

令和元年6月18日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01862

研究課題名(和文) 身体活動量は小児の骨格筋の組成および機能に影響を与えるか？

研究課題名(英文) Does physical activity affect skeletal muscle composition and function in children?

研究代表者

寺本 圭輔 (TERAMOTO, KEISUKE)

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：70362308

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は小児の骨格筋の筋組成と筋機能に身体活動量は影響を与えるか検討した。対象者は健康な就学前幼児32人であった。人体計測、身体組成、超音波法による右上腕・大腿部の筋厚と筋輝度、腹部脂肪蓄積を測定した。総エネルギー消費量、身体活動エネルギー消費量(PAEE)、身体活動レベルを二重標識水法より、さらに運動機能(脚伸展筋力および全身反応時間)を測定した。幼児期の異所性脂肪と内臓脂肪蓄積は日常の身体活動よりも成長や身体組成により影響された。また、脚伸展筋力は発育発達により影響されたが全身反応時間はPAEE/体重を除いて発育や身体運動とは無関係であり、運動習慣や経験によって影響を受ける可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの研究では骨格筋の量的評価(筋厚)がほとんどであり、体型や身体組成との関わりから骨格筋の量的発育発達が提示されてきたが、体脂肪の蓄積によって骨格筋内脂肪も蓄積している可能性が高く、スクリーンタイム増加による不活動が懸念されている小児を対象として、これまで「見えなかった」骨格筋の質的变化と筋機能や運動能力との関わりを明らかにすることは重要である。また、就学前後のエネルギー消費量や身体活動レベルについてDLW法を用いて評価、提示することは、エネルギー摂取基準策定のための基礎的データとして国際的にも求められている。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to clarify whether physical activity affects the composition and function of skeletal muscle in Japanese children. Thirty-two healthy preschooler participated. Anthropometry and body composition were assessed. Muscle thickness and echo intensity at the right upper arm and thigh, and abdominal fat thickness were measured using ultrasonography. Total energy expenditure, physical activity energy expenditure (PAEE) and physical activity level were determined by the DLW method, and leg extensor muscle strength and whole-body reaction time were also measured. It was shown that ectopic fat and visceral fat accumulation in early childhood were influenced by growth and body composition rather than by daily physical activity. In addition, leg extensor muscle strength was influenced by growth and development, but whole-body reaction time was unrelated to growth and physical exercise except for PAEE/Weight, and therefore may be affected by exercise habits and experiences.

研究分野：運動生理学

キーワード：小児 身体活動量 発育 骨格筋厚 筋輝度

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

健全な発育・発達や健やかな生活を送るためには継続的な運動実施が重要であり、骨格筋系組織の形成や維持に関わる。しかしながら、近年の都市化に伴う遊び場の減少やテレビゲームなどの普及による室内遊び時間の増加などの原因により、発育期の運動習慣の減少に影響を与え、体力・運動能力の水準はやや改善傾向にあるものの過去と比較して大きく低下していることが報告されている(杉岡ほか, 2011)。体型や身体組成も変化しており、過去20年間で肥満傾向の小児が大きく増加していること(寺本ほか, 2007)や小児肥満の増加とメタボリックシンドロームとの関わり(寺本, 2007)について報告されている。また、小児期でも体型のトラッキングは起こる、つまり、肥満小児の多くはそのまま継続する傾向が強いことが明らかにされている(大矢ほか, 2015)。さらに、体型別(BMI%ile)に分類すると、疾病に罹っていないくても肥満傾向の小児は標準的体重の小児よりも腹膜前脂肪厚(内臓脂肪蓄積)は有意に厚く、これが就学前からみられることが報告されている(寺本ほか, 2015)。

近年、高齢者を対象として超音波を用いて筋厚と筋輝度を測定し、筋組成とロコモティブシンドロームやサルコペニアとの関わりについて検討されており(池添ほか, 2011; Pillen et al., 2009)、筋輝度が高いことは筋内脂肪の蓄積が多いことを示し、これは筋の「質的低下」に繋がることが示されている(Heckmatt et al., 1989; 福元ほか, 2009)。このことは、CTを用いて、筋内脂肪の増加が筋力発揮や運動能力の低下を導くことが確認されており(Goodpaster, 2001)、超音波を用いても筋輝度が筋厚から独立して筋力発揮に影響を及ぼし、その影響力は筋厚と同程度であることが報告されている(市橋, 2010)。同様の手法により、健全な若年成人でも日常の運動習慣が無い者は運動習慣がある者と比較して筋輝度が有意に高いこと(寺本ほか, 2015)、健全な幼児では体脂肪率と筋輝度は有意な相関関係を示し、肥満傾向児(BMI 90%ile以上)は筋輝度が有意に高い結果が確認されている(寺本ほか, 未発表)。つまり、健全成人や就学前の小児でも体脂肪蓄積と筋内脂肪蓄積がリンクして起こり、筋の「質的低下」を引き起こしている可能性が高いことが推察される。

以上のことから、筋内脂肪蓄積は筋機能や運動能力の低下を誘発すること、これには身体活動量や発育・発達、身体組成の変化が影響することが考えられ、時代変化に伴い日常生活の身体活動量が減少し(足立ほか, 2004)、エネルギー消費と摂取のバランスが崩れ、小児肥満は増加に繋がっていることは既知であるが(寺本ほか, 2007)、このことが筋機能だけでなく運動能力にも影響を及ぼしているかもしれない。

### 2. 研究の目的

本研究は、超音波法を用いて骨格筋の質的・量的変化と発育・発達および身体組成との関わりを検討すること、また、それらと高精度で測定した身体活動量と身体活動レベル、および運動機能との関わりを検討すること、さらに幼児期のエネルギー摂取基準策定に関するデータの基礎資料を提示することを目的として実施した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 対象者

対象者は、保育園に通う健康な幼児32名(男児16名、女児16名)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。また、本研究では、対象者32名を年中クラス14名と年長クラス18名の2群に分けて検討を行った。

#### (2) 測定方法

形態・身体組成の測定は、身長、体重、周径囲(腹囲、臀囲、大腿囲)、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。

超音波診断装置(SDD-Prosound2, ALOKA社製)を用いてGain 53(db)、Contrast 6、range 4(cm)と設定し、被験者を仰臥位で安静にして7.5MHzの電子リニアプローブ(UST-5551, ALOKA社製)により皮膚面にできるだけ圧力がかからないように軽く腹部、上腕部、大腿部をそれぞれ右側でスキャンさせた。筋厚は超音波Bモードにより上腕部(上腕二頭筋+上腕筋)、大腿部(大腿直筋+中間広筋)を0.1mm単位で測定した。超音波画像の分析はAdobe Photoshop Elements 11(Adobe Systems社製)を使用し、8bit gray-scale(黒=0~白=255)のヒストグラム分析によって、上腕二頭筋および大腿直筋の筋輝度の平均値を算出した。腹部脂肪蓄積はSuzukiほか(1997)の方法に従って行った。皮膚表面から脂肪の白線部までの最も薄い部分を腹壁皮下脂肪厚(SFT, mm)、白線から肝臓までの最も厚い部分を腹膜前脂肪厚(PFT, mm)として計測した。

運動機能の評価として、脚進展力と全身反応時間を測定した。右脚伸展による等尺性筋力は、徒手筋力計(アニマ社製μTas F-1)により測定した。1~3秒で徐々に力を加え、4~5秒の間は最大の力をキープできるように声をかけながら5秒間力を入れるよう指示した。測定の際、股関節および膝関節が90度になるように座位姿勢を保持して測定を行った。測定は2回行い、記録のよい方を採用した。全身反応時間は、全身反応時間測定装置(アプライドオーフィス社製A0-T02, サンプリング周波数:1000Hz)を用いた。反応時間を局面別に測定するにあたって、

床反力装置での値が動作開始時間 (T1) は体重の 90% 値, 抜重時間 (T2) は体重の 110% 値, 動作時間 (T3) は体重の 10% 値を計測するように規定されている。単位は msec である。モニターに映した直径約 20cm の赤色の丸の点灯による視覚刺激を受けてから跳躍するまでの T1, T2, T3 を計測し, その全体のタイムを全身反応時間 (T4) とした。なお,  $T4 = T1 + T2 + T3$  となる。測定にあたり, 被験者には動作の説明を口頭で行い, 数回の動作練習を行った。測定回数は 5 回とし, 最小値と最大値を除いた 3 回の平均値を算出し, 記録とした。なお, 動作開始前に腰に手をあてさせ, 反動動作を行わせないように留意した。

DLW 法によるエネルギー消費量 (Total Energy Expenditure; TEE) の測定は, 二重標識水 ( $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ ) の投与日 (day0) から 1 週間後 (day7) 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  $^2\text{H}$  が推定体水分量の 0.05% (99.9atom%),  $^{18}\text{O}$  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 (day1), 3 日後 (day3), 7 日後 (day7) 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 (ミナト社製 AE310) 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。

### (3) データ分析

尿サンプルは 10 ml 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 (1986) の式より体水分量および  $\text{CO}_2$  排泄量を用い, Weir の式 (1949) より TEE を算出した。REE は原口 (1986) の式を用い, 身体活動エネルギー消費量 (Physical Activity Energy Expenditure; 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,  $\text{PAEE} = \text{TEE} \times 0.9 - \text{REE}$  として算出した (Maffei ほか, 1993)。身体活動レベル (Physical Activity Level; PAL) は  $\text{TEE} / \text{REE}$  より算出した (Torun ほか, 2005)。

身体組成は, 測定したインピーダンス値より Masuda ほか (2004) の推定式を用いて TBW を求め, Fomon ほか (1982) 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。

### (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。

## 4. 研究成果

年中クラス, 年長クラス別の Body Mass Index および %Fat Mass を除いて有意差が認められ, 発育による体格差が明らかとなった。

クラス別に脂肪および骨格筋の分布特性の比較では, 腹部体脂肪分布, 上腕部および大腿部における筋輝度と筋厚について, 数値は年長クラスの方が高い値を示したものの, 発育差は認められなかった。

クラス別に DLW 法による 1 日エネルギー消費量 (TEE), 身体活動エネルギー消費量 (PAEE), 身体活動レベル (PAL), および安静時エネルギー消費量 (REE), 脚等尺性筋力, 全身反応時間 (T4) を比較した。TEE および REE は年長クラスが有意に高い値を示し, 発育差が明らかであったが, 体重あたりの値についてはほぼ同値を示した。この値は, 日本人幼児のエネルギー消費量を示した報告 (寺本, 2019) よりも若干高いもののほぼ同程度であった。運動機能について, 脚伸展筋力には差を示さなかったものの, 全身反応時間は有意に低下する結果を示した。

身体各部に蓄積した脂肪と筋厚の値と体格・身体組成, エネルギー消費量との関わりについて相関係数を検討した。脂肪分布および筋厚は身長, 体重, BMI といった体格, 身体組成 (FFM, %FM) と有意な相関関係を示した一方, 身体活動の指標であるエネルギー消費量や身体活動レベルとは有意な関係を示さなかった。また, 運動機能と体格・身体組成, エネルギー消費量との関わりについてみると, 脚伸展筋力は体格・身体組成との関わりを示した一方, 全身反応時間については関係を示さなかった。また, 運動機能と身体活動の指標との関わりについてはほとんど関係を示さなかったが, 体重あたりの身体活動エネルギー消費量 (PAEE) と全身反応時間との間には弱い相関関係を示し, 日常の身体運動量が全身反応時間に影響する可能性がやや見える結果となった。

以上の結果は, 研究仮説とは異なり, 幼児期における異所性脂肪や内臓脂肪蓄積は日常の身体活動量の影響ではなく, 体格・身体組成の発育が影響することが示された。また, 運動機能のうち脚伸展筋力については発育の影響であるが, 全身反応時間については体重あたりの身体活動エネルギー消費量を除いて発育および身体運動との関わりは示さず, 運動習慣や経験に影響する可能性が推察された。

今後の課題として, さらに今後も幼児期の体脂肪および骨格筋分布, 運動機能とそれらを変化させる要因について, 対象者を増やして検討する必要があるとともに, 幼児期よりも高い年

齡( 発育期; 小学生から中学生 )を含めた発育の影響も合わせて検討する必要があると考える .

## 5 . 主な発表論文等

### [ 雑誌論文 ] ( 計 2 件 )

寺本圭輔, 片岡佑衣, 村松愛梨奈, 乙木幸道, 井川正治. 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. 愛知教育大学保健体育講座研究紀要. 査読有. 43号 1-8 (2019) .

片岡佑衣, 寺本圭輔, 村松愛梨奈, 谷川裕子, 國友響子. 幼児期の体力・運動能力の年代変化. 愛知教育大学保健体育講座研究紀要. 査読有. 43号 9-18 (2019) .

### [ 学会発表 ] ( 計 2 件 )

Yui Kataoka, Keisuke Teramoto, Kodo Otoki, Hiroko Tanikawa, Michiko Hanada, Erina Muramatsu, Shoji Igawa. Investigation of reasons underlying differences in early childhood athletic ability. American Association for The Advancement of Science. 2018.

片岡佑衣, 古田理郁, 寺本圭輔, 水藤弘史. 幼児期における全身反応時間の年齢差および脚伸展筋力との関係. 第 72 回日本体力医学会大会. 2017.

## 6 . 研究組織

### (2)研究協力者

研究協力者氏名 : 井川 正治

ローマ字氏名 : Igawa Shoji

研究協力者氏名 : 村松 愛梨奈

ローマ字氏名 : Muramatsu Erina

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、研究者個人に帰属されます。