4-12 歳の加齢にともなう接地足跡の 形成, 運動能力, 肥満の関連

秋武 寛¹ 安部 恵子² 三村 寛一²

Relationship between footprint, motor ability, and obesity with aging in 4- to 12-year-old children

Hiroshi Akitake¹, Keiko Abe² and Kan-ichi Mimura²

abstract

The purpose of this study was to determine the relationship between footprint, motor ability, and obesity with aging in 4- to 12-year-old children (n=3944, 1957 boys and 1987 girls). We measured the footprint using Pedoscope, and measured the subjects' motor ability while performing 25 m sprint, broad jump, and ball throw. The footprint was classified into normal feet and flat feet. Sprint and broad jump ability with non-normal foot girls were significantly lower than those for the normal foot after the age of 7. Obesity with non-normal foot types was significantly higher than obesity with normal feet after the age of 10 boys. Sprint ability with non-obesity boys were significantly higher than obesity after the age of 10, jump ability with non-obesity was significantly higher than obesity after the age of 8, and throw ability with non-obesity boys were significantly higher than obesity after the age of 10. Sprint ability with non-obesity girls were significantly higher than obesity after the age of 7, jump ability with non-obesity was significantly higher than obesity after the age of 8, 11, and 12. Sprint ability with non-obesity of normal feet were significantly higher than obesity of normal feet from 10- to 12-year-old boys and the age of 12 girls, obesity of flat feet the age of 12 boys and the age of 9 and 10 girls. Broad jump with non-obesity of normal feet were significantly higher than obesity of normal feet the age of 11-12 boys and 12 girls, obesity of flat feet the age of 12 boys and 10 girls, non-obesity of flat feet the age of 12 girls. In conclusions, in terms of footprint, motor ability, and obesity in children, it was suggested that it was important occasion to change after 9 years old.

Key words : footprint, motor ability, obesity, flat feet, Pedoscope

接地足跡, 運動能力, 肥満, 扁平足, Pedoscope

I 緒 言

ヒトは, 身体のバランスを保ちながら静的な立位姿勢や動的な二足歩行を行っている。新生児や乳児の足は, 豊富な脂肪組織や靱帯弛緩のためほぼすべてが扁平足である(近藤ほか, 2005)。扁平

足とは, 内側縦アーチが低下あるいは消失した状態をいい, 足底全体あるいはその大部分が接地していることで特徴づけられている(Kanatli et al., 2001; 近藤ほか, 2005)。子どもの足は, 生後10年間で急激に骨構造が発達し, 6歳, 7歳においては約70%が, 成人にみられる土踏まずの型になる

¹ プール学院大学短期大学部幼児教育保育学科

² 大阪成蹊大学教育学部

¹ Department of Early Childhood Care and Education, Poole Gakuin College

² Faculty of Education, Osaka Seikei University

(Chen et al., 2011; 原田ほか, 1995; Müller et al., 2012; 松田ほか, 2007). 臨床的には通常, 扁平足は, 足部のエックス線像をもとに, その骨構造から総合的に評価されている(水野, 1941). しかし, 幼少期において足部に放射線を照射することは, 少量でも被爆することが懸念される. そのため土踏まずの形成の有無は, 足の裏を撮影し, その接地足跡の写真から検討している(平澤, 1978; 吉澤ほか, 1984).

Khodadadeh et al. (1993) や Lin et al. (2001) は, 下肢の筋活動量が少ない子どもは, 扁平足型であり, 運動能力が低い可能性があることを報告している. 先行研究では接地足跡と運動能力との関係において, 扁平足型の子どもは, 運動能力が低いとする報告もあれば (Lin et al., 2001; Nachbauer and Nigg, 1992), 両者に関係は認められなかったとする報告もある(原田ほか, 1995; Tudor et al., 2012). つまり, 接地足跡と運動能力の関係は, 運動種目によって下肢の筋活動量に相違があることから, 接地足跡と運動能力の関係の有無が生じることが考えられる.

近年, 肥満は日常の身体活動量の不足が原因であると言われ, 様々な問題を引き起こすことが懸念されている(足立, 2005; Dämon et al., 2005). 接地足跡の形成と肥満の関係について, 安部ほか(2010)やChang et al. (2010)は, 肥満児は, 非肥満児と比較して足底の皮下脂肪量の多寡が原因で扁平足型の割合が高いことを報告している. 三上ほか(1999)は, 児童を対象として肥満児の運動能力は, 非肥満児の運動能力と比較して, 運動種目によって運動能力の優劣の差があることを報告しているものの, 幼児を対象とした報告は数少ない.

我々は, 肥満児の接地足跡から, 扁平足型は土踏まずに脂肪が多く付着し運動能力も低いと考え, 加齢にともない接地足跡の形成, 運動能力および肥満は, 3者が互いに関連が認められる年齢時期があるのではないかと, という仮説を立てた. 先行研究では, 幼児, 児童のある一部分の年齢を対象としたものや発育発達の著しい幼児あるいは児童それぞれを検討しているが, 接地足跡の形成, 運動能力, 肥満の問題は, どの時期に, 相互に関連を及ぼしているかは明らかにされていない. 加

齢にともない接地足跡の形成, 運動能力および肥満の関連を幼児期および児童期を年齢ごとに検討することは, 学校教育現場において年齢ごとの有用な知見になることが考えられる.

そこで本研究は, 4-12歳までの幼児および児童を対象に加齢にともない接地足跡の形成, 運動能力および肥満の関連を年齢ごとに検討することを目的とした.

Ⅱ 方 法

1. 対 象

対象は, 4-12歳の幼児および児童3944名(男子1957名, 女子1987名)で, いずれも神経的, 整形外科的疾患を持たない健常児である. 年齢区分は, 4歳から6歳までの幼児が半年区分, 7歳から12歳までの児童が1年の学年区分に分類し, 表1に身体特性を示した. 年齢区分は, 4.0が4.0歳以上4.5歳未満, 4.5が4.5歳以上5.0歳未満とし, 5.0歳以降も同様に示した. なお対象の幼児, 児童とその保護者, 学校長およびクラス担任には, 本研究の趣旨を説明し, 被検者の保護者に対して調査内容を文書で知らせ, 同意を得た. また本研究は, 大阪成蹊大学倫理委員会にて研究倫理審査を受け承認を得た.

2. 形態測定

形態測定は, 身長, 体重を測定し, 得られた身長, 体重からBMIを算出した. 肥満判定は, Cole et al. (2000)によって作成された肥満判定の基準値を用いてBMIから過体重, 肥満を肥満児とした.

3. 接地足跡の測定

接地足跡の測定は, PedoscopeVTS120(株式会社サカモト, パテラ研究所製)を用いて実施した. 被験者は, 測定器の台上に裸足で内側線の間隔が5-10cm離して眼前約2mの視標を注視し, 10秒間できるだけ動かないようリラックスして直立した. 測定者は, 両足均等に体重をかけた状態になったことを確認し, 写真撮影を行った(原田ほか, 1995; 松田ほか, 2007)(図1). 測定は, 接地足跡の測定に熟練した大学教員および研究員が実

図1 Pedoscopeを用いた接地足跡の測定

施した。図2は、接地足型の分類を示した。接地足跡の評価は、平澤の方法に基づき足跡の内側縁および外側縁に2本の接線を求め、その交点と第2趾中央部を結ぶ線をHラインとして、土踏まずがHラインを通過したか否かで判断した(平澤, 1978)。接地足跡の分類は、左右足標準型を標準型とし、それ以外を非標準型とした(平澤, 1981)。

4. 運動能力テスト

運動能力テストは、走・跳・投能力として幼児が25m走、立ち幅跳び、テニスボール投げ、児童が50m走、立ち幅跳び、ソフトボール投げを実施した(文部科学省幼児期運動指針策定委員会, 2012; 文部科学省スポーツ・青少年局スポーツ振興課, 2011, 2012)。

5. 統計処理

すべての値は、平均値±標準偏差で示した。接地足跡別の運動能力、非肥満児と肥満児の運動能力および接地足跡別による肥満児と非肥満児の運動能力の比較は、二元配置分散分析を行い、主効果が認められた場合、その後の検定としてBonferroniを用いて分析した。接地足跡別の肥満児割合の比較は、Fisherの正確確率検定を用いて分析した。得られた値は、IBM社製のSPSS Statistics version. 19を用いて分析し、すべての有意水準は危険率5%未満とした。

① 内側縁接線 ② Hライン(点線) ③ 外側縁接線

図2 接地足跡の分類

Ⅲ 結 果

1. 対象の身体特性

表1は、対象の身体特性を示した。身長、体重は、男女ともに平成24年度学校保健統計調査報告書とほぼ同様の値を示した(文部科学省, 2012)。接地足跡の標準型の割合は、男女とも加齢とともに増加し、幼児期6歳後半において男子72.0%、女子72.5%、児童期12歳において男子78.1%、女子81.7%を示した。

2. 接地足跡別の運動能力

表2は、加齢にともなう接地足跡別の運動能力を示した。女子の標準型の走能力は、非標準型と比較して7歳以降有意に高い値を示した($p < 0.05-0.001$)。女子の標準型の跳能力は、非標準型と比較して7歳児以降有意に高い値を示した($p < 0.05-0.01$)。標準型の投能力は、非標準型と比較して男女ともに統計的な差は認められなかった。

3. 接地足跡別による肥満児の割合

図3は、加齢にともなう接地足跡別の肥満児の割合を示した。男子の非標準型の肥満児の割合は、標準型の肥満児と比較して10歳児以降有意に高い割合を示した($p < 0.05$)。女子の非標準型の肥満児の割合は、標準型の肥満児と比較して統計的な差は認められなかった。

表 1 対象の身体特性

	年齢 year	n	身長 (cm)		体重 (kg)		BMI (kg/m ²)		接地足蹠 (%)	
			mean	SD	mean	SD	mean	SD	標準型	非標準型
男子	4.0	141	102.5	4.6	16.4	2.4	15.6	1.5	52.5	47.5
	4.5	182	104.8	4.3	16.9	2.0	15.3	1.1	54.9	45.1
	5.0	265	107.8	4.2	17.8	2.4	15.3	1.5	61.9	38.1
	5.5	213	111.0	4.3	19.0	3.1	15.4	2.4	64.8	35.2
	6.0	289	114.3	4.5	20.2	3.0	15.4	1.6	70.6	29.4
	6.5	236	115.1	4.1	20.3	3.8	15.3	2.5	72.0	28.0
	7.0	116	117.0	5.1	21.4	2.7	15.6	1.2	66.4	33.6
	8.0	106	124.0	4.7	25.1	4.0	16.2	1.7	68.9	31.1
	9.0	98	129.7	4.6	27.6	4.5	16.3	2.0	74.5	25.5
	10.0	106	134.1	6.1	30.8	5.6	17.1	2.2	77.4	22.6
	11.0	100	138.9	5.4	34.4	8.4	17.7	3.2	74.0	26.0
	12.0	105	145.1	6.3	38.3	7.8	18.1	2.7	78.1	21.9
女子	4.0	130	101.3	4.5	16.0	2.1	15.5	1.3	55.4	44.6
	4.5	195	103.5	3.7	16.2	1.8	15.2	1.2	60.0	40.0
	5.0	275	107.3	4.4	17.3	2.2	15.0	1.2	67.6	32.4
	5.5	215	109.5	4.8	18.1	2.3	15.1	2.4	68.4	31.6
	6.0	302	113.2	4.2	19.5	2.6	15.2	1.4	70.9	29.1
	6.5	233	115.6	5.0	20.5	3.4	15.3	1.7	72.5	27.5
	7.0	107	116.9	5.1	21.3	3.2	15.5	1.5	72.9	27.1
	8.0	105	121.6	4.7	23.1	3.4	15.6	1.5	78.1	21.9
	9.0	111	128.0	4.6	26.2	3.7	16.0	1.6	75.7	24.3
	10.0	110	134.2	6.2	29.9	5.7	16.5	2.4	80.0	20.0
	11.0	111	140.5	7.7	34.1	6.6	17.2	2.1	74.8	25.2
	12.0	93	147.6	6.1	39.2	6.6	17.9	2.4	81.7	18.3

4. 肥満児と非肥満児の運動能力

図4は、加齢にともなう肥満児と非肥満児の運動能力を示した。男子において肥満児は、非肥満児と比較して走能力が10歳以降、跳能力が8歳以降、投能力が10歳以降有意に低い値を示した。女子において肥満児は、非肥満児と比較して走能力が12歳、跳能力が8, 11歳, 12歳において有意に低い値を示した。

5. 接地足蹠別による肥満児と非肥満児の運動能力

表3は、加齢にともなう接地足蹠別による肥満児と非肥満児の運動能力を示した。標準型非肥満児の走能力は、標準型肥満児と比較して男子10-12歳、女子12歳、非標準型肥満児と比較して男子12歳、女子9, 10歳において有意に高い値を示した ($p < 0.05$, 0.001)。標準型非肥満児の跳能力は、標準型肥満児と比較して男子11, 12歳、女子12歳、非標準型肥満児と比較して男子12歳、女子10歳、非標準型非肥満児と比較して女子12

歳において有意に高い値を示した ($p < 0.05$ - 0.01)。投能力は、男女ともに接地足型別の肥満と非肥満に統計的な差は認められなかった。

IV 考 察

接地足蹠の測定方法は、従来から足裏面に墨汁を塗る墨汁法、アルミ粉末法などがある。これらの測定方法は、足底への墨汁の塗付量や実施法などによって、土踏まずが測定面上に一度付着すると扁平足型と評価されるため正確性や妥当性の問題が指摘されていた(山田ほか, 1983; 根本, 1966)。Pedoscopeは、平澤の開発によって、従来の足圧痕法よりも正確に、且つ短時間で多人数の接地足蹠の計測が可能となった(平澤, 1978)。足部エックス線像から得られた骨構造とPedoscopeの接地足蹠の関係は、ある程度の相関関係を認めている(山田ほか, 1983)。エックス線像を用いた扁平足の評価は、臨床症状、足の形状などから総合的に評価されているが、Pedoscopeは、非侵襲的で

表2 加齢にともなう接地足蹠別の運動能力

性	Age (year)		4.0		4.5		5.0		5.5		6.0		6.5	
	測定種目	接地足蹠	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
男子	25 m 走 (秒)	標準型	7.7	0.9	7.4	0.8	7.0	0.7	6.5	0.6	6.2	0.5	6.0	0.5
		非標準型	7.9	0.9	7.5	0.8	7.0	0.6	6.6	0.7	6.2	0.5	6.0	0.4
	立ち幅跳び (cm)	標準型	75.7	16.6	85.8	19.5	91.8	18.1	103.7	17.4	112.5	17.0	116.0	16.7
		非標準型	78.6	21.9	81.6	21.4	94.8	18.5	103.1	20.9	109.6	17.5	114.1	14.4
	テニスボール投げ (m)	標準型	4.4	2.6	5.0	2.1	6.5	2.7	7.7	2.7	9.5	3.5	10.0	3.0
		非標準型	4.1	1.4	5.3	1.7	6.5	2.2	7.8	3.4	8.9	2.8	9.8	3.8
女子	25 m 走 (秒)	標準型	7.7	0.7	7.6	0.9	7.2	0.7	6.7	0.6	6.4	0.6	6.2	0.3
		非標準型	8.0	0.8	7.8	0.7	7.2	0.8	6.8	0.7	6.7	0.7	6.4	0.4
	立ち幅跳び (cm)	標準型	76.9	20.7	80.6	18.4	82.0	16.4	95.4	15.9	103.1	15.5	97.2	15.0
		非標準型	75.8	16.4	76.1	18.8	84.2	17.2	91.3	17.4	102.5	17.4	103.3	16.1
	テニスボール投げ (m)	標準型	3.1	0.9	4.0	1.0	4.4	1.4	5.4	1.6	6.4	1.7	7.3	1.6
		非標準型	3.0	0.9	3.6	0.9	4.4	1.5	4.8	1.9	5.9	1.6	5.9	2.0

性	Age (year)		7.0		8.0		9.0		10.0		11.0		12.0	
	測定種目	接地足蹠	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
男子	50 m 走 (秒)	標準型	11.4	0.8	10.4	0.7	10.0	0.8	9.6	0.7	9.3	0.9	8.9	0.9
		非標準型	11.5	0.1	10.7	0.2	10.1	0.2	9.9	0.3	9.3	0.2	9.2	0.2
	立ち幅跳び (cm)	標準型	125.7	18.2	132.3	17.3	136.7	18.4	146.6	18.5	152.4	22.6	163.1	27.5
		非標準型	122.4	20.3	132.3	18.9	136.2	16.4	143.8	17.1	152.3	20.8	154.5	29.1
	ソフトボール投げ (m)	標準型	9.1	3.1	13.6	4.4	16.0	5.9	20.4	6.2	24.8	7.1	29.1	8.3
		非標準型	8.3	3.6	12.1	4.2	15.4	5.0	16.6	6.2	21.7	8.3	26.6	7.6
女子	50 m 走 (秒)	標準型	11.8	0.9**	10.8	0.8**	10.2	0.7***	9.8	0.8*	9.4	0.6*	9.1	0.9*
		非標準型	12.5	1.3	11.5	0.9	11.2	2.3	10.4	1.0	10.1	1.1	9.8	0.5
	立ち幅跳び (cm)	標準型	109.1	19.9*	121.8	17.8*	130.3	18.8*	137.5	16.3*	148.9	17.3*	153.9	25.3**
		非標準型	95.6	31.3	105.1	34.3	117.7	23.5	119.3	25.9	133.5	29.0	123.8	23.7
	ソフトボール投げ (m)	標準型	5.9	1.4	7.0	2.3	8.8	2.6	10.7	3.2	13.4	3.8	14.8	4.8
		非標準型	5.3	1.9	6.8	1.1	8.9	3.4	9.8	3.0	11.7	4.3	13.4	3.4

標準型と非標準型に有意差ありの場合：* $p<0.05$ ，** $p<0.01$ ，*** $p<0.001$

図3 加齢にともなう接地足蹠別の肥満児の割合

図4 加齢にともなう肥満児と非肥満児の運動能力

あることや短時間で多人数の子どもを対象として足裏の形状を観察できるなどの有用性が確認されていることから多くの研究で用いられている(平澤, 1978; 山田ほか, 1983)。特に子どもの体力低下が問題となっている中, 今回の研究では, 近年開発された PedoscopeVTS120 を用いて 3944 名の幼児および児童を測定したことに特色がある。

土踏まずの形成は, 7 歳児で約 70%, 12 歳児で約 80% が完成し, 成人と同様の足型になることが報告されている (Chen et al., 2011; 原田ほか,

1995; Müller et al., 2012; 松田ほか, 2007)。本研究において土踏まずの形成は, 男女とも加齢とともに増加し, 幼児期 6 歳後半において男子 72.0%, 女子 72.5%, 児童期 12 歳において男子 78.1%, 女子 81.7% を示し, 従来からの研究成果とはほぼ同様の傾向が示された。

接地足跡の形成と運動能力との関係は, 下肢の筋活動量が少ない子どもは, 扁平足型であり, 運動能力が低い可能性があることを報告し (Khadadadeh et al., 1993; Lin et al., 2001), Tudor et al.

表3 接地足跡別による肥満児と非肥満児の運動能力

性	Age (year)		4.0		4.5		5.0		5.5		6.0		6.5	
	測定種目	接地足跡×肥満	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
男子	25 m 走 (秒)	標準型非肥満児	7.8	0.9	7.4	0.8	7.0	0.7	6.5	0.6	6.2	0.5	6.0	0.5
		標準型肥満児	7.1	0.5	—	—	6.9	0.9	6.6	0.5	6.1	0.5	—	—
		非標準型非肥満児	7.8	0.9	7.5	0.8	7.0	0.7	6.6	0.6	6.3	0.5	6.0	0.4
		非標準型肥満児	8.3	1.1	7.7	1.1	7.0	0.5	6.5	0.6	6.1	0.5	7.6	0.1
	立ち幅跳び (cm)	標準型非肥満児	75.8	16.8	85.4	19.4	92.0	17.9	104.3	16.8	112.9	16.5	116.0	16.7
		標準型肥満児	74.7	17.5	—	—	83.2	22.8	96.5	23.3	107.9	22.3	—	—
		非標準型非肥満児	79.3	18.8	80.9	20.2	95.2	18.8	102.5	19.5	109.4	17.4	114.7	13.5
		非標準型肥満児	62.3	22.8	67.5	24.7	98.1	10.3	103.4	23.2	112.5	18.3	87.0	7.1
	テニス ボール投げ (m)	標準型非肥満児	4.1	2.3	5.0	2.1	6.5	2.8	7.7	2.8	9.4	3.5	10.0	3.0
		標準型肥満児	9.0	1.1	—	—	6.5	1.8	7.9	2.3	9.7	3.8	—	—
		非標準型非肥満児	3.9	1.6	5.0	1.8	6.6	2.4	7.5	3.0	8.9	3.0	10.1	3.1
		非標準型肥満児	4.8	1.1	6.0	1.5	7.1	2.6	11.1	4.5	8.6	1.9	6.0	1.4
女子	25 m 走 (秒)	標準型非肥満児	8.2	0.9	8.0	1.1	7.0	0.5	6.5	0.2	7.0	0.6	6.5	0.4
		標準型肥満児	7.9	0.8	7.8	0.7	7.3	0.8	6.8	0.7	6.6	0.7	6.3	0.4
		非標準型非肥満児	7.8	0.6	7.4	0.7	7.1	0.9	6.9	0.6	6.4	0.4	6.0	0.1
		非標準型肥満児	7.7	0.7	7.6	0.9	7.2	0.7	6.7	0.6	6.4	0.6	6.3	0.3
	立ち幅跳び (cm)	標準型非肥満児	76.9	20.7	80.7	18.2	81.9	16.1	95.6	16.0	102.9	15.6	97.5	15.7
		標準型肥満児	75.7	21.0	84.3	27.7	82.1	23.4	93.1	15.8	109.7	11.9	94.5	0.7
		非標準型非肥満児	74.6	14.4	75.6	18.0	84.6	17.3	92.5	17.6	101.2	17.3	100.1	18.8
		非標準型肥満児	77.9	22.0	57.0	11.3	89.6	11.1	86.0	17.8	87.5	25.1	92.1	16.0
	テニス ボール投げ (m)	標準型非肥満児	3.2	1.3	4.0	0.7	4.3	0.4	5.5	2.1	5.0	0.5	7.4	1.8
		標準型肥満児	3.0	0.6	3.6	0.9	4.5	1.6	5.0	1.8	6.1	1.8	6.1	1.7
		非標準型非肥満児	3.1	0.8	4.0	0.0	4.5	2.0	5.0	1.3	6.1	0.9	7.8	1.1
		非標準型肥満児	3.1	0.9	4.0	1.1	4.4	1.4	5.4	1.6	6.4	1.7	7.3	1.7
性	Age (year)		7.0		8.0		9.0		10.0		11.0		12.0	
	測定種目	接地足跡×肥満	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
男子	50 m 走 (秒)	標準型非肥満児	11.4	1.0	10.3	0.7	10.1	0.8	9.5	0.7*	9.1	0.7***	8.8	0.8*、†
		標準型肥満児	10.8	1.1	10.5	0.8	10.8	1.0	10.4	1.0	10.5	1.1	9.7	1.0
		非標準型非肥満児	11.5	1.5	10.7	1.4	10.0	0.7	9.5	0.8	9.2	0.8	9.0	0.8
		非標準型肥満児	11.7	0.3	11.0	0.9	10.1	0.1	10.1	0.8	9.9	0.3	10.5	1.4
	立ち幅跳び (cm)	標準型非肥満児	115.0	18.0	129.5	17.1	135.8	17.5	147.9	17.4	155.5	19.6*	165.5	27.5*、†
		標準型肥満児	131.0	19.1	120.0	17.3	118.8	24.2	131.7	24.4	130.6	30.5	144.0	20.9
		非標準型非肥満児	114.3	20.5	135.0	17.1	136.8	17.2	151.9	19.1	154.7	21.1	162.9	30.8
		非標準型肥満児	100.3	12.8	106.3	6.0	130.0	2.8	133.8	15.2	141.7	14.0	126.0	22.6
	ソフト ボール投げ (m)	標準型非肥満児	8.9	3.0	13.6	4.4	16.0	6.0	20.9	6.2	25.2	6.7	29.5	8.3
		標準型肥満児	13.0	4.0	13.7	4.2	14.2	5.6	15.3	3.7	22.4	9.0	25.8	7.7
		非標準型非肥満児	8.4	3.6	11.9	3.9	15.3	4.7	17.3	6.8	23.4	7.6	26.9	7.8
		非標準型肥満児	5.8	0.5	13.0	6.2	16.0	9.9	18.0	2.1	13.0	4.4	23.5	0.7
女子	50 m 走 (秒)	標準型非肥満児	11.7	0.8	10.8	0.8	10.2	0.7†††	9.8	0.8†	9.3	0.5	9.0	0.9*
		標準型肥満児	12.6	1.6	11.3	0.8	10.8	0.6	10.0	0.8	10.0	0.9	10.3	1.1
		非標準型非肥満児	12.4	1.4	11.3	1.0	10.7	1.2	10.0	1.0	9.5	1.0	9.5	0.5
		非標準型肥満児	11.3	1.2	12.5	0.8	14.3	5.2	11.3	0.5	10.6	0.8	—	—
	立ち幅跳び (cm)	標準型非肥満児	110.1	19.9	122.7	17.7	130.7	19.0	137.6	16.7††	150.2	17.4	155.6	24.8*、§§
		標準型肥満児	96.0	14.9	104.8	11.1	121.7	12.0	135.6	11.9	132.8	8.6	128.6	19.7
		非標準型非肥満児	99.2	30.2	118.7	32.3	133.6	13.2	128.3	24.3	150.4	28.8	123.8	23.7
		非標準型肥満児	123.5	13.4	80.0	6.0	100.0	53.7	98.7	19.1	119.5	16.3	—	—
	ソフト ボール投げ (m)	標準型非肥満児	5.9	1.4	7.0	2.3	8.6	2.5	10.5	3.2	13.3	3.9	14.5	4.8
		標準型肥満児	6.2	1.3	6.3	2.6	12.0	1.7	11.8	3.2	13.6	2.2	18.4	4.9
		非標準型非肥満児	5.1	1.9	6.9	1.1	8.6	1.8	10.3	3.5	11.6	4.6	12.4	3.4
		非標準型肥満児	7.5	2.1	7.0	5.6	8.5	10.6	7.7	1.5	10.0	2.8	—	—

標準型非肥満児と標準型肥満児に有意差ありの場合 * : $p < 0.05$, *** : $p < 0.001$

標準型非肥満児と非標準型肥満児に有意差ありの場合 † : $p < 0.05$, †† : $p < 0.01$, ††† : $p < 0.001$

標準型非肥満児と非標準型非肥満児に有意差ありの場合 §§ : $p < 0.01$

(2012)は、下肢筋力の運動連鎖とメカニズムを説明している。接地足跡の形成と運動能力の関係の有無は、両論に分かれるが(安部, 2010; 原田ほか, 1995; Lin et al., 2001; Nachbauer and Nigg, 1992; Tudor et al., 2012), その原因は運動種目の相違によって異なる運動能力要素で検討していることが考えられる。そこで我々は、基本的運動能力である走・跳・投能力で統一し、4-12歳まで同一の運動能力要素で検討した。本研究は、幼児期において男女ともに標準型と非標準型で走、跳、投能力に差が認められなかったが、児童期において標準型の走・跳能力は、非標準型と比較して女子7歳以降で有意に高い値を示した($p<0.05-0.001$)。児童期において女子の移動系種目の運動能力は、操作系種目と比較して移動をとまなう身体運動であることから下肢の筋活動量がより活発になることが推察される。また日常の身体活動量の低下と肥満に関係が認められていることから(足立, 2005; Dämon et al., 2005), 標準型は、非標準型と比較して移動系種目の運動能力が高いことが示唆された。しかし男子の標準型の走、跳、投の運動能力は、非標準型と比較して統計的に差が認められなかった。この結果は、男子においてTudor et al. (2012)が説明する下肢筋力の筋活動量だけで接地足跡の形成と運動能力の関係を説明することは不十分であり、運動刺激だけでなく、栄養や骨の成長などの要因も関係していることが推察される。

接地足跡の形成と肥満の関係は、非標準型肥満児の割合が、標準型肥満児と比較して男子10歳以降有意に高い割合を示した($p<0.05$)。非標準型の子どもは、脂肪が足部に蓄積され、標準型に形成されていないことが考えられ(安部, 2010), 肥満の程度が強いと扁平足の割合が高いことが推察される。一方、女子において標準型肥満児の割合は、非標準型肥満児に差が認められなかった原因を明らかにするまでに至らなかった。Dowling et al. (2004)は、肥満が改善されないと立位時に地面と接地している足裏の面積が増大し、扁平足になることを指摘していることから、小学校中学年以降の扁平足の肥満児は、生涯を通じて扁平足型が継続することが考えられる。またPedoscopeを用いた接地足跡の形成の検討は、足の皮

下脂肪が多い場合、骨格的に縦アーチが保たれていても扁平足型に分類されることも否めないことを指摘しており(近藤ほか, 2005), 今後さらに検討する必要がある。

肥満と運動能力の関係についてChang et al. (2010)は、扁平足は、肥満の割合が高いことを報告している。本研究では、運動種目別で検討すると走、跳能力は、男女ともに小学校中学年以降に差が認められ、投能力は、男子のみ小学校中学年以降に差が認められた($p<0.05-0.01$)。肥満児の移動系運動種目である走、跳能力は、操作系運動種目と比較して移動をとまなう身体運動であり、身体活動量と肥満に強い相関関係が認められていることから(小栗ほか, 2013), 肥満に影響を及ぼすことが考えられる。また投能力の性差の原因は、男女で運動経験、運動頻度などの相違が起因していることが考えられる(中村ほか, 1987)。

接地足跡別による肥満児と非肥満児の運動能力について、標準型非肥満児の走能力は、標準型肥満児と比較して男子10-12歳、女子12歳、非標準型肥満児と比較して男子12歳、女子9, 10歳において有意に高い値を示した($p<0.05, 0.001$)。標準型非肥満児の跳能力は、標準型肥満児と比較して男子11, 12歳、女子12歳、非標準型肥満児と比較して男子12歳、女子10歳、非標準型非肥満児と比較して女子12歳において有意に高い値を示した($p<0.05-0.01$)。これらの結果から標準型非肥満児は、非標準型肥満児や標準型肥満児と比較して男女ともに走・跳能力において小学校中学年以降に差が認められることが示唆された。

運動という観点からScamon (1930)と矢部(1993)は、4-7歳までの時期において自主行動や創造をつかさどる脳が発達し、10歳前後で神経系が成人のほぼ100%まで達することを報告している。加賀谷(1987)は、子どもの敏捷性が5-12歳までの発達が最も著しく、14-15歳で成人とほぼ等しくなることを述べている。安部ほか(2003)は、肥満児の運動能力が非肥満児と比較して低く、特に小学校4年生以降有意に低い値を示し、さらに最大酸素摂取量においても小学校4年生以降で男女ともに有意に低い値を示すことを報告している。また成長という観点から吉澤(1994)は、最大酸素摂取量の向上において、身長が120 cmを

超える頃からこれまでの身長²に比例する発達から3乗に比例することを報告している。本研究の対象の身長は、小学校2年生男子124.0 cm, 女子121.6 cmを示した。これらの結果は、就学前あるいは小学校低学年の時期までに、適切な運動介入を行っていくことによって成長を促すことが推察される。加齢にともなう接地足跡の形成、運動能力、肥満の関係は、小学校中学年以降に関係が認められ、これらの知見は、幼児期から小学校低学年までに様々な運動あそびを経験することが重要であり(安部ほか, 2003), 小学校中学年以降の肥満児や体力の低い子どもは成人肥満へと移行する可能性が高いことが考えられる。

平成20年の小学校学習指導要領では、子どもの体力の向上を重視し「体づくり運動」の一層の充実を図っており小学校低学年から実施するように改訂している(文部科学省, 2008)。幼少期における肥満は、遺伝的、社会的、文化的問題など相互に作用している。しかし、先行研究では、運動不足、日常の身体活動量の減少の方が、これらの問題よりも肥満になる傾向が高いことを示唆している(Mikami et al., 2003; Sallis et al., 1993)。子どもは、多くの時間を過ごす学校生活の中で、特に体育の授業において様々な運動を取り入れて身体活動量の増加を促すことが重要であることが推察される。

接地足跡、運動能力および肥満の関係は、小学校中学年以降に互いに関連が認められることが明らかになった。今後は、就学前あるいは小学校低学年までに様々な運動あそびを活発に行うことで接地足跡の形成を促し、運動能力が向上する可能性について検討する必要がある。

謝 辞

本研究に快くご協力頂いた幼稚園、保育所、小学校の子どもたちや保護者、測定にご多大なるご協力頂いた園長先生、校長先生、先生方の皆様に、この場をお借りして心より感謝いたします。

文 献

安部恵子(2010)子どもの接地足跡面の形成と体力・運動能力について, 教育医学, 55, 265-275

- 安部恵子, 三村寛一, 鉄口宗弘, 勝野真吾(2003)小学校肥満児童の体力と生活習慣について, 学校保健研究, 45, 397-405
- 足立 稔(2005)肥満度で分類した小学生の日常生活身体活動量の特性について, 肥満研究, 11, 211
- Chang, J. H., Wang, S. H., Kuo, C. L., Shen, H. C., Hong, Y. W. and Lin, L. C. (2010) Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age, *Eur J Pediatr*, 169, 447-452
- Chen, K. C., Yeh, C. J., Kuo, J. F., Hsieh, C. L., Yang, S. F. and Wang, C. H. (2011) Footprint analysis of flatfoot in preschool-aged children, *Eur J Pediatr*, 170, 611-617
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M. and Dietz, W. H. (2000) Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey, *BMJ*, 320, 1240-1243
- Dowling, A. M., Steele, J. R. and Baur, L. A. (2004) What are the effects of obesity in children on plantar pressure distributions? *Int J Obes*, 28, 1514-1519
- Dämon, S., Dietrich, S. and Widhalm, K. (2005) Prevention study of obesity: a project to prevent obesity during childhood and adolescence, *Acta Pediatr Suppl*, 94, 47-48
- 原田碩三, 長谷川勝一, 坂下喜佐久(1995)幼児の運動能力と足の発達, 教育医学, 40, 175-180
- 平澤弥一郎(1978)足のうらをはかる, ポプラ社, 61-62
- 平澤弥一郎(1981)直立歩行を支える左足, サイエンス, 11, 32-44
- 加賀谷淳子(1987)疲れやすい子どものための運動量, 体育の科学, 28, 41-45
- Kanatli, U., Yetkin, H. and Cila, E. (2001) Footprint and Radiographic analysis of the feet, *Pediatr Orthop*, 21, 225-228
- Khodadadeh, S. and Welton E. A. (1993) Gait studies of patients with flat feet, *The Foot*, 3, 189-193
- 近藤高明, 平野幸伸, 堀 容子, 鈴木重行, 三浦弥生, 塩沢まゆみ, 小林あゆみ, 伊藤美香, 新宅幸憲(2005)小中学生のfootprintを用いた扁平足の評価と骨密度との関連, 社会医学研究, 23, 1-8
- Lin, C. J., Lai, K. A., Kuan, T. S. and Chou, Y. L. (2001) Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children, *J Pediatr Orthop*, 21, 378-382
- 松田繁樹, 出村慎一, 春日晃章, 青木宏樹, 池本幸雄

- (2007) 幼児の接地足跡面の性差, 年齢差, および体格との関係, 教育医学, 53, 184-193
- 三上聡子, 三村寛一, 舩屋 剛, 安部恵子, 劉雲発, 藤本繁夫 (1999) 肥満児童の運動能力に関する一考察, 大阪教育大学紀要, 47, 485-492
- Mikami, S., Mimura K., Fujimoto, S. and Oded, B. O. (2003) Physical activity, energy expenditure and intake in 11 to 12 years old Japanese prepubertal obese boys, *J Physiol Anthropol*, 22, 53-60
- 水野祥太郎 (1941) 荷重と足骨格構造, 扁平足判定法の一批判, 日本整形外科学会雑誌, 15, 715-730
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説「体育編」
- 文部科学省 (2012) 平成24年学校保健統計調査報告書, http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k_detail/1331751.htm (参照日: 2014年3月1日)
- 文部科学省スポーツ・青少年局スポーツ振興課 (2011) 体力向上の基礎を培うための幼児期における実践活動の在り方に関する調査研究
- 文部科学省スポーツ・青少年局スポーツ振興課 (2012) 平成23年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書について
- 文部科学省幼児期運動指針策定委員会 (2012) 幼児期運動指針
- Müller, S., Carlsohn, A., Müller, J., Baur, H. and Mayer, F. (2012) Static and dynamic foot characteristics in children aged 1-13 years: a cross-sectional study, *Gait Posture*, 35, 389-394
- Nachbauer, W. and Nigg, B. M. (1992) Effects of arch height of the foot on ground reaction forces in running, *Med Sci Sports Exerc*, 24, 1264-1269
- 中村和彦, 宮丸凱史, 久野譜也 (1987) 幼児の投動作様式の発達とその評価に関する研究, 筑波大学体育科学紀要, 10, 157-166
- 根本芳男 (1966) 幼児の接地足跡発育変化に関する研究, 体育学研究, 11, 100-115
- 小栗和雄, 館 俊樹, 松岡敏男 (2013) 運動習慣のない肥満男児における体組成, 体幹・体肢の筋肉量および脂肪量, 発育発達研究, 59, 12-19
- Sallis, J. F., McKenzie, T. L. and Alcaraz, J. E. (1993) Habitual physical activity and health-related physical fitness in fourth-grade children, *Am J Dis Child*, 147, 890-896
- Scamon, R. E. (1930) The measurement of the body in childhood, In: Harris, J. A., Jackson, C. M. Pater-son, D. G. and Scammon, R. E. (Eds.), *The Measurement of Man*, University of Minnesota Press, 173-215
- Tudor, A., Ruzic, L., Sestan, B., Sirola, L. and Prpić, T. (2012) Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11 to 15 years, *Pediatrics*, 5, 386-392
- 矢部京之助 (1993) 神経系の発達とスポーツのトレーニング, 体育の科学, 43, 683-686
- 山田耕司, 根本芳男, 吉澤正尹, 三村寛一, 飯田順一 (1983) 接地足跡ならびに足穹窿の発育変化に関する追跡的研究, デサントスポーツ科学, 4, 230-240
- 吉澤正尹, 根本芳男, 三村寛一, 山田耕司, 飯田順一, 伊藤俊彦, 森下浩二, 川谷卓雄 (1984) 幼少期の足穹窿形成と保育環境に関する研究, デサントスポーツ科学, 5, 156-164
- 吉澤茂弘 (1994) 幼児の有酸素性能力とトレーナビリティ, 体育の科学, 46, 461-471
- (受付: 2013年8月21日, 受理: 2015年7月29日)

秋武 寛 (あきたけ ひろし)
現職: プール学院大学短期大学部
幼児教育保育学科特任講師

専門は, 発育発達学, 運動生理学, スポーツバイオメカニクス。

現在は, 運動生理学的観点から子どもの運動能力, 身体活動量, 接地足跡, 骨密度, 肥満の研究を行っている。またスポーツバイオメカニクスの観点から子どもの走る, 跳ぶ, 投げる, 前転動作などの研究を行っている。