出生時体重および乳幼児期の運動発達と 児童期の身体活動量との関係

青山 友子^{1,2} 田中 茂穂¹ 田中 真紀³
奥田 昌之⁴ 井上 茂⁵ 田中 千晶⁶

Birth weight and infant motor development in relation to physical activity in childhood

Tomoko Aoyama^{1,2}, Shigeho Tanaka¹, Maki Tanaka³, Masayuki Okuda⁴,
Shigeru Inoue⁵ and Chiaki Tanaka⁶

abstract

Low birth weight has been associated with lower levels of physical activity in later life as assessed by questionnaires. Earlier infant motor development was also recently shown to be an early predictor of physical activity as indicated by an increased frequency of sports participation during adolescence. The aim of the present study was to determine the associations between birth weight plus the timing of infant motor development and moderate to vigorous physical activity in children. The subjects were 379 elementary school children aged 6-12 years. The children's current weight and height were evaluated, and their birth weight and the age when the child first walked unassisted were reported based on their parent's memory. The children's physical activity was objectively measured using accelerometry (Active style Pro HJA-350IT, OMRON). The time (min/day) spent in moderate to vigorous physical activity (Metabolic equivalents [METs] ≥ 3) was derived from the accelerometry data. Our analyses revealed that the children's age at walking unassisted was inversely correlated with the time spent in moderate to vigorous physical activity ($r = -0.24$) when controlled for gender and current age. A multiple linear regression analysis revealed that later age at walking unassisted was significantly associated with decreased time spent in moderate to vigorous physical activity ($B = -2.28, p < 0.001$), independent of gender, current age, body weight, and wearing time. There was no evidence of an association between birth weight and moderate to vigorous physical activity. The present findings indicate that delayed infant motor development, in terms of age at walking unassisted, may predict lower levels of physical activity in children. Appropriate interventions to prevent physical inactivity may be needed for infants with slower motor development.

¹ 医薬基盤・健康・栄養研究所

² 日本学術振興会

³ 京都聖母学院短期大学

⁴ 山口大学

⁵ 東京医科大学

⁶ 桜美林大学

¹ National Institutes of Biomedical Innovation, Health and Nutrition

² Japan Society for the Promotion of Science

³ Kyoto Seibo College

⁴ Yamaguchi University

⁵ Tokyo Medical University

⁶ Oberlin University

Key words : Birth weight, Infant motor development, Walking unassisted, Physical activity

出生時体重, 乳幼児期の運動発達, ひとり歩き, 身体活動

I 緒 言

身体不活動は、全死亡や循環器疾患による死亡の独立予測因子であり (Diep et al., 2010 ; Samitz et al., 2011), 高血圧, 喫煙, 高血糖に次ぐ全世界の死亡者数に対する4番目の危険因子として認識され始めている (WHO, 2009). したがって, 個人の身体活動量の多寡を決定する要因を特定し, 身体活動を促進する取り組みを行うことは公衆衛生上の重要な課題である. 身体活動量の決定要因を探究する研究においては, 個人を取り巻く環境要因 (Ferreira et al., 2007) や心理的・社会的要因 (Trost et al., 2002) などその時点での要因に目が向けられがちである. しかしながら, 近年, 身体不活動の根源となる生物学的要因が, 人生の早期にあたる胎児期や乳幼児期に潜んでいる可能性が示唆されている (Andersen et al., 2009 ; Gopinath et al., 2013 ; Ridgway et al., 2009b).

例えば, 胎児期の身体発育を反映する出生時の体重が将来的な身体活動量と関連することを示す研究データが存在する. Andersen et al. (2009) は, 思春期から高齢者までの4万人以上に及ぶ13のコホートを対象としたメタ解析において, 出生時体重が軽いと質問紙で評価された余暇活動時間が少ないことを報告している (Andersen et al., 2009). また, Gopinath et al. (2013) の研究は, 12歳前後の子ども約1800人を出生時体重によって4グループに分類すると, 出生時体重の最も軽い群は最も重い群に比べて, 質問紙で評価された屋外でのスポーツ活動時間が週あたり約1時間少なかったことを示している (Gopinath et al., 2013). 一方, 8~15歳の子どもを対象に, 活動量計などの客観的評価手法を用いて身体活動量を調査した5編の論文においては, 出生時体重と身体活動量との関係は認められなかった (Campbell et al., 2010 ; Hallal et al., 2012 ; Mattocks et al., 2008 ; Pearce et al., 2012 ; Ridgway et al., 2011). これらの先行研究における結果の不一致には, 身体活動量の評価手法 (主観的/客観的) や出生時体重の分布範囲の違いに加えて, 集団特性も関係している

かもしれない. 出生時体重と身体活動量の関係が集団特性に依存するとしたら, 西欧諸国に比べて出生時体重の軽い我が国 (Mikolajczyk et al., 2011 ; 厚生労働省, 2003) においてその関係を検討することにより, 先行研究における結果の不一致を解釈する上で重要な知見が得られる可能性がある.

さらに最近の研究によると, 胎児期の身体発育要因に加え, 乳幼児期の運動発達要因も将来的な身体活動量と関連する可能性が示唆されている. Ridgway et al. (2009b) は, 思春期の子ども7736人を対象に, 乳幼児期に「支えなしで立つ」, あるいは「支えられて歩く」ようになった月齢が早いと, 14歳になった時のスポーツ参加頻度 (質問紙で調査した週あたりの参加回数) が高いことを出生コホート研究において明らかにしている (Ridgway et al., 2009b). この結果は, ヒトは乳幼児期に立位や歩行の発達が早いほど将来的に活動的になることを間接的に示している. しかしながら, 6~12歳の男児に活動量計 (ActiGraph) を用いて身体活動量を調査した Wickel and Eisenmann (2007) の報告に目を向けると, 対象者がスポーツ活動に参加した1日の中高強度活動 (Moderate to vigorous physical activity : MVPA) 時間110分のうち, スポーツ活動によるものは約26分 (23%) であった (Wickel and Eisenmann, 2007). この結果から, スポーツ活動への参加が個人内において高い身体活動レベルに貢献することは間違いないと思われるが, その頻度のみで集団における身体活動量の個人間差を議論することは, 特に思春期前の子どもにおいては精確性に劣る. 客観的評価手法を用いて日常生活における子どもの身体活動量を評価し, 乳幼児期の運動発達との関係を検討することで, より信頼性の高い結論を導くことができるかもしれないが, これまでにそのような研究はみられない.

身体活動量が人生の早期におけるどのような要因に依存するのかを明らかにできれば, 身体不活動を未然に防ぐための対策をより早い段階で講じることが可能となる. 特に, 発育発達期の子どもに

としての身体活動は、心身の健康面への直接的な効果に加えて成人期への持ち越し効果も期待されるため (Hallal et al., 2006 ; Telama, 2009), 生涯にわたる健康にとって重要な意味を持つ。したがって、発育発達期の身体活動量の早期決定要因の解明は重要な課題である。これらの背景から、本研究では出生時体重および乳幼児期の運動発達の時期と児童期の身体活動量との関係を明らかにすることを目的とした。

Ⅱ 方 法

1. 対象者

本研究は、東京都、神奈川県、京都府の都市部に位置する公立小学校計 14 校の普通学級に在籍する小学 1～6 年生を対象に実施された。児童を通じて保護者に文書を配布し、研究の目的や内容について書面による説明を行った。保護者および本人から研究参加に対する同意が得られた 569 人の児童に対して質問紙調査（保護者および本人が一緒に回答する形式）ならびに活動量調査を実施した。569 人のうち、同意を撤回した児童 8 人、質問紙調査への回答が得られなかった児童 16 人、呼吸器疾患など身体活動に影響を与える可能性のある疾病を有している児童 28 人を除いた 517 人を活動量データの解析対象者とした。517 人のうち加速度計の装着時間が後述するデータ採用の条件を満たす児童 426 人を抽出し、さらに質問紙調査の回答に不備があった 33 人（外れ値 10 人を含む）、極低出生体重児（1.5 kg 未満で出生した児）2 人、多胎児 12 人を除いた計 379 人（男児 175 人、女児 204 人）を最終的な解析対象とした。本研究は、桜美林大学研究倫理委員会の承認を得て実施した。

2. 身体計測

調査開始前に各小学校内において身体計測を実施した。身長を、各学校において身体計測時に用いられている身長計を用いて 0.1 cm 単位で、体重を、オムロン体重体組成計 HBF-370（オムロンヘルスケア）を用いて 0.1 kg 単位で測定した。

3. 質問紙調査

児童を通じて各家庭に質問紙を配布し、出生時体重 (g) と、乳幼児期の運動発達の指標として「ひとり歩き」をした月齢（○歳○か月）について保護者から記憶に基づいた回答を得た。先行研究においては、「支えられて歩く」、あるいは「支えなしで立つ」ようになった月齢がしばしば運動発達の指標として用いられているが (Ridgway et al., 2009a, 2009b), 我が国では母子健康手帳の乳幼児健康診査に付随する「保護者の記録」のページに、ひとり歩きができるようになった時を「○歳○月頃」と記入する欄があることから、「ひとり歩き」をした月齢を運動発達の指標として調査した。

4. 活動量調査

日常生活における身体活動量を、3 軸加速度センサを搭載した活動量計 Active style Pro HJA-350IT（オムロンヘルスケア社）を用いて測定した。本活動量計は、歩数 (Steps) の計測に加え、10 秒間隔で算出された 3 軸の合成加速度から Metabolic equivalents (METs) を推定し、そのデータを積算することにより活動強度別の時間を求めることが可能である。独自の信号処理によって歩行・走行活動とそれ以外の活動を判別し別々の式で METs を推定することで、従来の加速度計では捉えることができていなかった歩行・走行以外の活動時の活動強度についても精度よく推定できる特長を有する。成人における演算アルゴリズムおよび計測値の妥当性については先行研究で詳述されている (Ohkawara et al., 2011 ; Oshima et al., 2010)。Hikihara et al. (2014) は、Active style Pro を用いて小学生の活動量を評価した場合、METs が過大評価されることから、小学生用の推定式を作成している (Hikihara et al., 2014)。本研究では、それに基づいた以下に示す補正式を用いて、10 秒毎に得られた METs 値を小学生に対応した METs の値に変換した。

歩行・走行活動：

$$0.6237 \times \text{活動量計で得られた METs 値} + 0.2411$$

歩行・走行以外の活動：

$$0.6145 \times \text{活動量計で得られた METs 値} + 0.5573$$

本調査では、活動量計はベルトを用いて児童の腰部に装着し、着替えや入浴、水泳などやむを得

ない場合を除いて7日間装着するように依頼した。7日間の測定終了後、活動量計の内蔵メモリに保存されたデータを専用の解析ソフトを介してコンピュータへ転送した。本調査では原則として活動量計を24時間装着するプロトコルを採用していたため、全時間帯のデータを対象に解析を行うと睡眠中のデータが装着時間に含まれてしまう場合がある。覚醒している時間帯において解析を行うために、7:00~21:00の時間帯に限定して解析を行った(Ridgway et al., 2011)。7:00~21:00の14時間から非装着時間をひいた装着時間が10時間以上であった計測日が、1週間のうち平日2日かつ休日1日以上ある場合にその対象のデータを採用した(Masse et al., 2005)。なお、「非装着」の定義は、活動量計のデータにおいて無信号が60分以上継続した場合とした(Troiano et al., 2008)。本研究では、3 METs以上の活動をMVPAに分類し、歩数と7:00~21:00におけるMVPAの時間を下記の式により重み付けし、1日あたりの平均値を算出した。

$$(\text{平日の平均値} \times 5 + \text{休日の平均値} \times 2) \div 7$$

5. 統計解析

男女間の平均値の差の検定には、スチューデントのt検定を用いた。出生時体重、ひとり歩きをした月齢ならびに児童期のMVPA時間との相関関係を検討するために、性別と月齢を制御変数とした偏相関分析を行った。MVPAに対する複数の要因の影響度を検討するために、MVPA時間を従属変数とし、性別、月齢、体重、出生時体重またはひとり歩きをした月齢を独立変数とした重回帰分析を行った。その際、活動量計の装着時間および交互作用項(性別×月齢)も調整因子として独立変数に含めた。重回帰モデルにおいては、変動インフレーション因子(VIF)を判断基準として多重回帰モデルに多重共線性がみられないことを確認した。すべての統計処理は、SPSS 20.0 J for Windows(日本アイ・ビー・エム株式会社、東京)を用いて行った。統計的有意水準は、5%未満に設定した。

Ⅲ 結 果

対象者の特性をTable 1に示した。平均月齢は男児が 111.9 ± 19.5 か月、女児が 112.1 ± 19.0 か月であった。調査時の月齢、身長や体重に有意な男女差は認められなかった。出生時体重は男児(3.09 ± 0.38 kg)が女児(3.01 ± 0.39 kg)より重い傾向を示したが($p=0.071$)、ひとり歩きをした月齢に性差は認められなかった。女児と比較して男児は、歩数が多くMVPA時間が長い特徴がみられた(ともに $p<0.001$)。このように、MVPA時間に明確な性差が認められたため、本研究では以降の解析において性別を調整した。

性別と月齢を制御変数とした偏相関分析の結果をTable 2に示した。出生時体重は、現在の身長($r=0.14$)および体重($r=0.13$)とそれぞれ有意な正の相関関係が認められた。ひとり歩きをした月齢は、MVPA時間と負の相関関係が認められた($r=-0.24$)。

Table 3に、MVPA時間を目的変数とした重回帰分析の結果を示した。出生時体重は、MVPA時間と有意な相関関係は認められなかった。一方、ひとり歩きをした月齢は、性別、現在の月齢ならびに体重、活動量計の装着時間で調整をしてもMVPA時間と有意な関係が認められ、ひとり歩きをした月齢が大きいほどMVPA時間は減少する関係が示された($B=-2.28$, $p<0.001$)。

Ⅳ 考 察

本研究は、小学生を対象に、出生時体重および乳幼児期の運動発達の時期と日常生活における身体活動量との関係を検討するために行った。その結果、児童期のMVPA時間は出生時体重との関係は認められなかったが、ひとり歩きをした月齢との有意な関係が認められ、乳幼児期にひとり歩きが発達が遅いほど児童期にMVPA時間が短いことが示された。

2003年の人口動態統計によると、単体で出生した児の出生時の平均体重は男児が3.08 kg、女児が3.00 kgとされている(厚生労働省, 2003)。Table 1に示した対象者(2000~2008年に出生)の出生時体重の平均値(男児:3.09 kg、女児:

Table 1 The characteristics of the 379 subjects (elementary school children aged 6–12 years)

	All (n=379)		Boys (n=175)	Girls (n=204)	p
Age (mos.)	112.0±19.2	(73–151)	111.9±19.5	112.1±19.0	0.914
Height (cm)	132.6±10.7	(107.5–163.5)	132.5±10.1	132.8±11.3	0.811
Weight (kg)	29.3±7.6	(16.4–57.2)	29.9±8.0	28.7±7.2	0.148
Birth weight (g)	3047±385	(1678–4288)	3086±377	3014±390	0.071
<2500 (%)	6.9		5.1	8.3	
2500–2999 (%)	36.4		33.7	38.7	
3000–3499 (%)	45.9		49.1	43.1	
3500–3999 (%)	9.8		11.4	8.3	
≥4000 (%)	1.1		0.6	1.5	
Age at walking unassisted (mos.)	12.6±1.9	(8–18)	12.7±2.0	12.6±1.8	0.327
8 mos. (%)	0.5		0.6	0.5	
9 mos. (%)	2.6		2.4	3.0	
10 mos. (%)	8.4		8.8	8.4	
11 mos. (%)	15.8		15.3	16.8	
12 mos. (%)	26.4		28.2	25.7	
13 mos. (%)	15.0		13.5	16.8	
14 mos. (%)	14.0		14.1	14.4	
15 mos. (%)	10.3		10.6	10.4	
16 mos. (%)	2.9		3.5	2.5	
17 mos. (%)	2.1		3.5	1.0	
18 mos. (%)	1.8		2.4	1.5	
Steps (steps/day)	11324±2576	(6018–22488)	12505±2581	10310±2100	<0.001
MVPA (min/day)	67.6±21.0	(17.6–134.5)	76.8±20.1	59.7±18.3	<0.001

Data are means±SD or proportions.

MVPA, moderate to vigorous physical activity.

Table 2 Partial correlation matrix controlled for gender and age

	Age at walking unassisted (mos.)	Height (cm)	Weight (kg)	MVPA (min/day)
Birth weight (g)	−0.023	0.144**	0.127*	0.049
Age at walking unassisted (mos.)		−0.055	−0.100	−0.244***
Height (cm)			0.720***	−0.057
Weight (kg)				−0.072

MVPA, moderate to vigorous physical activity.

*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

3.01 kg) は 2003 年の人口動態統計よりわずかに大きい数値であるが、これは本研究では 1.5 kg 未満で出生した児を除外していることも関係していると思われる。また、本研究の対象者 379 人におけるひとり歩きの達成率を、平成 22 年乳幼児身体発育調査の「一般調査による乳幼児の運動機能通過率」(厚生労働省雇用均等・児童家庭局, 2011) と比較してみると、通過率が 100% になる月齢がやや遅いという点以外は、非常によく似た曲線を描いた (Fig. 1)。さらに、本研究の対象者の歩数の平均値 (男児: 12505 歩/日, 女児: 10310

歩/日) と、現代の東京の小学生の代表値と考えられる平成 23 年度に東京都が行った広域歩数調査の小学生の平均歩数 (東京都教育庁指導部指導企画課, 2012) を、歩数計の機種の違いを考慮した上で (田中ほか, 2012) 比べると、本研究の対象者の方が男児で約 1100 歩/日, 女児で約 1200 歩/日多い。また、小学生の歩数に関する最近の報告結果 (小林ほか, 2008; 笹山ほか, 2009; 田中・田中, 2010; 海老原ほか, 2011; 根本ほか, 2011; Itoi et al., 2015) を歩数計の機種の違いを考慮して比較すると、本研究の対象は、ほぼ標準的か比

Table 3 Results of the multiple linear regression analysis examining the associations of birth weight or age at walking unassisted with physical activity

Independent variables	MVPA (min/day)			
	<i>r</i>	B	<i>p</i>	R ²
Birth weight (kg)	0.058	2.56	0.266	0.357
Age at walking unassisted (mos.)	-0.259	-2.28	<0.001	0.398

Adjusted for gender, age, weight, wearing time, and interaction (gender×age).

MVPA, moderate to vigorous physical activity; B, unstandardized regression coefficient; R², coefficient of determination

較的活動的な集団であったことが示唆される。

本研究の結果は、乳幼児期にひとり歩きの発達が早かった児童は、日常生活においてMVPAが多いことを示していた。これまでに、乳幼児期の歩行の発達と将来的な身体活動量との関係を報告した研究は、「支えられて歩く」ようになった月齢が早いと思春期（14歳）のスポーツ参加頻度が高いことを示したRidgway et al. (2009b) の1編に限定される（Ridgway et al., 2009b）。対象者の年齢層をはじめ運動発達および身体活動の指標は異なるものの、乳幼児期に歩行の発達が早いほど将来的に活動的であるという点でRidgway et al. (2009b) の行った研究と本研究の結果は一致している。しかしながら、Ridgway et al. (2009b) はスポーツへの参加頻度（質問紙で調査した週あたりの参加回数）を身体活動量の代用指標としたため、乳幼児期の運動発達と日常生活全体における身体活動量との関係はこれまで不明であった。Table 2に示した「ひとり歩き」をした月齢とMVPA時間との相関係数（ $r = -0.24$ ）は弱いものの、Ridgway et al. (2009b) の報告における「支えられて歩く」ようになった月齢と14歳になった時のスポーツ参加頻度との相関係数（ $r = -0.03$ ）よりは大きい値であった。週あたりのスポーツ参加頻度を用いたRidgway et al. (2009b) の結果と厳密な比較はできないが、本研究は乳幼児期を起点とする身体活動量の調査までの経過年数がRidgway et al. (2009b) の研究に比べて短い点と、客観

Fig. 1 Cumulative frequency of motor attainment of walking unassisted

的な評価手法を用いて身体活動量を評価している点を考慮すると、Table 2で得られた相関係数がより大きいことは理にかなったものである。また、Table 3に示した重回帰分析の非標準化係数（B）からは、ひとり歩きの開始が1か月遅くなるとMVPA時間は2.28分/日減少すると推測された。ひとり歩きを開始する月齢の分布が少なくとも9か月（WHO Multicentre Growth Reference Study Group, 2006）に及ぶことから、この結果の臨床的な意義は決して小さくないことが示唆される。例えば、ひとり歩きの開始が半年遅くなるとMVPA時間がおおよそ14分/日減少すると想定されるが、この時間は本研究の対象者におけるMVPAの平均時間（68分/日）の2割に相当する。したがって、我々は人生の早期にも身体不活動の温床が潜んでいる可能性を理解し、子どもの現在の環境要因や心理・社会的要因だけではなく、乳幼児期の運動発達にも研究の意識を向けることが重要である。乳幼児期にひとり歩きの発達が遅かった子どもに対する身体活動量の増加を意図した早期介入が、身体不活動に陥るリスクを長期的に減少させるかもしれない。

ヒトは出生後、首のすわり、ねがえり、ひとりすわり、はいはい、つかまり立ちなど一連の発達を経て、独立歩行、すなわちひとり歩きが可能となる。独立歩行の最初の一步は、乳幼児が十分な脚の筋力と直立姿勢のコントロールを獲得した時にみられるとされているが（Thelen and Ulrich, 1991）、その時期は生後8～17か月に及び、最大で

約9か月の個人差が存在する (WHO Multicentre Growth Reference Study Group, 2006). この個人差の要因は完全に明らかにされていないが、体の重心移動に関わる粗大運動の発達時期に人種差が関与する可能性 (Kelly et al., 2006)、低出生体重児や早産児では総合的な運動機能の発達が遅いこと (Hediger et al., 2002)、母乳栄養が粗大運動の発達に貢献すること (Sacker et al., 2006)、歩行器の使用はひとり歩きの開始を遅らせること (Garrett et al., 2002) などが報告されている。ひとり歩きの発達にみられる個人差が、将来的な身体活動量と関係する機序についても不明であるが、その可能性の一つとして、体力・運動能力における個人差が乳幼児期の運動発達ならびに児童期の身体活動量の両方に関与していることが挙げられる。乳幼児期に立位や歩行の発達が遅いと、将来的に筋力 (Kuh et al., 2006a) や筋持久力、心肺持久力 (Ridgway et al., 2009a)、バランス保持能力 (Kuh et al., 2006b) が低いことが報告されている。現時点では、乳幼児期の運動発達の時期が、どのような先天的要因に依存し、どのような後天的要因の影響を受け決定されるのか、さらにその後の身体活動量と何故関連するのか、不明な点が多い。今後、乳幼児期の運動発達の個人差に関連する複数の要因を含めて身体活動量との関係を縦断的に検討する必要がある。

本研究では、出生時体重と児童期の身体活動量との関係は認められなかった。この結果は、8～15歳の子どもを対象に活動量計を用いて身体活動量を評価した他の研究 (Campbell et al., 2010; Hallal et al., 2012; Mattocks et al., 2008; Pearce et al., 2012; Ridgway et al., 2011) と同様の結果であった。出生時体重と将来的な身体活動量との関係が認められた研究は、身体活動量を質問紙によって評価している点で共通しており、それゆえ出生時体重の極端に軽い者や重い者も含まれた比較的大規模なサンプルに基づいた検討が行われている (Andersen et al., 2009; Gopinath et al., 2013)。17歳の時の身体活動状況を質問紙によって調査した研究によると、800g未満で出生した子どもは通常の出生時体重のグループに比べて身体活動への参加頻度が少なかったことから、出生時体重が極端に軽い者は将来的に身体活動量が少ない可

能性が示唆されている (Rogers et al., 2005)。したがって、思春期から高齢者までの対象を含む Andersen et al. (2009) のメタ解析 (Andersen et al., 2009) および12歳前後の子どもを対象とした Gopinath et al. (2013) の研究 (Gopinath et al., 2013) では、出生時体重の極端に軽い者の存在と、低強度の活動が過小評価されやすく高強度活動が過大評価されやすい質問紙調査の特徴 (Rodriguez et al., 2002) が相まって、出生時体重と身体活動量との関係が強固になっているのかもしれない。実際に、Andersen et al. (2009) のメタ解析の論文では、対象者の大部分が該当する2.76～4.25 kgの範囲において出生時体重と余暇活動時間との関係は非常に弱い (Andersen et al., 2009)。しかしながら、通常の出生時体重の子どもを対象に客観的な身体活動量の評価手法を用いた調査において、出生時体重とMVPA時間との負の関係を示唆する報告も存在する。1.5 kg以上で出生した子どもを対象とした Ridgway et al. (2011) の研究においては、12～14歳を対象とした Southern Brazil のコホートでは出生時体重が重いと活動量計 (Actigraph) で評価したMVPA時間が少ない傾向がみられた ($p=0.09$) (Ridgway et al., 2011)。この結果は、従来想定されていた低出生体重と身体不活動との関係とは逆の関係であり、先進国との経済発展状況の差による子宮内での栄養環境や現在の身体活動量のパターンの違いが結果に影響している可能性が想定されている (Ridgway et al., 2011)。集団特性の影響を明らかにするために、今後、さらに地域や人種を越えて身体活動量の早期決定要因を検討し、知見を集積する必要がある。

本研究の限界点として、出生時体重およびひとり歩きをした月齢のデータは、母親 (あるいは父親) の記憶に基づいた回答であるため、実測あるいは時期的に近いタイミングでそれらの指標を評価している他の研究 (Hallal et al., 2012; Ridgway et al., 2009b) に比べるとデータの精確性という点で劣ることが挙げられる。しかしながら、先行研究により、母親による子どもの出生時体重の記憶は実測された出生時体重と高い相関関係が示されており、信憑性はかなり高いと言われている (Adegboye and Heitmann, 2008)。一方、ひとり歩きをした月齢については、保護者のおよそ5～11

年前の記憶に基づいた回答の信憑性はこれまで検討されていないため、思い出しによるバイアスが少なからず本研究の結果に影響を及ぼしていると考えられる。ただし、本研究では、ひとり歩きをした月齢の回答について、19 か月 (WHO Multi-centre Growth Reference Study Group, 2006) 以上をはずれ値と定義し、それに該当する計 10 人のデータを除外した上で解析を行った。はずれ値を除外した後のひとり歩きの達成率は、乳幼児身体発育調査の運動機能通過率と乖離した結果ではなかったため (Fig. 1), 本研究で用いた運動発達の指標はある程度信頼できるデータであったと考えられる。さらに、本研究は後ろ向き追跡研究であるため、今後、出生コホートで児を前向きに追跡するとともに、一定の判定基準により運動機能の発達を評価した上で将来的な身体活動量との関係性を精細に検証する必要があるだろう。

V 結 論

本研究によって、児童期の身体活動量は出生時体重には依存しないが、乳幼児期の運動発達と関連があることが示され、ひとり歩きの開始が遅いと MVPA が少ないことが示された。乳幼児期のひとり歩きの発達は、児童期の身体活動量の決定において重要な役割を果たしている可能性が示唆される。

謝辞および付記

本研究にご参加いただきました児童ならびに保護者の皆様と、本研究の実施に際して多大なるご協力をいただいた学校関係者の皆様ならびに医薬基盤・健康・栄養研究所のスタッフの皆様に深謝いたします。

本研究は、科学研究費助成事業基盤研究 (C) : 居住地域環境と家庭環境が小学生の日常の身体活動に及ぼす影響 (課題番号 : 24500832), ならびに日本学術振興会特別研究員奨励費 : 子どもの生活習慣病リスクに及ぼす出生時体重と身体活動の影響 : (課題番号 : 13J07359) の助成を受けて実施したものである。

文 献

- correlates of maternal recall of birthweight and gestational age, *BJOG*, 115, 886-893
- Andersen, L. G., Angquist, L., Gamborg, M., Byberg, L., Bengtsson, C., Canoy, D., Eriksson, J. G., Eriksson, M., Järvelin, M. R., Lissner, L., Nilsen, T. I., Osler, M., Overvad, K., Rasmussen, F., Salonen, M. K., Schack-Nielsen, L., Tammelin, T. H., Tuominen, T. P., Sørensen, T. I., Baker, J. L. : NordNet Study Group (2009) Birth weight in relation to leisure time physical activity in adolescence and adulthood : meta-analysis of results from 13 nordic cohorts, *PLoS One*, 4, e8192
- Campbell, C. P., Barnett, A. T., Boyne, M. S., Soares-Wynter, S., Osmond, C., Fraser, R. A., Badaloo, A. V., Taylor-Bryan, C., Forrester, T. E. (2010) Predictors of physical activity energy expenditure in Afro-Caribbean children, *Eur J Clin Nutr*, 64, 1093-1100
- Diep, L., Kwagyan, J., Kurantsin-Mills, J., Weir, R., Jayam-Trouth, A. (2010) Association of physical activity level and stroke outcomes in men and women : a meta-analysis, *J Womens Health (Larchmt)*, 19, 1815-1822
- 海老原修, 桜井智野風, 木村みかき, 佐々木玲子, 長谷川博, 高原和子 (2011) 子どもの日常的歩数の同定, *発育発達研究*, 51, 92-100
- Ferreira, I., van der Horst, K., Wendel-Vos, W., Kremers, S., van Lenthe, F. J., Brug, J. (2007) Environmental correlates of physical activity in youth - a review and update, *Obes Rev*, 8, 129-154
- Garrett, M., McElroy, A. M., Staines, A. (2002) Locomotor milestones and babywalkers : cross sectional study. *BMJ*, 324, 1494
- Gopinath, B., Hardy, L. L., Baur, L. A., Burlutsky, G., Mitchell, P. (2013) Birth weight and time spent in outdoor physical activity during adolescence. *Med Sci Sports Exerc*, 45, 475-480
- Hallal, P. C., Dumith, S. C., Ekelund, U., Reichert, F. F., Menezes, A. M., Victora, C. G., Wells, J. C. (2012) Infancy and childhood growth and physical activity in adolescence : prospective birth cohort study from Brazil, *Int J Behav Nutr Phys Act*, 9, 82
- Hallal, P. C., Victora, C. G., Azevedo, M. R., Wells, J. C. (2006) Adolescent physical activity and health : a systematic review, *Sports Med*, 36, 1019-1030
- Hediger, M. L., Overpeck, M. D., Ruan, W. J., Troendle, J. F. (2002) Birthweight and gestational age effects

- on motor and social development, *Paediatr Perinat Epidemiol*, 16, 33-46
- Hikihara, Y., Tanaka, C., Oshima, Y., Ohkawara, K., Ishikawa-Takata, K., Tanaka, S. (2014) Prediction models discriminating between nonlocomotive and locomotive activities in children using a triaxial accelerometer with a gravity-removal physical activity classification algorithm, *PloS One*, 9, e94940
- Itoi, A., Yamada, Y., Nakae, S., Kimura, M. (2015) Decline in objective physical activity over a 10-year period in a Japanese elementary school, *J Physiol Anthropol*, 6, 34-38
- Kelly, Y., Sacker, A., Schoon, L., Nazroo, J. (2006) Ethnic differences in achievement of developmental milestones by 9 months of age : the millennium cohort study, *Dev Med Child Neurol*, 48, 825-830
- 小林博隆, 秋葉裕幸, 小澤治夫 (2008) 生活活動の運動量, 子どもと発育発達, 6, 81-86
- 厚生労働省 (2003) 平成 15 年人口動態統計 (確定数) 『厚生労働省ホームページ』, (https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_toGL08020103_&listID=000001101609&disp=Other&requestSender=estat, 参照日 : 2015 年 11 月 6 日)
- 厚生労働省雇用均等・児童家庭局 (2011) 平成 22 年乳幼児身体発育調査報告書, 19
- Kuh, D., Hardy, R., Butterworth, S., Okell, L., Wadsworth, M., Cooper, C., Aihie Sayer, A. (2006a) Developmental origins of midlife grip strength : findings from a birth cohort study, *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 61, 702-706
- Kuh, D., Hardy, R., Butterworth, S., Okell, L., Richards, M., Wadsworth, M., Cooper, C., Sayer, A. A. (2006b) Developmental origins of midlife physical performance : evidence from a British birth cohort, *Am J Epidemiol*, 164, 110-121
- Mâsse, L. C., Fuemmeler, B. F., Anderson, C. B., Matthews, C. E., Trost, S. G., Catellier, D. J., Treuth, M. (2005) Accelerometer data reduction : a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables, *Med Sci Sports Exerc*, 37 (11 Suppl), S544-S554
- Mattocks, C., Ness, A., Deere, K., Tilling, K., Leary, S., Blair, S. N., Riddoch, C. (2008) Early life determinants of physical activity in 11 to 12 year olds : cohort study, *BMJ*, 336, 26-29
- Mikolajczyk, R. T., Zhang, J., Betran, A. P., Souza, J. P., Mori, R., Gülmezoglu, A. M., Merialdi, M. (2011) A global reference for fetal-weight and birthweight percentiles, *Lancet*, 377, 1855-1861
- 根本裕太, 稲山貴代, 北島義典, 荒尾孝 (2011) 小学 4 年生の日常生活における身体活動量とその関連要因, *学校保健研究*, 53, 329-342
- Ohkawara, K., Oshima, Y., Hikihara, Y., Ishikawa-Takata, K., Tabata, I., Tanaka, S. (2011) Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm, *Br J Nutr*, 105, 1681-1691
- Oshima, Y., Kawaguchi, K., Tanaka, S., Ohkawara, K., Hikihara, Y., Ishikawa-Takata, K., Tabata, I. (2010) Classifying household and locomotive activities using a triaxial accelerometer, *Gait Posture*, 31, 370-374
- Pearce, M. S., Basterfield, L., Mann, K. D., Parkinson, K. N., Adamson, A. J., Reilly, J. J. : Gateshead Millennium Study Core Team (2012) Early predictors of objectively measured physical activity and sedentary behaviour in 8-10 year old children : the Gateshead Millennium Study, *PLoS One*, 7, e37975
- Ridgway, C. L., Brage, S., Sharp, S. J., Corder, K., Westgate, K. L., van Shuijs, E. M., Goodyer, I. M., Hallal, P. C., Anderssen, S. A., Sardinha, L. B., Andersen, L. B., Ekelund, U. (2011) Does birth weight influence physical activity in youth? a combined analysis of four studies using objectively measured physical activity, *PLoS One*, 6, e16125
- Ridgway, C. L., Ong, K. K., Tammelin, T., Sharp, S. J., Ekelund, U., Jarvelin, M. R. (2009a) Birth size, infant weight gain, and motor development influence adult physical performance, *Med Sci Sports Exerc*, 41, 1212-1221
- Ridgway, C. L., Ong, K. K., Tammelin, T. H., Sharp, S., Ekelund, U., Jarvelin, M. R. (2009b) Infant motor development predicts sports participation at age 14 years : northern Finland birth cohort of 1966, *PloS One*, 4, e6837
- Rodriguez, G., Beghin, L., Michaud, L., Moreno, L. A., Turck, D., Gottrand, F. (2002) Comparison of the TriTrac-R3D accelerometer and a self-report activity diary with heart-rate monitoring for the assessment of energy expenditure in children, *Br J Nutr*, 87, 623-631
- Rogers, M., Fay, T. B., Whitfield, M. F., Tomlinson, J., Grunau, R. E. (2005) Aerobic capacity, strength,

- flexibility, and activity level in unimpaired extremely low birth weight (≤ 800 g) survivors at 17 years of age compared with term-born control subjects, *Pediatrics*, 116, e58-e65
- Sacker, A., Quigley, M. A., Kelly, Y. J. (2006) Breast-feeding and developmental delay : Findings from the millennium cohort study, *Pediatrics*, 118, e682-e689
- Samitz, G., Egger, M., Zwahlen, M. (2011) Domains of physical activity and all-cause mortality : systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies, *Int J Epidemiol*, 40, 1382-1400
- 笹山健作, 沖嶋今日太, 水内秀次, 足立稔 (2009) 小学生の日常生活における身体活動量と体力の関連性, *体力科学*, 58, 295-304
- 田中千晶, 田中茂穂 (2010) 子どもにおける身体活動量の評価, *体育の科学*, 60, 389-395
- 田中茂穂, 井上茂, 引原有輝, 田中千晶 (2012) 歩数計の機種の違いによって生じる歩数のずれを換算するシステムの開発, *医科学応用研究財団研究報告*, 31, 96-99
- Telama, R. (2009) Tracking of physical activity from childhood to adulthood : a review, *Obes Facts*, 2, 187-195
- Thelen, E. and Ulrich, B. D. (1991) Hidden skills : a dynamic systems analysis of treadmill stepping during the first year, *Monogr Soc Res Child Dev*, 56, 1-98 ; discussion 99-104
- 東京都教育庁指導部指導企画課 (2012) 「平成 23 年度東京都児童・生徒の日常生活活動に関する調査」報告書, 東京都教育委員会, 17
- Troiano, R. P., Berrigan, D., Dodd, K. W., Masse, L. C., Tilert, T., McDowell, M. (2008) Physical activity in the united states measured by accelerometer, *Med Sci Sports Exerc*, 40, 181-188
- Trost, S. G., Owen, N., Bauman, A. E., Sallis, J. F., Brown, W. (2002) Correlates of adults' participation in physical activity : review and update, *Med Sci Sports Exerc*, 34, 1996-2001
- WHO (2009) Global Health Risks : Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks, World Health Organization
- WHO Multicentre Growth Reference Study Group (2006) WHO motor development study : windows of achievement for six gross motor development milestones, *Acta Paediatrica* (Suppl 450), 86-95
- Wickel, E. E. and Eisenmann, J. C. (2007) Contribution of youth sport to total daily physical activity among 6- to 12-yr-old boys, *Med Sci Sports Exerc*, 39, 1493-1500
- (受付 : 2015 年 11 月 13 日, 受理 : 2016 年 7 月 20 日)

青山 友子 (あおやま ともこ)

現職 : 国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所/日本学術振興会特別研究員

早稲田大学大学院スポーツ科学研究科修了。博士 (スポーツ科学)。2013 年 4 月より現職。

DOHaD (Developmental Origins of Health and Diseases) の視点から、発育期の子どもの身体活動量や体力の増加を目指した研究を行っている。