、仰臥位指極長 176.6±8.0cm、体重 61.9±3.9kg、体脂肪率 17.1±4.4%、LBM51.5±5.7kg、BMR 測定値は 1355±202kcal、体重当たり BMR は 22.1±2.8kcal であった。

各式の推定値は 1398±98kcal、1467±164kcal、1447±72kcal、1480±90kcal、1532±80kcal、1589±48kcal で、とは測定値よりも有意に高かった (p<0.05)。

測定値と推定値で最も相関が高かったのはであった。また対象者のデータを用い個別に測定値と推定値を比較したところ、胸髄損傷者 3 名は腰髄損傷者 3 名よりも誤差が大きかった (図 3)。

脊髄損傷者の BMR の影響因子には体重や除脂肪量だけでなく損傷高位が考えられ、脊髄損傷アスリートには日本人の推定式を活用できるが、腰髄損傷者に限定される可能性が示唆された。

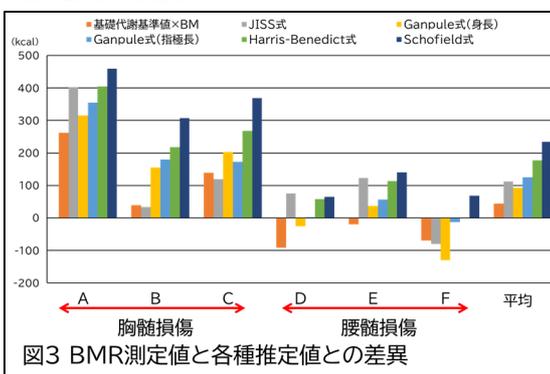


図3 BMR測定値と各種推定値との差異

(2) 対麻痺のあるアスリートと非アスリートの基礎代謝量の比較

BMR は A 群 1340±189kcal/日、N 群 1356±178kcal/日で、群間で有意差はみられなかった。体重は A 群 61.5±3.7kg、N 群 61.8±5.0kg だった。体脂肪率は A 群 (18.4±5.4%) が N 群 (27.6±2.3%) よりも有意に高値だった (p=0.004)。

図 4 に示すとおり、体重当たり BMR は A 群 (21.7±2.3kcal/kg/日) と N 群 (22.2±4.2kcal/kg/日) であり、健常者の基礎代謝基準値 (30~49 歳で 22.3 kcal/kg/日) と大きく差はないようであった。LBM 当たりの BMR の A 群 26.7±2.9kcal/kg/日、N 群 30.6±5.9kcal/kg/日にも有意な差はみられなかった。

以上より、対麻痺のアスリートは非アスリートよりも体脂肪率は低い、BMR には両者で差異がない可能性が示唆された。

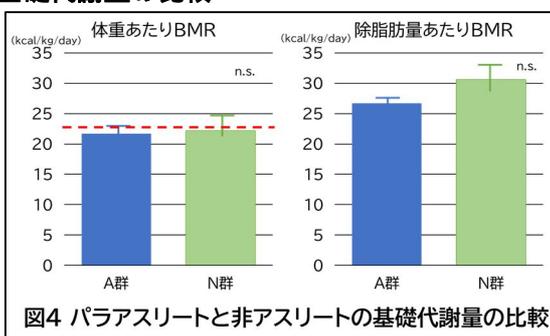


図4 パラアスリートと非アスリートの基礎代謝量の比較

(3) 二重標識水法による脊髄損傷アスリートの身体活動レベルの推定

TEE は 2755±692kcal/day (2078~3967kcal)、BMR は 1355±202kcal/day (1130~1565) であり、PAL は 2.01±0.41 (1.42~2.54) であった。調査期間中の平均睡眠時間は 459±53 分 (390~519 分)、トレーニングの時間は 182±8 分 (64~321 分) であった。

日本人の食事摂取基準 2015 では座位中心の生活者の PAL は 1.50 (1.40~1.60)、活動的な人で 2.0 (1.90~2.20) とされているが、今回の対象者で PAL が 2.0 を超えた者は 4 名おり、障がい者アスリートの PAL は健常者アスリートと同様に高いことが確認できた。一方で BMR は健常者よりも低い傾向がみられ、それぞれが TEE に影響することが考えられた。

本研究により障がい者アスリートのうち特に脊髄損傷アスリートの TEE をはじめとする代謝指標を確認することができた。これにより、脊髄損傷アスリートのエネルギー必要量設定の考え方を整理することができたと考えられる。一方で実際には体重のモニタリングと併用しながら栄養サポートを実施していく必要がある。

特に脊髄損傷者に着目した Nevinら(2016)によるシステマティックレビューでは「脊髄損傷者の REE 推定

に与える要因は多種多様であり、使用できる有効な推定式はなく実測が望ましい」と述べている。その後 Chunら(2017)や Nightingale と Gorgey(2018)が作成した脊髄損傷(非アスリート用)の推定式も、Maら(2022)は大幅な過小評価であったと報告している。

本研究を実施していく中で、BMR および REE 推定に影響する因子として表のような項目を検討しており、このような障害特性や体組成を含む身体特性とエネルギー代謝の関連を丁寧に整理・体系化することが、BMR および EER 推定の精度向上につながると考えている。

表 肢体不自由者のBMR推定に影響する要因

項目	考慮すべき点
欠損・切断部位が上肢か下肢か	下肢の方が筋肉量が多いため、上肢切断よりも基礎代謝量は少なくなると考えられる。
欠損・切断の程度がどのくらいか	軽度の切断・欠損であれば健常者と同程度とみなせるが、切断部位が大きいほど筋肉量の欠損が大きくなり、基礎代謝量は少なくなる。
脊髄の損傷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筋肉量も少なくなるため、基礎代謝量が少なくなる。
日常生活が立位か車いすか 競技時に立位か車いすか	身体活動時に下肢を使用する方がエネルギー消費量は大きい。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。
麻痺が完全か不完全か	不完全麻痺の場合、日常生活で立位姿勢の保持や歩行が可能ならば筋肉量が維持されることもある。
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、基礎代謝量も高くなる。
自走車いすか 電動車いすか	車いす自走であれば上肢の筋肥大が見込まれるが、電動であれば筋肉が使われず基礎代謝量は低下する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 田村 尚之, 高橋 佐江子, 堀田 泰史, 笹代 純平, 大石 益代, 安田 純, 亀井 明子, 元永 恵子, 高井 恵理, 立谷 泰久, 江田 香織, 寶宝 希祥, 浅野 友之, 栗林 千聡, 遠藤 拓哉, 谷内 花恵, 阿部 成雄, 山下 大地, 中嶋 耕平.	4. 巻 9
2. 論文標題 村外サポート拠点の運営 サポート機能	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of High Performance	6. 最初と最後の頁 24-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 村上 裕佳子, 中田 綾子, 奥松 美恵子, 安田 純, 元永 恵子, 亀井 明子	4. 巻 7
2. 論文標題 知的障がい陸上選手に対する栄養サポートの事例報告	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of High Performance Sport	6. 最初と最後の頁 78 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32155/jissjhps.7.0_78	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 元永 恵子, 袴田 智子	4. 巻 71
2. 論文標題 「パラアスリートボディ」パラアスリートの身体組成とエネルギー必要量 特に肢体不自由のあるアスリートの場合	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 571 ~ 577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 元永恵子, 袴田智子	4. 巻 253
2. 論文標題 肢体不自由のアスリートの体組成評価と栄養管理 (特集 障害者の健康増進アプローチ)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly book medical rehabilitation	6. 最初と最後の頁 17-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 元永恵子	4. 巻 5
2. 論文標題 パラリンピックアスリートのエネルギー必要量推定に関する考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Performance Sport	6. 最初と最後の頁 35-43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 元永恵子
2. 発表標題 パラリンピックアスリートの栄養サポート
3. 学会等名 第11回スポーツメディスンフォーラム「アスリートを総合的に診よう」スポーツ栄養部門 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Motonaga Keiko, Yamada Yosuke, Yoshida Tsukasa, Kondo Emi, Nakagata Takashi, Sagayama Hiroyuki, Yoshino Masae, Hakamada Noriko, Yamamoto Maho, Takahashi Hideyuki, Hangai Mika, Ogata Toru.
2. 発表標題 Total energy expenditure and physical activity level of Japanese athletes with spinal cord injury, as measured using the doubly labeled water method.
3. 学会等名 VISTA 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 元永 恵子, 山田 陽介, 吉田 司, 近藤 衣美, 中瀬 崇, 下山 寛之, 吉野 昌恵, 袴田 智子, 山本 真帆, 高橋 英幸, 半谷 美夏, 緒方徹.
2. 発表標題 対麻痺のあるアスリートと非アスリートの基礎代謝量の比較.
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 元永恵子、山田陽介、吉田司、近藤衣美、中潟崇、下山寛之、吉野昌恵、袴田智子、山本真帆、高橋英幸、半谷美夏、緒方徹
2. 発表標題 脊髄損傷アスリートに活用できる基礎代謝量推定式の検討
3. 学会等名 第28回日本障害者スポーツ学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 元永 恵子、吉野 昌恵（宮本 俊和、河合 純一編著）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 筑波大学出版会	5. 総ページ数 250
3. 書名 視覚障害者のためのスポーツ指導（担当：分担執筆，範囲：第2部 視覚障害者スポーツの指導 第10章 視覚障害アスリートと栄養）	

1. 著者名 元永 恵子、吉野昌恵（寺田新編著）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 市村出版	5. 総ページ数 248
3. 書名 9章 パラアスリートへの栄養指導・栄養サポート（スポーツ栄養学最新理論）	

1. 著者名 元永 恵子、緒方 徹（日本スポーツ栄養学会監修）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 市村出版	5. 総ページ数 276
3. 書名 部 スポーツ医学 4 障がい者スポーツ（エッセンシャルスポーツ栄養学）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------