

日本人幼児におけるエネルギー消費量が 運動能力および身体組成に与える影響

寺本 圭輔¹⁾ 片岡 佑衣²⁾ 村松愛梨奈³⁾
乙木 幸道⁴⁾ 井川 正治⁵⁾

- 1) 愛知教育大学
- 2) 愛知教育大学大学院
- 3) 鈴鹿工業高等専門学校
- 4) 久留米大学
- 5) 日本体育大学

The influence of energy expenditure on motor ability and body composition in Japanese preschool children

Keisuke TERAMOTO¹⁾ Yui KATAOKA²⁾
Erina MURAMATSU³⁾ Kodo OTOKI⁴⁾
Shoji IGAWA⁵⁾

- 1) Aichi University of Education
- 2) Graduate School of Aichi University of Education
- 3) National Institute of Technology, Suzuka College
- 4) Kurume University
- 5) Nippon Sport Science University

キーワード：エネルギー消費量, 二重標識水法, 体力・運動能力, 身体組成, 幼児

Key Words : Energy expenditure, Doubly labeled water method, Physical fitness and motor ability, Body composition, Preschool children

本研究は、幼児期における1日のエネルギー消費量 (Total Energy Expenditure; TEE), 活動エネルギー消費量 (Physical Activity Energy Expenditure; PAEE) と運動能力, 身体組成との関連性について検討を行った。被験者は日本人の幼児30名であり, 二重標識水法 (Doubly labeled water method) により TEE を, 呼気ガス代謝モニターにより安静時エネルギー消費量 (Resting Energy Expenditure; REE) を評価し, PAEE を $TEE \times 0.9 - REE$ として算出した。形態・身体組成は, 身長, 体重, 周径囲, 皮下脂肪厚, 骨端幅および仰臥位による生体インピーダンス値を測定した。体力・運動能力テストは握力, 体支持持続時間, 垂直跳び, 立ち幅跳び, 25m 走, ソフトボール投げ, 棒上片足立ち, 伏臥上体そらし, 長座体前屈について評価した。その結果, エネルギー消費量および体力・運動能力には有意な性差はみられなかった。一方, PAEE と運動能力の間には全てにおいて関係性は認められなかったが, 身長, 大腿骨端幅, 除脂肪量と体力・運動能力指標との間には有意な相関関係を示した。従って, この時期の運動能力が身体活動量や活動性の大きさに影響されるよりむしろ身体発育の影響を受ける可能性が大きいことが示唆された。

I 研究目的

この数十年において、小児の体型が大型化する一方で運動能力の低下は顕著であり、小児期の体力低下は既に乳幼児期から生じているという指摘もされている¹⁾。また、肥満傾向の小児が増え^{2,3)}、それは成人期の肥満や糖代謝異常にも繋がるため、幼児期から注意が必要とされている⁴⁾。これらには社会背景の変化によるさまざまな要因が影響を及ぼしていると考えられるが、テレビゲームに代表される室内遊びの増加による身体活動量の減少傾向、それに伴う摂取と消費のエネルギー出納のアンバランスも一因であろう⁵⁾。平成24年3月には「幼児期運動指針」⁶⁾が公表され、幼児期において獲得すべき基本的運動能力、適正な生活習慣・運動習慣を身につけることの必要性が示された。この策定意義として、先にも示した環境の変化による身体活動量の低下を防ぎ、呼吸循環機能の発達や筋力、骨の健全な発育を促すことなどが挙げられている⁷⁾。しかしながら、現状として、男女ともに幼児期の運動経験や運動の好き・嫌いが児童期の運動習慣や体力・運動能力に大きな影響を与えること⁸⁾、幼児期の運動動作の習得は年々遅れている傾向にあり⁹⁾、動作の未熟さは必要な動きが十分に獲得、習熟できていないことの表れであり、運動経験不足が要因であると報告されている¹⁰⁾。しかし、幼児期における体力・運動能力の測定は未だ十分に実施されておらず、様々な関連項目との検討は知見に乏しい現状にある¹⁰⁾。従って、幼児期は生涯にわたる運動能力・機能の基礎を作り、運動習慣獲得の大切な時期であることから、幼児期の身体活動量を把握し、発育・発達および体力・運動能力との関わりを検討することは重要な課題であろう。

小児期の身体活動量を測定するフィールド・スタディー法として、加速度計や歩数計によるものがほとんどであるが、これらは上肢の動きや傾斜のある地面での動き、自転車、水泳、過負荷の運動では推定精度が悪く、25-35% 過小評価するという報告もあり、日常のエネルギー消費量評価に大きな評価誤差が生じる可能性がある¹¹⁻¹³⁾。一方、二重標識水法 (Doubly labeled water method;

DLW法) は、ヒトのエネルギー消費量 (Energy Expenditure; EE) を正確に測定できる方法で、フィールド・スタディー法のゴールドスタンダードであるとされている^{14,15)}。実験室的方法のゴールドスタンダードである間接ヒューマン・カロリメーター法との相対的な確度は $\pm 4\%$ 、精度は $\pm 7\%$ であり¹⁶⁾、確度、精度ともに高い方法である。また、密閉された部屋の中で測定を行うヒューマン・カロリメーター法では活動制限を伴うため幼児のEEを測定するには適さないが、DLW法では、被験者は安定同位体 (^2H , ^{18}O) を摂取した後に日常生活や身体活動の制限はなく非侵襲的であり、幼児の測定として有効な方法である。しかしながら、DLW法により幼児の身体活動量を評価した研究は国内にはない。

そこで、本研究は、日本人幼児の身体活動量 (1日エネルギー消費量, Total Energy Expenditure; TEE) をDLW法により評価し、活動エネルギー消費量 (Physical Activity Energy Expenditure; PAEE) と体力・運動能力、身体組成との関係について検討を行うことを目的とした。

II 研究方法

1. 被験者

被験者は、保育園に通う健康な幼児30名 (男児15名, 女児15名, 月齢 68.1 ± 1.5 ヶ月)であった。研究実施にあたり、通園している保育園と保護者に十分な説明を行い、同意を得た園児のみを対象とした。なお、本研究は、愛知教育大学研究倫理委員会の承諾を得て実施した。

2. 測定方法

DLW法によるTEEの測定は、二重標識水 ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$) の投与日 (day 0) から1週間後 (day 7) の計8日間とした。投与前日は21時までには食事を終えることとし、その後就寝まで絶食、起床後は絶食もしくは軽食とした。投与した同位体は ^2H が推定体水分量の0.05% (99.9atom%), ^{18}O が0.25% (10atom%) として経口投与した。採尿は投与前 (Base), 投与3時間後 (Equi.), 1日後 (day 1), 3日後 (day 3), 7日後 (day 7) とした。

安静時エネルギー消費量 (Resting Energy

Expenditure; REE) は、呼吸ガス代謝モニター (インターリハ社製 Cpex-1) を用いて昼食2時間後以降に仰臥位安静をとり、呼吸が安定した3分以上の採気により測定した。

形態・身体組成の測定は、身長、体重、周径圍 (腹圍、臀圍、大腿圍)、皮下脂肪厚 (肩甲骨下部、腰部、腹部、背中下部、上腕背側部、大腿部、下腿部)、骨端幅 (上腕、大腿)、および仰臥位による生体インピーダンス法 (トーヨーフィジカル社製 TP-95K) を実施した。

運動能力は、芝山ほか¹⁷⁾ の体力構成要素の分類に基づき、握力 (右) (筋力)、体支持持続時間 (筋持久力)、垂直跳び・立ち幅跳び (瞬発力)、25m 走 (速度)、ソフトボール投げ (協調性)、棒上片足立ち (平衡性)、伏臥上体そらし・長座位前屈 (柔軟性) について評価した。

3. データ分析

尿サンプルは10℃以下で数日間保存し、その後-30℃で冷凍保存した。同位体の分析はPyrOH-IsoPrime 同位体比質量分析計 (GV Instruments, UK) を用い、1検体あたり9回の分析を行った。TEEの算出は、分析結果よりSchoellerほか¹⁸⁾ の式より体水分量 (Total Body Water; TBW) およびCO₂ 排泄量を用い、Weir¹⁹⁾ の式よりTEEを算出した。REEは原口²⁰⁾ の式を用い、PAEEは食事誘発性体熱産生による10%のエネルギー消費量を考慮し、PAEE=TEE × 0.9-REEとして算出した²¹⁾。身体活動レベル (Physical Activity Level; PAL) はTEE/REEより算出した²²⁾。

身体組成は、測定したインピーダンス値よりMasudaほか²³⁾ の推定式を用いてTBWを求め、Fommonほか²⁴⁾ による水和定数を用いて除脂肪

量 (Fat-Free Mass; FFM) を算出し、体重とFFMの差を脂肪量 (Fat Mass; FM) とした。また、腹部横断面組織分布を評価する項目として、大蔵ほか²⁵⁾ の身長/体重×ウエストヒップ比 (Wt/Ht × WHR)、寺本²⁶⁾ の皮下脂肪組織面積 (Subcutaneous Fat Area; SFA) および腹腔内組織面積 (Intra-Abdominal Area; IAA) を、皮下脂肪厚による脂肪分布として体幹部 (肩甲骨下部+腰部)、四肢部 (上腕背側部+下腿部) を算出した。

4. 統計学的検討

統計分析的検討には、統計分析プログラムIBM SPSS Statistics Version 24を用いた。各測定項目の結果は平均値と標準偏差で示し、それらの比較には対応のないt検定を用いた。なお、危険率は5%未満とした。

Ⅲ 結果

表1に被験者の特性と形態・身体組成の値を示した。体脂肪率のみ有意な性差がみられた。

表2にTEE, REE, PAEE, とPALを性別で示した。各エネルギー消費量と身体活動レベルには有意な性差はみられなかった。

表3に各体力要素における運動能力測定値を示した。性・年齢群別の各項目の結果を杉原ほか²⁷⁾ の運動能力判定基準を用いて該当する種目のみ判定すると、体支持持続時間、立ち幅跳び、ソフトボール投げは評定点3もしくは4であり、25m走のみ5歳男児 (評定点4) を除いて評定点5であった。つまり、走能力を除いてほぼ平均的な運動能力であった。また、全ての項目において有意な性差は認められなかった。

表1. 被験者の特性と形態・身体組成

	男児	女児	p
	n=15	n=15	
月齢, 月	66.7 ±8.4	69.5 ±7.8	ns
身長, cm	108.3 ±5.8	111.1 ±4.7	ns
体重, kg	18.25 ±2.74	18.89 ±1.65	ns
Body Mass Index, kg/m ²	15.15 ±1.14	15.29 ±0.92	ns
腹圍, cm	49.78 ±4.29	50.75 ±3.30	ns
Fat-Free Mass, kg	14.74 ±1.71	14.37 ±1.09	ns
%Fat Mass, %	18.87 ±3.61	23.83 ±2.97	p<0.001

表 2. エネルギー消費量と身体活動レベルの性差

	男児 n=15	女児 n=15	<i>p</i>
TEE, kcal/day	1305.0 ±186.4	1444.1 ±242.2	<i>ns</i>
REE, kcal/day	848.3 ±136.5	918.5 ±234.7	<i>ns</i>
PAEE, kcal/day	326.2 ±170.3	381.1 ±218.1	<i>ns</i>
TEE/Wt, kcal/kg/day	71.8 ±6.5	76.8 ±13.0	<i>ns</i>
REE/Wt, kcal/kg/day	47.0 ±8.1	48.4 ±11.0	<i>ns</i>
PAEE/Wt, kcal/kg/day	17.6 ±8.2	20.7 ±12.5	<i>ns</i>
PAL	1.75 ±0.37	1.85 ±0.55	<i>ns</i>

表 3. 各体力要素における運動能力テスト値の比較

	男児 n=15	女児 n=15	<i>p</i>
握力(右), kg	6.39 ±1.52	6.61 ±1.88	<i>ns</i>
体支持持続時間, 秒	31.1 ±13.8	42.5 ±26.0	<i>ns</i>
垂直跳び, cm	18.8 ±3.3	18.7 ±4.0	<i>ns</i>
立ち幅跳び, cm	98.4 ±18.9	99.5 ±13.7	<i>ns</i>
25m走, 秒	6.58 ±1.05	6.43 ±0.50	<i>ns</i>
ソフトボール投げ, m	5.29 ±3.29	3.60 ±1.06	<i>ns</i>
棒状片足立ち, 秒	3.91 ±2.21	5.18 ±2.22	<i>ns</i>
伏臥上体そらし, cm	28.3 ±9.4	33.0 ±5.0	<i>ns</i>
長座体前屈, cm	25.4 ±8.0	29.0 ±3.7	<i>ns</i>

表 4. 体力・運動能力と活動エネルギー消費量および体格・身体組成との相関関係

	PAEE	身長	大腿骨端幅	FFM
握力	0.142	0.528**	0.416*	0.551**
体支持持続時間	0.195	-0.039	0.080	0.065
垂直跳び	0.294	0.397*	0.245	0.466*
立ち幅跳び	0.131	0.436*	0.492**	0.392*
25m走	-0.154	-0.514**	-0.443*	-0.542**
ソフトボール投げ	0.026	0.395*	0.451*	0.657***
棒状片足立ち	0.221	0.136	0.465**	0.144
伏臥上体そらし	-0.134	0.037	-0.213	-0.273
長座体前屈	0.103	-0.079	-0.316	-0.285

p*<0.05, *p*<0.01, ****p*<0.001

表 5. 活動エネルギー消費量と体脂肪分布指標との相関関係

	PAEE
腹囲	0.150
大腿囲	0.042
大腿部皮下脂肪厚	0.177
Fat-Free Mass	0.085
%Fat Mass	0.161
Wt/Ht×WHR	0.100
体幹部皮下脂肪厚	0.235
四肢部皮下脂肪厚	0.142
IAA	0.174
SFA	0.101

表4に運動能力測定値とPAEE, 身長, 大腿骨端幅, FFMとの相関関係を示した。PAEEと運動能力については, 全てにおいて関係性は認められなかった。しかし, 体格指標である身長および大腿骨端幅との関係は25m走や立ち幅跳び, ソフトボール投げといった動的な体力・運動能力の指標について有意な関係性が認められ, 加えて大腿骨端幅と棒状片足立ちには高い関係性がみられた。また, 身体組成のうち筋量との関係が強いFFMとは, 動的な体力指標(垂直跳び, 立ち幅跳び, 25m走, ソフトボール投げ)および筋力の評価項目である握力と相関関係を示した。

表5はPAEEと体脂肪分布を評価する人体計測指標との関係について示した。全ての項目について関係性を示さなかった。

Ⅳ 考察

本研究は, 1日の身体活動に伴うエネルギー消費量(PAEE)が体力・運動能力および身体組成に影響を及ぼしているであろうか, つまり, PAEEが高い小児は運動能力が高く, 身体組成および体脂肪分布とも良い関係性がみられるのではないだろうか, という仮説のもと実施した。

小児のエネルギー消費量評価で多く用いられている加速度計法は活動パターンを判定するためには有効であるが, エネルギー消費量推定には適さないという報告もある²⁸⁾。そこで, 本研究では身体活動量(1日のエネルギー消費量, TEE)の測定はDLW法を用いた。DLW法はフィールド研究におけるエネルギー消費量評価のゴールドスタンダードとされており, 生活・活動制限もないため, 幼児を対象とした測定にはたいへん有効であると考えられる。さらに, 本研究では, TEEをDLW法により評価し, 呼気ガス代謝モニターを用いてREEを測定し, RAEEおよびPALを明らかにした。

国内には幼児を対象にDLW法を用いた報告はなく, 身体活動量も加速度計法を用いたものであるため, 本研究では加速度計法を用いた同様の先行研究と比較した。鈴木ほか²⁹⁾は, TEE, 活動量指標(TEE-基礎代謝)は女児に比べて男児で高く, 運動能力(立ち幅跳び, テニスボール投

げ, 10m走)も女児と比較して男児で高いと報告している。しかし, 女児では活動量指標と運動能力に相関性を示したものの, 男児では認められなかったとしている。また, 鈴木ほか³⁰⁾は, 4歳児を対象にTEEに性差はなかったと報告している。その中で, 運動能力上位群は下位群と比較して活動量が高かったとしている。本研究では, エネルギー消費量の各指標(TEE, REE, PAEE)と身体活動レベル(PAL)に性差はみられず, 鈴木ほか³⁰⁾と同様の結果であった。本研究と同年齢を対象にDLW法を用いている複数の海外の研究³¹⁻³⁶⁾をみると, TEE(すべて男児)は1385~1575kcal/dayの範囲で1473kcal/day程度であり, 体重あたりでは67.1~87.5kcal/day/kgの範囲で74.7kcal/day/kg程度であったため, 本研究のTEE1374.5kcal, TEE/体重74.3kcal/day/kgは同程度であった。

運動能力では, ボール投げや立ち幅跳びは男児で高く, 長座体前屈は女児で高いといった性差が報告されているが³⁷⁻³⁹⁾, 本研究のソフトボール投げ, 立ち幅跳びを含む全ての運動能力に性差はみられなかった。そこで, 男女を合わせて(n=30), 運動能力とPAEE, 体格・身体組成との関係を明らかにすることを試みた。灘本⁴⁰⁾は, 加速度計によるエネルギー消費量は, バランス能力(手伸ばし), 連結能力(立幅跳び, 投力)と中程度の関連性が認められ, よく動くこと, 特に中強度で動くことでバランス能力, 連結能力が高まると報告している。しかし, 本研究では, 体力・運動能力はPAEEとの関係がみられず, また, 活動性の程度を示すPALで1.5未満6名(低活動群)と2.0以上6名(高活動群), それ以外(標準群)14名に群分けし比較すると, 全ての運動能力項目において群間の差は認められなかった。さらに, PAEEは体脂肪分布に関する指標と相関関係を示さず, BMI%ile群別(<25%, 25-75% > 75%ile)のPAEEにも群間差を示さなかった(F=0.846)。一方, 形態・身体組成と体力・運動能力は関係性を示した。

現在の小児を対象とした身体活動に関するガイドラインでは, 身体活動の減少が生活習慣病のリスクファクターとして関連していることから, 身

体活動量を増加させる意図で「1日最低60分から数時間に及ぶ中～高強度活動」などとなっている⁴¹⁾。しかしながら、本結果は、この時期の体力・運動能力が身体活動量や活動性の大きさに影響されるよりも、むしろ身体発育の影響を受ける可能性が大きいと考えられる。本研究で求められたPALはDLW法による海外の研究⁴²⁾や加速度計法による日本人研究⁴¹⁾よりも明らかに高く(PAL=1.80)、活動性が高い被験者であったものの関係が認められなかったことは、この時期の運動能力は量や強度よりも運動経験によって変化(向上)することも考えられる。また、成人では関係が強いとされる身体活動量と体脂肪分布について関係性を示さなかったことは、本研究の被験者は過体重、肥満と判定される小児は含まれておらず、体脂肪分布異常の者がいなかったためであると考えられる。

本研究は、DLW法により幼児期の身体活動量および活動レベルを提示できたことは貴重な知見であるが、被験者は未だ十分ではなく、体力・運動能力や身体組成との関係を明確に示すことはできていないのが現状である。今後も更に幼児期の身体活動量に関する調査を進めていく必要があり、このことが幼児を対象とした健康施策の一助として関わってくると考える。

V 引用・参考文献

- 小林寛道：子どもの運動能力について。小児内科 41 : 1099-1103, 2009.
- Matsushita Y, Yoshiike N, Kaneda F, et al.: Trends in childhood obesity in Japan over the last 25 years from the national nutrition survey. *Obes Res* 12: 205-214, 2014.
- 大矢知佳, 寺本圭輔, 村松愛梨奈：小児期における体脂肪分布の縦断的变化の特徴。愛知教育大学保健体育講座研究紀要 39: 7-16, 2013.
- Bhargava SK, Sachdev HS, Fall CH, et al.: Relation of serial changes in childhood body-mass index to impaired glucose tolerance in young adulthood. *N Engl J Med* 350: 865-875, 2004.
- 足立稔, 仲井千佳, 沖島今日太, ほか：子どもの日常生活身体活動量の測定とその実態について。岡山大学教育学部研究集録 125: 191-197, 2004.
- 文部科学省：幼児期運動指針策定委員会幼児期運動指針ガイドブック。2012.
- 城戸佐智子, 中野裕史：幼児の運動能力の現状と課題。中村学園・中村学園短期大学部研究紀要 47: 223-230, 2015.
- 古後晴基, 村田伸, 村田潤, ほか：幼児における体格と運動機能の性差および超音波画像法を用いて計測した筋厚との関連。ヘルスプロモーション理学療法研究 5 (3): 107-112, 2015.
- 中村和彦, 武長理栄, 川路昌寛, ほか：観察的評価法による幼児の基本的動作様式の発達。発育発達研究 51: 1-18, 2011.
- 佐々木玲子：乳幼児の動作獲得と習熟。子どもと発育発達 11: 213-217, 2014.
- 海老根直之, 島田美恵子, 田中宏暁, ほか：二重標識水法を用いた簡易エネルギー消費量推定法の評価－生活時間調査法, 心拍数法, 加速度計法について－。体力科学 51: 151-164, 2002.
- Matthews CE: Calibration of accelerometer output for adults. *Med Sci Sports Exerc* 37 (11): S512-522, 2005.
- 引原有輝, 齋藤慎一, 吉武裕：高校野球選手における簡易エネルギー消費量測定法の妥当性の検討。体力科学 54: 363-372, 2005.
- 柏崎浩：エネルギー代謝測定法 最近の進歩。臨床スポーツ医学 18 (4): 409-418, 2001.
- 大場美穂：身体活動量の推定法, 生理学的指標, 二重標識水法。日本臨床 67: 169-172, 2009.
- 齋藤慎一, 海老根直之, 島田美恵子, ほか：二重標識水法によるエネルギー消費量測定の原理とその応用：生活習慣病対策からトップスポーツ選手の栄養処方まで。栄養学雑誌 57 (6): 317-332, 1999.
- 芝山秀太郎, 江橋博：幼児の体力とその測定。体力研究 51: 11-18, 1982.

- 18) Schoeller DA, Ravussin E, Schutz Y et al.: Energy expenditure by doubly labeled water: validation in human and proposed calculation. *Am J Physiol* 250 : R820-R830, 1986.
- 19) Weir JB: New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109 : 1-9, 1949.
- 20) 原口義座 : 栄養と呼吸疾患 . 呼吸 5 (12) : 1317, 1986.
- 21) Maffei C, Schutz Y, Zocante L, et al. : Meal-induced thermogenesis in lean and obese prepubertal children. *Am J Clin Nutr* 57 : 481-485, 1993.
- 22) Torun B: Energy requirements of children and adolescents. *Public Health Nutr* 8 : 968-993, 2005.
- 23) Masuda T, Komiya S : A prediction equation for total body water from bioelectrical impedance in Japanese children. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 23 : 35-39, 2004.
- 24) Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, et al. : Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 35 : 1169-1175, 1982.
- 25) 大蔵倫博, 重松良祐, 田中喜代次, ほか : 簡便な身体組成値を組み合わせた内臓脂肪面積の新たな評価指標の提案 . 肥満研究 5 : 23-28, 1999.
- 26) 寺本圭輔 : 人体計測値を用いた小児の内臓脂肪評価のための数学的モデルの開発 . 肥満小児における内臓脂肪蓄積の評価 . 九州大学大学院博士論文 : 45-59, 2008.
- 27) 杉原隆, 森司朗, 吉田伊津美, ほか : 2002年の全国調査から見た幼児の運動能力 . 体育の科学 54 : 161-170, 2004.
- 28) Krishnaveni GV, Veena SR, Kuriyan R, et al. : Relationship between physical activity measured using accelerometers and energy expenditure measured using doubly labeled water in Indian children. *Eur J Clin Nutr* 63 : 1313-1319, 2009.
- 29) 鈴木志保子, 石田良恵, 萩由美子, ほか : 幼児における身体活動量と身体組成および運動能力との関係 . 体力科学 57 : 793, 2008.
- 30) 鈴木裕子, 鈴木英樹, 上地広昭, ほか : 幼児の身体活動量と運動能力の関係 . 日本体育学会大会号 52. 419, 2001.
- 31) Davies PSW, Livingstone MBE, Prentice AM, et al. : Total energy expenditure during childhood and adolescence. *Proceedings of the Nutrition Society* 50 : 14A, 1991.
- 32) Kaskoun MC, Johnson RK, Goran MI : Comparison of energy intake by semiquantitative food-frequency questionnaire with total energy expenditure by the doubly labelled water method in young children. *Am J Clin Nutr* 60 : 43-47, 1994.
- 33) Fontvieille AM, Harper IT, Ferraro RT, et al. : Daily energy expenditure by five-year-old children, measured by doubly labelled water. *Journal of Pediatrics* 123 : 200-207, 1993.
- 34) Goran MI, Kaskoun M, Johnson R, et al. : Energy expenditure and body fat distribution in Mohawk children. *Pediatrics* 95 : 89-95, 1995.
- 35) Wren RE, Blume H, Mazariegos M, et al. : Body composition, resting metabolic rate, and energy requirements of short- and normal-stature, low income Guatemalan children. *Am J Clin Nutr* 66 : 406-412, 1997.
- 36) Goran MI, Gower BA, Nagy TR, et al. : Developmental changes in energy expenditure and physical activity in children: evidence for a decline in physical activity in girls before puberty. *Pediatrics* 101 : 887-891, 1998.
- 37) 村瀬智彦, 出村慎一, 岡島嘉信, ほか : 2種類の測定法からみた幼児期の運動能力の発達と性差について . 日本体育学会大会号 : 448, 1990.
- 38) 黒柳淳 : 幼児の運動能力と性差 . 一宮短期大

- 学紀要 46:131-134, 2007.
- 39) 梶谷伸之, 小谷磯子, 梶谷みどり, ほか: 附属幼稚園児の体力・運動能力-15年の推移-. 岡山大学教育学部研究集録 135:71-75, 2007.
 - 40) 灘本雅一: 幼児期の休日の生活行動とエネルギー摂取量との関連について. プール学院大学研究紀要 58:203-212, 2017.
 - 41) 田中千晶, 田中茂穂: 幼稚園および保育所に通う日本人幼児における日常の身体活動量の比較. 体力科学 58:123-130, 2009.
 - 42) Butte NF, Wong WW, Wilson TA, et al. :Revision of Dietary Reference Intakes for energy in preschool-age children. Am J Clin Nutr 100:161-167, 2014.