

愛知工業大学大学院経営情報科学研究科

博士論文

健康情報の有効活用と健康管理促進
システム構築に関する研究

**Study regarding effective utilization of health
information, and construction of a health care
promotion system**

2013年3月

B10804 田中 望

主任指導教員 藤井勝紀 教授

指導教員(主査) 近藤高司 教授

目次

第一章 序 論

第1節 研究目的.....	1
第2節 研究の意義.....	2

第二章 文献研究の概要

第1節 労働現場における健康管理の概念.....	4
第2節 子どもが抱える健康問題状に関する文献研究.....	5
第3節 成人が抱える身体的健康問題に関する文献研究.....	7
第4節 労働者の労働環境と健康問題に関する文献研究.....	8

第三章 方 法

第1節 研究の手順.....	9
第2節 対象および調査・測定方法.....	14
第3節 解析手法.....	17
1. データ解析の概要	
2. ウェーブレット補間法による局所的極大発育速度(Largest Peak Velocity: LPV) およびその年齢、第1局所極大速度 (First Local Peak Velocity: FLPV) およびその年齢の特定	
3. ウェーブレット補間法による BMI の MPV(最大加齢変化速度 : Maximum Peak Velocity)およびその年齢の特定	
4. 最小二乗近似多項式適用の妥当性	
第4節 研究の限界.....	22

第四章 検討課題 I : 乳幼児の身体発育指標の時代的变化に関する検証

第1節 本章の目的.....	23
第2節 方 法.....	25
1. 対象	
2. 解析の手続き	
第3節 結 果.....	26
1. Largest Peak Velocity(LPV) と First Local Peak Velocity(FLPV) の特定	
2. 1960年 と 2000年の比較による時代的变化	
3. 発育現量値および速度曲線の挙動	

第4節	考 察	30
第5節	結 論	33
第6節	図 表	34
第五章 検討課題Ⅱ：ウェーブレット補間法から導かれる韓国人女子 BMI の加齢変化曲線から導かれる初経発来臨期期の構図		
第1節	本章の目的.....	50
第2節	方 法	52
	1. 対象	
	2. 解析手法	
	3. 解析の手続き	
第3節	結 果	54
	1. BMI の平均的加齢変化	
	2. BMI の個々の加齢変化路初経年齢との関係	
	3. BMI の MPV 年齢と初経年齢のズレ (Interval) に関する検討	
	4. BMI の MPV 年齢時における BMI 値について	
第4節	考 察	57
第5節	結 論	61
第6節	図 表	62
第六章 検討課題Ⅲ：韓国人男子中学生における BMI に対する筋肉率の回帰評価に基づく体力の検証		
第1節	本章の目的.....	67
第2節	方 法	69
	1. 対象	
	2. 体格と身体組成	
	3. 体力測定項目	
	4. BMI に基づく体型分類	
	5. BMI に対する筋肉率の回帰分析	
	6. BMI に対する筋肉率の標準回帰評価チャートの構築	
	7. 統計解析	
第3節	結 果	72
第4節	考 察	73
第5節	結 語	76
第6節	図 表	77

第七章 検討課題Ⅳ：BMI に対する筋肉率の標準回帰評価に基づく韓国人女子中学生の体力の 検証

第1節	本章の目的.....	84
第2節	方法.....	86
1.	対象	
2.	体格と身体組成	
3.	体力測定項目	
4.	BMI の肥瘦度分類	
5.	BMI に対する筋肉率の回帰分析	
6.	BMI に対する筋肉率の標準回帰評価チャートの構築	
7.	統計解析	
第3節	結果.....	89
第4節	考察.....	90
第5節	まとめ.....	93
第6節	図表.....	94

第八章 検討課題Ⅰ：肥瘦度別脂肪蓄積度合いの違いによる体力の検証 ー韓国人男子 中学生における9分類の形態的質の違いによる体力構図

第1節	本章の目的.....	102
第2節	方法.....	105
1.	対象	
2.	体格と身体組成	
3.	体力測定項目	
4.	解析の手続き	
5.	肥瘦度別脂肪蓄積度合いによる形態的質の体型分類	
6.	統計解析	
第3節	結果.....	108
1.	形態的質の違いによる9群における体格および身体組成の比較	
2.	形態的質の違いによる9群における体力の比較	
第4節	考察.....	110
第5節	結論.....	113
第6節	図表.....	114

第九章 検討課題Ⅵ：身体健康度指標活用のためのフィードバックシステム構築の基礎的研究－ 学齢期における形態的質の違いによる体力評価チャートの作成－

第1節	本章の目的.....	125
第2節	方法.....	128
1.	対象	
2.	体格と身体組成	
3.	体力測定項目	
4.	解析の手順	
第3節	結果.....	130
1.	BMIの正規性の検討	
2.	BMIの肥瘦度による対象者の体型分類	
3.	最小二乗近似多項式によるBMIに対する筋肉率の推定の妥当性の検討	
4.	BMIに対する筋肉率の標準回帰評価チャートの構築	
第4節	討論.....	132
第5節	図表.....	134

第十章 検討課題Ⅶ：企業労働者に対する身体健康度指標のフィードバック戦略の模索

第1節	本章の目的.....	141
第2節	身体健康度指標構築の模索.....	143
1.	対象	
2.	測定項目	
3.	身体健康度指標の作成	
第3節	身体健康度指標のフィードバックシステムの模索.....	145
第4節	身体健康度指標のフィードバックモデルの構築.....	148
第5節	図表.....	149

第十一章 検討課題Ⅷ：ロジスティックモデル適用による健康管理フィードバックシステム活 用の実際－実業団スポーツ選手、女子学生への活用－

第1節	本章の目的.....	152
第2節	測定の概要.....	153
1.	対象	
2.	測定項目	
第3節	身体健康度評価指標の模索.....	154
第4節	身体健康度評価の活用.....	155
第5節	まとめ.....	157

第6節 図表.....	158
第十二章 総括	
第1節 要約.....	159
1. 基礎研究	
2. 応用研究	
第2節 本研究の結論.....	173
第3節 今後の課題.....	175
参考・引用文献	

業績一覧

経営情報科学研究科 博士後期課程 経営情報科学専攻	氏名	田中 望
論文題目	公表の方法及び時期	著者
(査読付き論文)		
1. Critical Period for Menarche Derived by the Wavelet Interpolation Method from Change in BMI with Age in South Korean Girls (in English)	Journal of human Ergology Vol.39 no.2 pp 89-97 (2010)	Katsunori Fujii, Nozomi Tanaka
2. 身体健康度指標構築におけるフィードバック戦略の基礎的研究－学齢期における形態的質の違いによる体力評価チャートの試案－	愛知工業大学経営情報科学 第6巻第1号 pp61-71 (2010.10)	田中望、藤井勝紀
3. Confirmation of Physical Fitness Based on Polynomial Regression Evaluation of Muscle Mass Percentage against BMI in Korean Male Junior High School Students (in English)	J.Korean Soc, Living. Environ. Sys. Vol.17(6) pp.638 - 692 (2010.12)	Nozomi Tanaka, Katsunori Fujii, JunDong Kim, Hosung Nho
4. 身体健康指標活用のためのフィードバックシステム構築における基礎的研究－学齢期における回帰多項式による体力評価チャートの作成－	愛知工業大学経営情報科学 第6巻第2号 pp50-60 (2011.3)	田中望、藤井勝紀
5. Secular trends in physical growth indicators in infants and young children (in English)	Sport Sci. Health Vol.6 No2-3 pp51-66 (2011.6)	Nozomi Tanaka, Katsunori Fujii
6. BMI に対する筋肉率の標準回帰評価に基づく韓国人女子中学生の体力の検証	教育医学 第56巻第4号 pp370-378 (2011.6)	田中望、藤井勝紀、石垣享、花井忠征
7. 企業労働者に対する身体健康指標のフィードバックシステム構築の論議－ロジスティクスモデル活用の模索－	愛知工業大学経営情報科学 第6巻第2号 pp29-36 (2011.10)	田中望、藤井勝紀
8. 日本人女子における生物学的パラメーターの過去との検証－韓国人女子との比較－	教育医学 第57巻第3号 pp258-267 (2012.2)	藤井勝紀、伊藤幹、田中望、石垣享

論文題目	公表の方法及び時期	著者
9. Effect of alkali ion water intake before and after exercise on water volume in the blood during recovery phase (in English)	Sport Sci. Health Vol.8 No pp31-37 (2012.6)	Motoki Ito, Katsunori Fujii, Nozomi Tanaka
10. ロジスティクスモデル活用による企業労働者に対する身体健康度指標のフィードバック戦略の模索	工業経営研究 Vol.26 pp 91-97 (2012.9)	田中望、藤井勝紀、近藤高司、鈴木達夫
11. Physical strength in boys with different levels of fat accumulation and BMI: Report on South Korean junior high school boys (in English)	Journal of Human Ergology Vol.41 No.2 (発刊予定)	Nozomi Tanaka, Katsunori Fujii
(他の論文)		
1. 韓国人女子における BMI の加齢変化速度曲線から導かれる初経発来の臨界期について	第 58 回日本教育医学会大会抄録集 教育医学第 56 回第 1 号 pp.94-95 (2010.8)	田中望、藤井勝紀、石垣享
2. Confirmation of Physical Fitness based on Muscle Mass Percentage against BMI in Korean Male Junior High School Students	2010 KAHPERD International Sport Science Congress, Korea p.385 (2010.8) (国際学会)	Nozomi Tanaka, Katsunori Fujii, Toru Ishigaki
3. 韓国人中学生の BMI に対する体脂肪率の回帰多項式による体力の検証－BMI と性差の検討－	第 61 回日本体育学会大会予稿集 p.191 (2010.9)	田中望、藤井勝紀、石垣享
4. 韓国人中学生男女の BMI に対する筋肉率の多項式回帰に基づく体力の検証	第 65 回日本体力医学会大会予稿集 p.280 (2010.9)	田中望、藤井勝紀、石垣享、正美智子
5. BMI に対する筋肉率の多項式回帰評価による 9 分類判定別体力の検討	東海体育学会第 58 回大会研究発表抄録集 p.24 (2010.10)	田中望、藤井勝紀、石垣享
6. BMI に対する筋肉率度合いの違いによる体力の評価－韓国人男子中学生における検討－	日本体育測定評価学会第 10 回大会 (2011.2)	田中望、藤井勝紀
7. Investigation of motor performance using evaluation of body weight against height in young children	第 14 回日・韓健康教育シンポジウム兼第 59 回日本教育医学会大会抄録集 教育医学第 57 巻第 1 号 pp46-47(proceeding) (2011.8) (国際学会)	Nozomi Tanaka, Katsunori Fujii, Toru Ishigaki, Michiko Sho, Jundong Kim

論文題目	公表の方法及び時期	著者
8. ロジスティクスモデル活用による身体健康度のフィードバック戦略の模索	工業経営研究学会第 26 回全国大会予稿集 pp69-72 (2011.9)	田中望、藤井勝紀
9. 男子中学生における形態の質とBMIの複合的評価による体力の検証	第66回日本体力医学会大会予稿集 p.151 (2011.9)	田中望、藤井勝紀、石垣享、正美智子
10. 男子中学生における形態の質およびBMIによる体力構図の検証	日本体育学会第 62 回大会予稿集 p.185 (2011.9)	田中望、藤井勝紀
11. 最小二乗近似多項式適用による韓国幼児の身体的要素の加齢変化の解析	日本発育発達学会第 10 回記念大会プログラム・抄録集 p.60 (2012.3)	田中望、藤井勝紀、石垣享、三島隆章、穂丸武臣
12. 実業団選手を対象とした身体健康度指標のフィードバックの模索－標準回帰評価チャートの活用とその有効性－	日本体育学会第 63 回大会予稿集 p.199 (2012.8)	田中望、藤井勝紀、石垣享
13. 企業における実業団選手に対する身体評価フィードバック活用の実際	第 60 回日本教育医学会記念大会教育医学 第 58 巻第 1 号 pp91-92 (proceeding) (2012.8)	田中望、藤井勝紀、石垣享
14. ロジスティクスモデル適用による健康管理フィードバックシステム活用の実際－実業団スポーツ選手への活用－	工業経営研究学会第 27 回全国大会予稿集 pp55-59 (2012.9)	田中望、藤井勝紀、近藤高司、鈴木達夫

第一章

序 論

第1節 研究目的

現在、我が国の人口構造は、若年人口および生産年齢人口が減少し、高齢者人口が増加している。また、総人口は停滞の傾向であるが、近いうちに減少傾向に転ずることが見込まれている（厚生労働白書、2011）。その中で寿命は延び続けており、少ない若年・生産年齢層で多くの高齢者層を支えていかななくてはならない社会構造へと進行している。これからの若年・生産年齢層は過重な労働負担が予想されるとともに、自身が高齢になった時に自分の身の回りのことは自分でできるだけ体力と健康を保持していなくてはならない。つまり、“いかに健康に長生きするか”が国民の重要な課題となっている。また、労働現場においては、定期健康診断における有所見者の増加や仕事、職業生活に関する強い不安、悩み、ストレスを感じる従業員の増加、自殺者の増加など、職場環境の厳しさが指摘されるとともに、労働災害に対する改善が必要であることも、これらの情報から明白である。

健康については様々な視点（医学的、予防・公衆衛生的、人道主義的、生物学的、哲学的、精神医学的、生態学的）から捉えられているが、近年の傾向では病気や疾病に対応する概念としてではなく、個人が毎日の生活を満足に送ることができるかどうか焦点となっている。平成19年度労働者健康状況調査結果によれば、現在“健康”もしくは“まあ健康”と自己評価する労働者は7割を超えていた。しかし、一方で将来の健康に不安を抱えていると回答した人は8割以上であった。労働者の職場環境の厳しさに加え、将来の健康不安が明らかになり、これに対する何らかの対応策が必要である。健康の増進には、科学的根拠の重要性が指摘されており（久野、2006）、そこに研究機関が果たせる役割は大きいのではないかと考えられる。

そこで、本研究では、健康維持・促進に役立つ労働現場と研究機関の連帯を基盤にした健康管理促進システムの構築を模索することを目的とした。

第2節 研究の意義

わが国の疾病構造は、昭和30年以降、悪性新生物、虚血性心疾患、脳卒中などに代表される病気や、生活習慣病に含まれる高血圧、糖尿病、脂質異常症などが多くを占めるようになった。さらに近年は精神疾患の増加も指摘されている。また、これらに伴う要介護状態の高齢者の増加も危惧されている。このような背景から、厚生労働省では、平成12年より国民の生活習慣病に対する第一的な予防に主眼を置き、“1に運動 2に食事 しっかり禁煙 最後にくすり”のスローガンのもと「21世紀における国民健康づくり運動（健康日本21）」を推進している。また、メタボリックシンドロームへの改善指導のための「特定健康診査（特定健診）」や「健康づくりのための運動指針2006」が策定され、広く国民に健康的な生活習慣を確立する必要性を示している。つまり、現在のわが国における健康管理の視点は、生活習慣病予防に重点が置かれていることが把握される。一方、生産年齢層においては事業所で過ごす時間が1日の3分の1以上を占めることから、事業所の環境も健康に影響を及ぼすであろう。雇用形態、労働時間、作業量や作業負担、労働災害、職場組織やコミュニケーションなどは、業種・職種により多少の偏りは考えられるものの、労働者の心身の健康を左右する。

労働者の健康については、労働安全衛生法により事業者の義務として特定健康診断の受診が定められており、過去1年間に実施した事業所の割合は86.2%と報告されている(平成19年度労働者健康状況調査)。また、厚生労働省では、労働者の心身の健康保持・増進を目指した「事業場における労働者の健康保持増進のための指針」を策定し、それに基づきTHP（トータル・ヘルスプロモーション・プラン）による健康づくりを推進している。THPは、中長期的な健康保持増進計画をもとに、健康保持増進スタッフによる健康測定、健康指導に基づき個人が生活習慣を改善するとともに職場の活性を目指すものである。このように、国により労働者の健康保持に対する具体的な指針は昭和63年から公表されており、平成9年、19年の改訂を経て現在に至っている。しかし、健康改善への取組がそれぞれの労働現場において適切かつ効果的になされているかについては疑問が残る。また、国が推奨しているTHPによる健康づくりの実施につ

いては 5000 人以上規模の事業所では 51.9%にとどまっており、1000 人未満規模の事業所では 10.9%、それよりも小さい規模となると実施率は 1 桁にまで低下している。つまり、事業所の規模が小さくなるに従い、健康の保持・増進への取組が少なくなる実態が明らかにされ、事業所ごとに労働者の健康管理の状況にばらつきがあることが推察される。これまで、地域社会において健康増進活動を成功させている例が報告されている（久野、2006）。しかし、そのような取り組みに参加できない場合や取り組み自体がなされていない自治体の住民においては、自分の力で健康保持・増進への活動を行わなければならない、個人の負担も大きくなることが推測される。また、久野（2007）も指摘するように、健康を個人の問題ではなく社会の問題として捉えることも重要であると考えられる。個人の健康保持増進を実現するためには、その人が属する集団における健康への意識向上と行動変容が不可欠である。

このような現状に対して、研究機関が教育現場や労働現場（企業）と連携し、その学校に所属する児童生徒や企業で働く従業員に個別の健康情報を提供することができれば、個人の自発的な健康改善行動への一助となると考えられる。さらに、企業においては健康な従業員の確保が可能となり、より活発な職場環境を整えることにもつながると考えられる。

第二章

文献研究の概要

第1節 労働現場における健康管理の概念

我が国では労働安全衛生法に基づく企業労働者の健康管理対策がなされている。旬刊労働実務（2003）によれば、企業の安全配慮義務は典型的な職業病や労災事故を出発点として、非典型的職業病、さらには健康の問題まで重点が移行してきた。また、竹田（2004）によれば産業保健の健康管理活動は有害作業による健康障害の防止・職業病対策を中心とした活動から労働者の健康全般の保持増進へと範囲を広げており、近年では生活習慣病対策に重点が置かれるようになってきていることが報告されている。このことは、我が国の疾病構造の変化による生活習慣病予防への意識の高まりとともに、労働現場における安全衛生への対策が進んだ結果であると考えられる。このような背景から、企業は従業員の定期健康診断の実施が義務付けられ、労政時報（2008）の調査によれば、96.7%の企業が就業時間内での実施を行っている。また、従業員の家族に対する補助も特に配偶者について97.2%が補助対象としていることも明らかにされている。また、健康づくり、生活習慣病対策は企業の規模に左右され、特に1000人以上の大手企業においては80.9%と実施率が高い。しかし、企業の規模が小さくなるに従い実施率は低下していることから、中小企業では取り組みが進んでいないことが分かる。

佐藤（2008）は、従業員の健康と仕事への意欲・効率向上にワーク・ライフ・バランスが重要であることを述べている。佐藤（2008）は、ワーク・ライフ・バランスが企業の人材活用に重要になった背景として生活関心の所在やライフスタイルの多様化を挙げている。つまり、現代社会においては企業において、従業員の仕事以外の時間―家庭生活や地域生活に参加できる時間を確保することが求められている。従業員個人としての健康管理としては、竹田（2004）は健康障害や疾病の予防という概念ではなく、自らの健康観や人生観といった価値観に目を向けた主観的健康感の重要性を説いている。従業員が仕事とそれ以外の生活時間をバランスよく確保し、自ら健康管理できるようになることが望ましいと考えられる。さらに、主観的健康感を高めるために、専門家による客観的な健康指導および保健指導が加わることにより、さらに自律的な健康管理促進が実現すると考えられる。

第2節 子どもが抱える健康問題に関する文献研究

わが国では、子どもの体力低下が指摘されて久しい。文部科学省から発表された平成21年度の体力・運動能力調査結果では、新体力テスト施行後の12年間でみると、一部の学年を除き、低下傾向の指摘が少なくなり、逆に向上している体力・運動能力もみられる。子どもの体力低下については、日本では、西嶋(2002)(2003)が文部科学省の統計調査をもとに児童・青少年の体力低下を検討している。確かに、1980年から85年をピークに体力の低下が示され、現在でもその歯止めは掛かっていないようである。このような問題は西嶋以外にも青山(1994)、加賀谷(1997)、脇田(1996)(1997)によっても検討されている。八田(2002)、佐々木(2002)、松元(2002)は大学生の体力の年次推移を検討し、テスト項目によっては停滞傾向もあるが、全般的には1985年以降低下傾向にあることを指摘している。このような問題は、日本のみならず韓国においても報告されている。Kim et al., (2002) は、体格の増大に反する青少年の体力低下を指摘している。また、Tomkinson et al., (2007) は、1968年から2000年における6歳から18歳までの韓国人児童・生徒のデータを分析したところ、1968年から有酸素能力は低下し続けている一方でBMIは増加していることを報告している。韓国統計庁(2005)による2004年度の生活時間調査結果によると、高校生では1日10時間程度を学習や通学に使用しており、その中で学習時間は9時間程度となっている。しかし、体育の授業は選択制を取っており年間4単位しか取れず、身体活動の時間は著しく少なくなっている。さらに余暇時間におけるパソコンやインターネット、テレビの使用時間が半分程度を占めることが報告されている。このような生活状況の中で脂肪や糖分の過剰摂取、女子の過激なダイエット指向といった生活習慣も体力低下の要因と指摘される。さらに、Yamauchi[2007]の報告では、韓国の児童は中国の児童に比べて男女ともに体脂肪率が有意に高い結果が示されており、韓国人の子どもにおける肥満傾向も指摘される。田中(2008)は、日本と韓国の男子中学生のBMIを比較したところ、韓国人中学生のBMIは日本人の高等学校程度であることを指摘し、韓国の都市部の青少年における身体早熟化を指摘している。韓国では、1951年から行われてきた小学校5年生から高校3年生までを対象とした「学生身体能力検査」という体力検査システムがあ

るが、測定結果がこのような問題点の指摘と一致しているとはいえない。韓国では、このような問題に対する基礎的資料や報告が数少ないのが現状である。

引原ら(2007)は、思春期における日常の身体活動量と体力の関連について報告しており、戸田ら(2007)は日常の身体活動量が多い者は体力が高いこと、安部ら(2003)は肥満者は非肥満者に比べて身体活動量が少ないことを報告している。このような体力低下および肥満改善に有用な知見が教育現場に理解されるとともにうまく還元され、活用されれば現在の韓国や日本における問題解決に役立つと考えられる。

第3節 成人が抱える身体的健康問題に関する文献研究

平成22年度国民健康栄養調査結果によると、医療機関や検診において脳卒中、高血圧、糖尿病と言われた者の割合が10年前と比較して男女ともに増加しており、生活習慣病罹患者がますます増加していることが懸念される。

労働者層の健康と体力の関係については、心肺体力レベルとメタリックシンドロームのリスク保有数（青山ら、2009）の報告では、男性では心肺体力レベルが高ければリスク保有数が低値であり、女性では心肺体力レベルが低ければリスク保有数が有意に高値であるとの指摘がなされている。大河原ら（2010）の報告では、高身体活動量かつ高持久性体力レベルの者は死亡リスクが低いとの報告もなされており、身体機能および能力の高さが健康につながることを示唆されている。つまり、成人後の健康の保持については、生活習慣病の基礎疾患となる肥満の予防と身体活動の影響が大きいことが示唆される。

肥満の問題については見た目には判断しにくい隠れ肥満への注意も喚起されている。隠れ肥満には、生活習慣病との関係が報告されている（梶岡、1996）とともに、体力・運動能力の低さも指摘されている（藤瀬、1999）特にこの問題には女性のやせ願望が関わっているとの指摘もある。隠れ肥満を明らかにするためには、体格やBMIの測定と同時に身体組成の測定から体脂肪率や除脂肪量を知る必要がある。身体組成を測定する必要性を広く普及することが望まれる。

また、労働者においては勤務時間とそれ以外の時間の過ごし方や個々のライフスタイルが健康状態や身体機能の保持に影響をおよぼすことが考えられる。太田ら（2004）は余暇を活用した生活習慣修正指導は体力を改善することがワークアビリティを増加させることに寄与すると考えられると述べ、生活習慣や身体活動に対する改善指導の有効性を示している。また、佐々木ら（1995）は、自動車部品製造業従事者を対象にした測定、調査から、労働者の健康保持増進や疲労耐性を高めるためには余暇に積極的に運動やスポーツを行い相対的に高水準の体力を保持することが必要であると述べている。これらのことから、身体活動の観点に限れば、それぞれの労働形態や業種、作業内容に左右されない個々の勤務外時間における健康関連行動の重要性が示唆される。

第4節 労働者の労働環境と健康問題に関する文献研究

我が国では、近年の科学技術の発展により労働形態が変化し、労働負担の増大が労働者の心身の健康にかかわる問題として取り上げられている。大西(2007)によれば、労働は械化され、エネルギー消費量的には著しく軽減されたが、神経的緊張の継続する細分化された労働負担は、疲労回復を容易にしない側面があることが指摘されている。また、このような労働の機械化の他にも雇用形態の多様化や長時間労働、高年齢労働者の増加、成果主義や業績主義のような労働環境も労働者の心身の健康保持を阻害する要因となっている。また、労働環境だけでなく、日常生活習慣における省力化は、体力低下させ生活習慣病を増加させる要因となっている。文部科学省の平成21年度体力・運動能力調査結果報告によれば、19歳の握力、走、跳、投、持久能力は体力水準の高かった昭和60年頃と比較すると低い水準であることが報告されている。佐々木ら(1995)は、身体活動が労働者の体力に与える影響について検討した報告の中で、年齢による体力の影響について、16-29歳の労働者においては男女ともに体力が劣る者の比率が50-69歳の労働者よりも高いことを報告している。労働者の高齢化が進む中で若年労働者の労働力は重要な位置を占めると考えられる中で、若年者の体力低下は食い止めなければならない課題であろう。また、このような若年者の体力低下問題だけでなく、加齢に伴う体力低下が労働に及ぼす影響も危惧される。小山田ら(2006)は、建設業における年齢別の労働災害傾向とリスクの程度について分析し、年齢別災害発生率は低年齢層と高年齢層において高く、特に高年齢層においては加齢-体力曲線との相関が高いことを明らかにしている。各体力要素は低下の程度は異なるものの加齢とともに低下することが明らかにされており、ある程度の体力保持が健康保持増進のみならず労働災害の防止につながるということが考えられる。

また、長時間労働に起因する健康問題も課題が多くあると考えられる。岩崎(2008)は、長時間労働が睡眠時間、疲労、能・心臓疾患に大きな影響を与えることを文献研究により明らかにしている。また、近年、問題視されているメンタルヘルスについてもさらに研究を進める必要があると指摘している。

第三章

方 法

第1節 研究の手順

本研究は、次のような研究手順に従って進める。

1. 乳幼児期の身体発育に関する検証（基礎研究）

1960年度、1970年度、1980年度、1990年度、2000年度の乳幼児発育資料を収集する



乳幼児の出生時から半年ごとの年齢における身長、体重、胸囲、頭囲、BMIの横断的発育データを使用し、ウェーブレット補間法を適用して発育現量値曲線と発育速度曲線を描く



- ・1960年年度および2000年年度の各データに対するウェーブレット補間法により導かれた発育現量値曲線から、両年度の比較を行う
- ・1960年および2000年の調査データに対するウェーブレット補間法により導かれた発育速度曲線から、乳幼児期の局所的極大発育速度（Largest Peak Velocity : LPV）およびLPV年齢、第1局所的極大速度(First local peak velocity : FLPV)およびFLPV年齢を特定する



各年齢時点における発育現量値、LPV、LPV年齢、FLPV、FLPV年齢の特定により、1960年度と2000年度の比較を行い、現代の乳幼児における身体発育の特徴について検証する

2. 青少年期の女子身体発育に関する検証（基礎研究）

韓国人一般女子(規則的なスポーツトレーニングを実施していない女子)の身体発育資料および初経調査資料収集



- ・回収された資料における個人の7~17歳までの身長と体重からそれぞれの年齢時におけるBMIを算出する
- ・身長、体重、BMIの縦断的発育資料から、基礎統計値を算出する



- ・BMIの平均縦断的加齢現量値に対してウェーブレット補間法を適用し、平均加齢現量値曲線と平均加齢速度曲線を描く
- ・BMIの平均加齢速度曲線から最大発育速度（MPV : Maximum Peak Velocity）年齢を特定し、初経年齢との差を検討する



個人の誕生月を考慮した個々のBMI加齢現量値に対してウェーブレット補間法を適用し、個人における加齢現量値曲線と加齢速度曲線を描く。



個人のBMI加齢現量値に対してウェーブレット補間法により導かれた加齢速度曲線から個々の最大発育速度（MPV : Maximum Peak Velocity）年齢を特定し、それらを平均化して初経年齢との差を検討する

3. 学齢期における身体健康度指標の構築とその検証（基礎研究）

韓国人男女中学生の身体情報および体力の資料収集



身長、体重、BMI、体脂肪率、筋肉率、体力の資料整理を行い、基礎統計値を算出する



- ・個々の身体肥瘦度を判断するために BMI の平均値と標準偏差を用いた平均値評価法による評価基準を設定する
- ・BMI による平均値評価法による身体肥瘦度判定から、個人を標準、肥満、痩身の 3 タイプに分類する



個々の身体健康度を“BMI に対して体脂肪率が高いか(低いか)”“BMI に対して筋肉率が高いか(低いか)”という「形態の質」の観点から判定するために、BMI に対する体脂肪率または筋肉率の最小二乗近似多項式による 1 次から 3 次の回帰多項式を導く



- ・導かれた回帰多項式について、次数の妥当性を検討するために妥当性の基準として赤池情報量基準 (AIC)、決定係数、残差平方和を算出する
- ・上記の基準より妥当と判断された次数の多項式を用いて、5 段階の標準回帰評価チャートを構築する



標準回帰評価チャートから個人の形態の質を判定し、身体健康度の評価として 3 群に分類する



- ・BMI による身体肥瘦度タイプ別に身体健康度の群間の体格、身体組成、体力の比較を行い、身体健康度による影響を検証する
- ・BMI による身体肥瘦度タイプと身体健康度評価の双方からの判断基準を複合化させた身体タイプの体格、身体組成、体力の比較を行う

4. 健康管理促進システムの構築とその活用（応用研究）

現代社会において働く人の健康管理および健康促進に必要な健康に関連する項目を「研究機関において実施可能な内容」「企業などの労働現場もしくは個人において実施可能な内容」に分けて整理し、さらにその項目を分類する



分類した各項目をまとめた基本的枠組みを作り、一つ一つの枠組みをつなげ、企業（労働現場）と研究機関との連携を主眼に置いた健康管理促進システムを構築する



決定された軸を有効に健康管理促進がなされるように研究機関と企業（労働現場）に配置し、企業従業員健康管理促進システムの構築を模索する



構築が試案された健康管理促進システムの実用化への検証を行うために、若年労働者層を対象とした身体健康情報を収集し、身体健康度評価を行う



- ・若年労働者層の健康評価指標構築の対象として一般的な20代女性の身長、体重、身体組成の資料を収集する
- ・若年労働者層の健康評価対象として実業団女子スポーツ選手の身長、体重、身体組成項目の資料を収集する。また、近い将来、労働現場の一端を担う役割を持つ女子短期大学生についても同様の資料を収集する



基礎研究において構築した身体健康度評価チャートを、一般 20 代女性に適用して若年労働者層の身体健康評価チャートを構築する



- ・構築された若年労働者層の身体健康度評価チャートを用いて、実業団女子スポーツ選手および女子短期大学生の個々の身体健康度を評価し、その集団が持つ全体的傾向を捉える
- ・それぞれの集団の全体的傾向をもとに健康促進のための方策を検討する

第2節 対象および調査・測定方法

1. 乳幼児期の身体発育に関する検証

乳幼児の身体発育に関する検証の対象は、厚生労働省から公表されている乳幼児身体発育調査結果から、1960年度、1970年度、1980年度、19990年度、2000年度の各年度における0歳から6歳までの0.5歳刻みの調査結果を使用した。調査項目は、身長、体重、頭囲、胸囲であった。また、 $\text{体重(kg)} \div [\text{身長(m)}]^2$ の算出式よりBMIを算出した。

厚生労働省の乳幼児身体発育調査は、日本の乳幼児の身体発育状況を全国的に調査し、乳幼児の身体発育値および身体発育曲線を明らかにすることで、乳幼児の保健指導に役立てる目的で、1950年から10年周期で行われている。

なお、平成23年10月に2010年度（平成22年度）の資料が公表され、最新のデータとなっているが、本研究におけるデータ解析を開始した時点では2000年度のデータが最新のものとなっている。

2. 青少年期の女子身体発育に関する検証

韓国人における女子青少年の身体発育に関連する初経の問題検証の対象は、韓国釜山近郊の女子高校生390名であった。アンケート調査により生年月日と初経年齢を把握した。また、韓国で行われている健康診断票を後方視的に調査し、小学校1年(7歳)から高校2年(17歳)(1996年から2008年)までの身長と体重の縦断的発育資料を得た。これらの対象者の身長、体重の縦断的測定値から個々の小学校1年から高校2年までの各学年におけるBMIを算出した。尚、韓国の一般高校においては、定期的な運動部の活動は実施されておらず、本研究の対象者における初経年齢前後の運動経験はほとんどない。

回収された資料を整理の上、データに欠損値がなく、初経年齢の月齢まで同定できた者、263名が解析に使用した。

初経年齢調査についてはインフォームドコンセントを踏まえて施行された。

3. 学齢期における身体健康度指標の構築とその検証

対象は、韓国ソウル近郊の中学校に通う 14 歳男子生徒 201 名と女子生徒 148 名であった。身体成分は、segmental bioelectrical impedance analysis & multi-frequency bioelectrical impedance analysis 法によるボディコンポジションアナライザー (InBody 3.2, Biospace) を用いて、体重、Total body water(TBW)、筋肉量(Soft lean mass : SLM)、筋肉率、体脂肪率および体脂肪量(Fat mass)を測定した。SLM はタンパク質量を加えて算出され、筋肉率は体重に対する SLM の割合とした。体脂肪量は体重から SLM およびミネラル量を減じて算出されている。身長は、デジタル身長計を使用した。BMI は体重(kg)を身長(m)の 2 乗で除して算出した。

体力の測定項目は、韓国で行われている体力テスト項目の内の上体起こし、長座体前屈、腕立て伏せ、20m シャトルランであった。測定の方法は以下膿瘍な手順で行われる。

上体起こし：横臥の状態では膝を直角に曲げて約 30cm 程度広げ、両手を首の後ろで組む。測定者の「はじめ」の合図とともに上体を起こし両肘が膝についたら再び横になった姿勢になる。1 分間の記録を取る。

長座体前屈：被験者は両脚の裏が測定器具の垂直面に完全につくように膝を伸ばして座る。両手をまっすぐ伸ばして左手を右手の上に重ね、「はじめ」の合図に合わせ、測定器具の目盛下へ手を伸ばす。検者は被験者の指の先が 2 秒程度止まった地点の目盛を読み記録する。

腕立て伏せ：両脚を揃えた姿勢で両手を肩幅に広げ、腕が地面に対して直角になるようにする。2 秒に 1 回のペースで行い、反復できなくなるまで実施する。

20m シャトルラン：漸増速度により鳴る信号音が録音された CD またはオーディオカセットに合わせて 20m 先の反対側ラインまで走る。信号音が鳴る前にラインに到達できない場合には最小 1 回は信号が鳴る時に方向を変えて走ることができるが、2 回連続で信号音が鳴る前にラインに到達できない場合には脱落となる。被験者が実施した総

回数を記録とする。漸増速度は1段階目は8km/hである。2段階目は9km/hとなり、それ以降は段階が1段階上がるごとに0.5km/h速度が加速する。

被験者には事前に調査および測定の内容を説明し、測定参加に対する同意を得た。なお、被験者には急性および慢性の疾患を患っている者は含まれていなかった。

4. 健康管理促進システムの構築とその活用

身体健康度評価指標の構築は、愛知県内のフィットネスクラブに通う20代の一般女性94名を対象とした。身体成分は、segmental bioelectrical impedance analysis & multi-frequency bioelectrical impedance analysis法によるボディコンポジションアナライザー（InBody 3.2, Biospace）を用いて、体重、Total body water(TBW)、筋肉量(Soft lean mass : SLM)、筋肉率、体脂肪率および体脂肪量(Fat mass)を測定した。SLMはタンパク質量を加えて算出される。体脂肪量は体重からSLMおよびミネラル量を減じて算出されている。身長はデジタル身長計を使用した。BMIは体重(kg)を身長(m)の2乗で除して算出した。

身体健康度の評価は、愛知県内の20代の実業団女子ソフトボール選手15名と青森県の某短期大学生女子89名に対して行った。実業団女子ソフトボール選手には、上腕後部、肩甲骨下部、腹部、側腹部、大腿部の皮下脂肪厚（栄研式，明興社製）を測定した。体脂肪率は、長嶺らの指揮を用いて身体密度を算出し、Brozekらの体脂肪率換算式により算出した。また、体格項目として身長と体重を測定し、BMIは体重(kg)を身長(m)の2乗で除して算出した。測定は、シーズン前（3月）、シーズン中（6月）、オフシーズン（12月）に分け、2007年3月から2009年6月にかけて計8回行い、個人の縦断的測定データを得た。

短期大学生女子に対しては、マルチ周波数体組成計（MC-190EM，タニタ社製）を用いて体重、体脂肪率、脂肪量、除脂肪量、体水分量、BMIを測定した。身長は体組成の測定直前に測定し、記録した。

第3節 解析手法

1. データ解析の概要

(1) 乳幼児期の身体発育に関する検証

乳幼児期の身体発育に関するデータ解析は、ウェーブレット補間法により行なった。

ウェーブレット補間法(Wavelet Interpolation Method: WIM)は、与えられた発育データから真の発育曲線を近似的に記述するために、データとデータをウェーブレット関数(基底関数は Meyer の mother wavelet)によって補間し、発育現量値曲線を描き、その描かれた現量値曲線を微分して得られた発育速度曲線を導き、思春期ピークや初経年齢時の発育現量値を調べる方法である。ウェーブレット補間法の特徴は、局所的現象を敏感に読み取り、近似の精度が極めて高いことである。ウェーブレット補間法の理論的背景や有効性の根拠については藤井の先行研究(1995a)(1995b)(1995c)(1996a)(1996b)(1998a)(1998b)(1999)に詳細に述べられている。

このウェーブレット補間法を用いて、乳幼児に対しては、身長、体重、頭囲、胸囲、BMI の 0 歳から 6 歳までの 0.5 歳刻みの発育測定調査結果を解析する。そして、各項目の発育現量値を微分して導かれた発育速度曲線から LPV(Local peak velocity)と LPV 年齢、FLPV (First local peak velocity)と FLPV 年齢を特定する。ウェーブレット補間法による LPV および FLPV の特定については、本章第 3 節 2 において詳細に説明する。

(2) 青少年期の女子身体発育に関する検証

韓国人女子に対しては、ウェーブレット補間法を 7 歳から 17 歳までの BMI 加齢現量値に対して適用する。そして、描かれた加齢現量値曲線を微分して導かれた速度曲線から MPV(Maximum Peak Velocity)年齢を特定する。これらの解析により、初経年齢時の BMI が算出でき、また、BMI の MPV 年齢時における BMI 値も算出が可能になる。これによって、初経年齢と BMI の MPV 年齢との関係を検証する。ウェーブレット補間法による MPV の特定については、本章

第3節3において詳細に説明する。

(3) 学齢期における身体健康度指標の構築とその検証

学齢期における身体健康度の評価は、BMIに対する体脂肪率もしくは筋肉率の最小二乗近似多項式による回帰分析から標準回帰評価チャートを構築し、形態の質を判断することにより行った。また、BMIによる身体肥瘦度タイプの判定を同時に行い、BMIタイプ毎に身体健康度を評価した。さらに、BMIタイプと形態の質判定の双方を複合化させて身体健康度を評価し、身体健康度評価の細分化を行った。また、これら身体健康度に付随する機能および能力としての体力の比較を行った。

(4) 健康管理促進システムにおける身体健康度指標の活用

健康管理促進システムの構築は、研究機関と企業（労働現場）との連携を主眼にし、健康管理促進を遂行するための内容整理と分類した。それにより、「広報システム」「測定システム」「分析・評価システム」「健康促進システム」の4つのシステムを軸として構築を模索した。

試案された企業従業員を対象とした健康管理促進システムにおける身体健康度評価の活用は、学齢期において構築された多項式回帰分析と同様の手法において行った。つまり、一般女性を対象にBMIに対する体脂肪率の最小二乗近似多項式による回帰分析から標準回帰評価チャートを構築する。構築された身体健康度評価チャートに実業団女子スポーツ選手および女子短期大学生の身体データを当てはめ、個々の身体健康度評価を行うとともに、構築された身体健康度評価チャートの活用可能性を検証する。

2. ウェーブレット補間法による局所的極大発育速度 (Largest Peak Velocity : LPV) およびその年齢、第1局所極大発育速度 (First Local Peak Velocity : FLPV) およびその年齢の特定

ウェーブレット補間法によって記述された発育曲線から、藤井はウェーブレット補間法によって導かれる乳幼児期の局所的ピーク概念を提唱した。つま

り、ウェーブレット関数によって導き出された一次微分曲線において、乳幼児期に出現する局所的ピークの最大値を Local Peak Velocity (LPV) と名称化した。これは、乳幼児期の局所的極大発育ピーク速度と呼ばれることになり、体格要素のすべてに共通して適用される名称となる。さらに、LPV 出現後に検出される僅かな局所的速度の変化は、LPV 出現後の最初に出現することから第 1 局所極大速度 (First local peak velocity : FLPV) と名称化された。

ウェーブレット補間法のアルゴリズムは、以下のように説明できる。

(1) 測定データ $\{ (t_i, y_i) : i=1, 2, 3, 4, \dots, 12 \}$ を得る。(本研究では、 t_i は年齢、 y_i は身長、体重、頭囲、胸囲、BMI の現量値とする)

(2) 以下の条件を満たすように測定データを調整する。

$$t < 0 \quad \text{または} \quad t > 1 \quad \text{のとき} \quad | \psi(x) | \leq \varepsilon. \quad (\varepsilon=0.01 \text{ とする})$$

(3) 次の条件を満たす 12 個の整数の組 (j, k) を決定する。

$$J \leq P(P \text{ は } -1 \text{ または } 0), \quad -10 \leq k \leq 10 \text{ とする。}$$

$$| \psi(2^j t_i - k) | \leq \varepsilon$$

(4) 条件を満たす整数の組 (j, k) は、 $(j, k)=(j_1, k_1), \dots, (j_{n1}, k_{n2})$ のようにとり、 j, k の任意の組み合わせによる以下の連立方程式を決定する。

$$y_i = \sum_{j,k}^{n1,n2} a_{j,k} \Psi(2^j t_i - k)$$

$$y_n = \sum_{j,k}^{n1,n2} a_{j,k} \Psi(2^j t_n - k)$$

(5) 以上で求めたウェーブレット係数 $\{ a_{j,k}; j, k \}$ を以下の式に代入し、 \mathbf{F} と \mathbf{f} の近似関数 $\mathbf{y}=\mathbf{F}\mathbf{n}(t)$ と $\mathbf{y}=\mathbf{f}\mathbf{n}(t)$ のグラフをコンピュータで描く。

$$F_n(t) = \sum_{j,k}^{n1,n2} a_{j,k} \Psi(2^j t - k)$$

$$f_n(t) = \sum_{j,k}^{n1,n2} a_{j,k} \Psi(2^j t - k)$$

以上のアルゴリズムが、乳幼児期における0歳から6歳までの身長、体重、頭囲、胸囲、BMIの横断的平均発育現量値に適用される。つまり、0歳から6歳における年齢軸(t)に、0歳から6歳までの6か月ごとの測定時年齢を、0、0.5、1、1.5、2、・・・6歳とする。縦軸(y)は、各測定年齢時{ $t_i : i = 0, 0.5, 1, 1.5, \dots, 6$ }における体格項目(身長、体重、頭囲、胸囲、BMI)の発育現量値を表す。この設定によって、12個の時系列データ{(t_i, y_i) : $i = 0, 0.5, 1, 1.5, \dots, 6$ }が与えられている時、発育曲線 $y = F(t)$ と F の一次導関数 $f(t)$ の近似曲線は、ウェーブレット係数 a_j, k を連立方程式から求めることにより導かれる。

近似曲線のコンピュータシミュレーションから一次導関数の $f(t)$ の極大値時点の t をまず特定する。特定された数値について、数学的には発育現量値を補間した元の関数 $F(t)$ の二次導関数 $f(t) = df(t)/dt = 0$ となる時点 t を計算して特定される。それが LPV 年齢および FLPV 年齢と決定されることになる。

3. ウェーブレット補間法による BMI の思春期最大発育速度 (MPV : Maximum peak velocity) およびその年齢の特定

ウェーブレット補間法を7歳から17歳までのBMIの加齢現量値に対して適用する。つまり、7歳から17歳における年齢軸(t)に、7歳から17歳までの測定時年齢を7、8、9、10、・・・17歳とする。縦軸(y)は、各測定年齢時{ $t_i : i = 7, 8, 9, 10, \dots, 17$ }におけるBMIの加齢現量値を表す。この設定によって、12個の時系列データ{(t_i, y_i) : $i = 7, 8, 9, 10, \dots, 17$ }が与えられている時、発育曲線 $y = F(t)$ と F の一次導関数 $f(t)$ の近似曲線は、ウェーブレット係数 a_j, k を連立方程式から求めることにより導かれる。

そして、描かれた加齢現量値曲線を微分して導かれた速度曲線からMPV(Maximum Peak Velocity)年齢を特定する。このBMIのMPV年齢は思春期における最大加齢変化速度年齢のことで、特にウェーブレット補間法から導か

れた BMI の加齢現量値およびその微分である変化速度は、基本的にはウェーブレット関数から算出され、その手続きは Unix-workstation の Sunflare によって計算されている。それによって初経年齢時の BMI が算出でき、また、BMI の MPV 年齢時における BMI 値も算出が可能になる。

4. 最小二乗近似多項式適用の妥当性

回帰多項式は、一般的には2変量における回帰分析による回帰直線が適用される。しかし、2変量における回帰分析でも1次の関係より2次以上の関係がより妥当と判断される場合もある。そのような場合には2次、3次、4次等の近似多項式が適用されることがある。Matsuura and Kim (1991)は身長、体重発育に対して最小二乗近似多項式を適用し、その発育パターンを検討している。また、Largo et al (1978)もSpline平滑化を適用して身長発育のパターンを検討した。これら方法はいずれも最小二乗近似多項式を適用しており、有効な知見を導き出している。このような報告から、本研究におけるBMIに対する体脂肪率の回帰多項式における次数決定については、Matsuura and Kim (1991)が採用している残差平方和の検討により妥当な次数を判断する方法を適用した。

それと同時に赤池情報量基準(AIC)を適用して次数の妥当性を確認した。AICの算出式は以下に示す。

$$AIC = n \times \log \frac{\sigma}{n} + 2 \times (k + 2) + (\log 2\pi + 1)$$

(但し、 σ は偏差平方和、 n はデータ数、 k は説明変数の数)

第4節 研究の限界

1. 対象による限界

本研究では、健康管理促進システム活用の検証において、身体健康度評価指標の構築の対象として愛知県内の20代一般女性、その評価対象として愛知県内の実業団女子ソフトボール選手および青森県内の短期大学女子学生を対象としている。この点において、健康管理促進システム活用は10代後半から20代の女性において検証したことになる。また、実業団女子ソフトボール選手は日常的に体力向上を目指した身体的トレーニングを行っている特殊な集団である。

本研究の結論は、これらの対象による限界に基づいて述べている。

2. 方法による限界

本来、健康を評価する際は健康の決定因子となる様々な要素について検討し、その改善について考える必要がある。本研究では、身体的要素であるBMI、体脂肪率、筋肉率を基に身体健康度評価指標を構築しており、健康の評価という観点では非常に限定されており、基本的な身体健康情報のみを用いた評価である。つまり、本研究の結果により健康全般を評価できるわけではない。

本研究の結論は、これらの方法による限界に基づいて述べている。

第四章

検討課題 I

乳幼児身体発育指標の時代的
変化に関する検証

第1節 本章の目的

乳幼児身体発育指標の時代的变化における検討は、船川ら(1962)が1940年度と1950年度に実施された全国規模の調査から、特に、1950年度における栗山ら(1953)の結果と比較して、1960年度の身長、体重、胸囲、頭囲が高い数値を示すことを報告している。高石ら(1991)は、1960年度、1970年度の結果からは身体発育の顕著な増大を認めているが、1980年度の結果においては10年間では僅少な伸びであり、さらに、1990年度までの10年間では、体重、胸囲、頭囲はやや減少傾向がみられたことを報告している。

1960年度から2000年度までの乳幼児身体発育調査の報告については、経年的変化の検討よりどちらかと言えば身体発育の基準値を作成する意味合いが強いといえる。神岡と高石(1983a)(1983b)は胸囲と頭囲の基準値を作成するために、1980年度の乳幼児身体発育調査の結果を利用して標準発育曲線グラフを作成している。加藤ら(2001)は最も新しい2000年度の乳幼児身体発育調査の結果に対して、パーセンタイル値および平均値に対してTango(1988)による平滑化法を適用して標準化曲線を作成している。確かに標準化曲線作成の取り組みは不可欠な行為と考えられるが、折角全国的な規模で実施した経年的なデータが導かれているのに、経年的変化の詳細な検証は成されてきたのであろうか。学校保健統計調査に関しても同様な問題があり、体格データの統計値から発育状態が平均的な検討の報告はされているが、経年的変化を客観的な手法によって解析した知見はない。特に、発育の変化率、つまり速度曲線を解析することによって導かれた報告はない。

藤井ら(2006)は幼児の体格・運動能力の発育・発達の経年的変化を、変化率つまり発育速度曲線をウェーブレット補間法によって描くことにより、速度曲線の経年的変化を解析した。このような報告は従来になく、速度曲線を解析することによって発育・発達が本来有する縦の変化として検証することができたといえる。そこで、本研究は乳幼児身体発育記録が本来有する、全国規模の乳幼児の身体発育指標としての意味に重点を置き、その指標の構図が時代の変化とともにどのように変化したのかその点を検証することをねらいとした。しかし、従来の解析手法では乳幼児期の発育現量値しか解析できず、発育の変化率

である速度曲線の解析ができない欠点がある。そこで、藤井(1995a)(1995b)(1996a)(1996b)(1998a)(1998b)(1999)(2006)が提唱したウェーブレット補間法を適用して発育速度曲線を導くことにより、その速度曲線を時代の変化とともに解析することができる。特に、生後1年は人の一生で最大の発育量を示す時期であり、その後の発育速度がどのように変化するか興味を示されるところであり、よって、発育速度曲線上に出現するピーク速度の変化を過去の乳幼児身体発育指標と比較することにより、従来では解析できなかった身体発育項目（身長、体重、胸囲、頭囲）ごとの発育速度の時代的变化を解析し、乳幼児身体発育指標の時代的变化構図を検証しようとした。

第2節 方法

1. 対象

対象データは、1960年度、1970年度、1980年度、1990年度、2000年度の厚生労働省から公表された乳幼児身体発育調査記録である男女の身長、体重、胸囲、頭囲のデータを使用する。そのデータから各年度の出生児、6ヶ月、1歳というように、半年ごとに6歳までのデータを使用する。

2. 解析の手続き

- 1) 男女乳幼児の1960年度、1970年度、1980年度、1990年度、2000年度における身長、体重、胸囲、頭囲のデータに対して0歳から6歳まで、0.5歳刻みでウェーブレット補間法を適用する。
- 2) 0歳から6歳までの発育現量値曲線を微分して得られた速度曲線から最大発育速度(Largest peak velocity : LPV)およびLPV年齢を求める。
- 3) 身長、体重、胸囲、頭囲におけるLPVの出現状態を解析する。
- 4) LPV年齢およびLPVについて、身長、体重、胸囲、頭囲を解析する。
- 5) 0歳から6歳までの発育現量値曲線を微分して得られた速度曲線から第1局所的極大速度(First local peak velocity : FLPV)およびFLPV年齢を求める。
- 6) 身長、体重、胸囲、頭囲におけるFLPVの出現状態を解析する。
- 7) FLPV年齢およびFLPVについて、身長、体重、胸囲、頭囲を解析する。
- 8) 身長、体重のデータからBMIを導き、加齢変化現量値曲線の最凸点と加齢変化速度曲線の最凹点を求める。

以上の解析手続きが1960年度から2000年度までのデータで実施されたが、本研究では時代変化が明確に捉えられるように1960年度と2000年度の2点での比較検討を実施した。

第3節 結果

1. Largest peak velocity (LPV) と First local peak velocity (FLPV) の特定

人の身体は出生後1年間が一生で最も発育する時期である。そして、次に発育のピークを示す時期が思春期といえる。藤井(2006)は思春期における身体の最大発育を Maximum peak velocity(MPV)と名称化した。特に、この名称は関数で算出されたことにより名付けられている。したがって、本研究で出現した出生後1年内での最大発育速度は Largest peak velocity(LPV)と名称化できよう。そして、LPV 出現後に検出される僅かな局所的速度の変化は、藤井ら(2006)が示した局所的極大速度(local peak velocity: LPV)と考えられ、その LPV 出現後の最初に出現することから First local peak velocity(FLPV)と名付けることにする。

Table 4-1, 4-2 は厚生労働省が公表している 1960 年から 2000 年までの乳幼児身体発育記録である。これら記録から、Fig 4-1 は 1960 年度の男児の 0 歳から 6 歳までの身長横断的発育データにウェーブレット補間法を適用したグラフである。このグラフに示されているように出生直後に検出されるピークは人の一生で最も発育する身長の最大発育速度(LPV)である。その後僅かに発育速度の変化を示す局所的極大速度のピークが FLPV として確認できる。このように LPV と FLPV の出現を身長、体重、胸囲、頭囲のデータについて解析することによって、1960 年度と 2000 年度との比較から乳幼児身体発育指標の時代的な変化を検討していくことにする。

2. 1960 年度と 2000 年度との比較による時代的变化

1) 身長

身長の 1960 年度と 2000 年度について(Fig 4-1, 4-2, 4-3, 4-4)、まず出生時身長は男女ともに 2000 年度の数値が 1cm 程度減少しているが、0.5 歳時から 6 歳時では逆に 2000 年度が増大する。このことが示された発育現量値曲線からは両年度とも、0 歳から 1 歳まではかなりの急増を示し、発育速度曲線においては、出生直後に示される速度の最大を示すピークが出現した。このピークは最大発

育速度(LPV)であり、このピーク年齢は男女とも 1960 年度が 0.1 歳、2000 年度が 0.05 歳でほんの僅か早まっている。そして、LPV の後に出現する僅かな速度の増大が示されたが、この速度の増大のピークは LPV 直後の最初に出現することから第 1 局所的極大速度(FLPV)と特定できる。この FLPV 年齢をみると、男子の 1960 年度で 1.6 歳、2000 年度で 1.55 歳、女子の 1960 年度で 1.65 歳、2000 年度で 1.50 歳と若干早まっていることが示された。また、特筆すべきことは速度曲線において LPV の数値が男子で 1960 年度から 2000 年度にかけて 38.87cm/yr から 46.55cm/yr に増大し、女子でも同様に 35.89cm/yr から 45.83cm/yr に増大したことである(Table 4-3, 4-4)。

2) 体重

体重の出生時は 2000 年度の数値が 0.5kg 程度減少しているが 0.5 歳時から 6 歳時には逆に 2000 年度が増大する。このことが示された発育現量値曲線からは両年度とも、0 歳から 1 歳まではかなりの急増を示し、発育速度曲線においては、出生からすぐに速度の最大を示す LPV 年齢は男子の 1960 年度で 0.05 歳、2000 年度で 0.05 歳、女子の 1960 年度で 0.1 歳、2000 年度で 0.01 歳となり女子でほんの僅か早まっている。FLPV 年齢をみると、男子の 1960 年度で 1.7 歳、2000 年度で 1.65 歳、女子の 1960 年度で 1.65 歳、2000 年度で 1.65 歳とこちらは男子でほんの僅か早まっていることが示された。速度曲線においては LPV の数値が男子で 1960 年度から 2000 年度にかけて 11.7kg/yr から 12.8kg/yr に増大し、女子でも同様に 10.07kg/yr から 12.01kg/yr に増大した(Tables 4-3, 4-4; Figs. 4-5, 4-6, 4-7, 4-8)。

3) 胸囲

胸囲の出生時は 2000 年度の数値が 1cm 程度減少しているが 0.5 歳時から 6 歳時には逆に 2000 年度が増大する。発育現量値曲線からは両年度とも、0 歳から 1 歳まではかなりの急増を示し、発育速度曲線においては、出生からすぐに速度の最大を示す LPV 年齢は男子の 1960 年度で 0.05 歳、2000 年度で 0.05 歳、

女子の 1960 年度で 0.05 歳、2000 年度で 0.05 歳と変化はなかった。FLPV 年齢をみると、男子の 1960 年度で 1.5 歳、2000 年度で 1.5 歳、女子の 1960 年度で 1.65 歳、2000 年度で 1.45 歳とこちらは女子のみ若干早まっていることが示された。このピーク年齢は両年共に身長、体重よりも若干早くなっている。速度曲線においては LPV の数値が男子で 1960 年度から 2000 年度にかけて 29.92cm/yr から 33.23cm/yr に増大し、女子でも同様に 26.61cm/yr から 30.30cm/yr に増大した(Tables 4-3, 4-4; Figs. 4-9, 4-10, 4-11, 4-12).

4) 頭囲

頭囲の出生時は 2000 年度の数値が 0.7cm 程度減少しているが 1 歳時から 6 歳時には逆に 2000 年度が増大する。発育現量値曲線からは両年度とも、0 歳から 1 歳まではかなりの急増を示し、3 歳頃まで漸次増大をする。3 歳頃から 6 歳までは僅かな増大傾向に留まる。1 歳までの急増に関しては、身長、体重とそれほど変わりはないが、その後の増大傾向が、身長、体重に比べれば緩やかな停滞に近い傾向を示す。発育速度曲線においては、出生からすぐに速度の最大を示す LPV 年齢は男子の 1960 年度で 0.05 歳、2000 年度で 0.05 歳、女子の 1960 年度で 0.05 歳、2000 年度で 0.05 歳と変化はなかった。FLPV 年齢をみると、男子の 1960 年度で 1.3 歳、2000 年度で 1.5 歳、女子の 1960 年度で 1.4 歳、2000 年度で 1.35 歳とこちらは男子で若干遅くなり、女子ではほんの僅か早まっていることが示された。速度曲線では LPV の数値が男子で 1960 年度から 2000 年度にかけて 25.62cm/yr から 26.65cm/yr に増大し、女子でも同様に 22.42cm/yr から 24.93cm/yr と増大したが、身長、体重、胸囲に比べ僅かである(Tables 4-3, 4-4; Figs. 4-13, 4-14, 4-15, 4-16).

5) BMI

BMI の出生時は 1960 年度の男子で 12.4、女子で 12.1、2000 年度の男子で 12.7、女子で 12.6 と両年度であまり変わらない。加齢変化現量値曲線をみると、男子の 1960 年度で 0.5 歳、2000 年度で 0.6 歳、女子の 1960 年度で 0.55 歳、2000

年度が 0.6 歳で最凸点を示し、その後 1 歳から 1.5 歳まで急減し、5.5 歳まで漸次緩やかに減少を示す。男女とも 2000 年度では 1.5 歳から 6 歳まで BMI 値はほぼ一定値を示していた。加齢変化速度曲線における最凹点をみると、1960 年度の男子で 0.7 歳を示し、以後 2000 年度の 0.9 歳まで若干ではあるが年齢が高くなるようである。1960 年度の女子では最凹点は 0.8 歳を示し、男子同様に 2000 年度の 0.9 歳まで若干高くなるようである。そして、加齢変化速度曲線は加齢変化現量値曲線と同じように、1.5 歳頃から 6 歳までほぼ一定値を示す傾向が 1960 年度と 2000 年度では変化がなかった (Tables 4-3, 4-4; Figs. 4-17, 4-18, 4-19, 4-20).

3. 発育現量値および速度曲線の挙動

発育現量値曲線において、1960 年度より 2000 年度の方が身長、体重、胸囲、頭囲のすべてで 0.5 歳頃まで急増を示す構図は変わらないが、特に頭囲においては急増が著しい。そして、身長、体重、胸囲は 1 歳頃から 6 歳まで一定した傾きの増大傾向を示すが、頭囲は 1 歳頃から 6 歳まで僅かな傾きの増大傾向を示すだけであった。発育速度曲線においては、FLPV の後の変動はすべての項目で 1960 年度には波動の振幅が大きい挙動を示しているが、その振幅の挙動が 2000 年度にはほとんど滑らかな挙動を示していた。BMI も加齢変化現量値曲線、加齢変化速度曲線とも 2000 年度には滑らかな挙動を示した。

第4節 考察

乳幼児に関する身体発育の調査は、国家的なプロジェクトとしては厚生労働省児童家庭局が行政調査として全国的規模で実施している。この調査は、1960年度を初年度に、2000年度までの間に10年ごとに実施されてきた。このような身体発育の測定は非常に重要であり、日本人としての乳幼児の基準が明確化されることは、他の国との比較を可能にすることからも非常に意義のある調査である。しかし一方で、このような全国規模のデータが十分活かされているであろうか。つまり、標準的な発育・発達基準から現時点での個々の評価は可能になるが、それは発育・発達プロセスを評価しているわけではない。発育・発達の変化率が解析されない限り、個々の縦断的な発育・発達を評価することは不可能である。周知のように平均的なデータから導かれた年間発育・発達量には、Tanner(1962)が指摘した縦断的データとの位相差効果(phase difference effect)が影響する。このことは発育・発達の変化率を評価する場合、重要な問題となる。したがって、このような問題点を克服するには縦断的なデータの解析が不可欠となる。

現在のシステムにおいて、乳幼児身体発育調査の原簿となる母子健康手帳、幼稚園や保育園における健康診断手帳からも乳幼児の縦断的データを確保できる。しかし、縦断的なデータが確保されても、その解析手法が確立されていない問題が浮上する。そこで、藤井(1995a)(1995b)(1996a)(1996b)(1998a)(1998b)(1999)はこれらの問題を提起しながら、縦断的データの解析手法としてウェーブレット補間法を提唱した。ウェーブレット補間法を適用して、学齢期の身長、体重、胸囲、座高、下肢長の発育を解析した報告や、BMIの加齢変化に適用した報告によって新たな知見を導いてきたが、乳幼児に対してその身体的発育の経年的な変化に適用した報告はまだない。したがって、本研究では1960年度から2000年度までの乳幼児身体発育に対してウェーブレット補間法を適用し、身体発育指標の有する構図の時代的变化について検討した。

船川ら(1962)、高石ら(1991)、加藤ら(1953)による乳幼児身体発育調査の結果が報告されているが、現量値から検討した結果を過去のデータと比較して論じている。本研究は身長、体重、胸囲、頭囲、BMIのデータをウェーブレット補

間法の適用によって解析し、従来にはない新たな知見を導くことができた。それは、ウェーブレット補間法によって速度曲線を導くことができた点である。つまり、1960年度と2000年度における発育速度曲線による身長、体重、胸囲、頭囲の速度の変化が明確化され、従来から指摘されていた出生後1年間の急激な増大は、実は出生直後1ヶ月が最も顕著で、その後は急減することが示された点である。最初に検出されたLPVは、男女児とも一生涯で発育速度の最大ピークであり、その後に示されたFLPVは局所的な極大速度としては最初に検出される局所的なピークである。これら両ピークを過去と比較してみると、LPV年齢では男女児ともすべての身体項目で過去と比較してあまり変化が示されなかった。しかし、LPVでは男女児ともすべての身体項目において過去と比較して増大傾向を示していた。このことは近年における体格の増大が、頭囲を含めて生後1ヶ月の発育急増期にその増大要因が認められたことである。このことは同時に成熟度の早さも指摘している。つまり、過去と比較して早熟化の傾向が示唆されることになる。

同様な解析として、FLPV年齢では男児ではすべての項目において過去に比べてそれほどの変化は示されなかったが、女児ではすべての項目において若干ではあるが早まる傾向が示された。明確なことはいえないが、過去に比べて女児の早熟性が男児より若干検出されたものと推測される。しかし、FLPVについては男女児ともすべての項目において過去との変化は示されなかった。やはり過去に比べて体格の増大要因と早熟性はLPVによって影響されると推測される。

本研究において速度曲線を記述した点が重要であり、その速度曲線の挙動を過去と比較してみると、すべての身体的項目で1960年度では速度曲線の波動の振幅が大きい傾向を示しているが、2000年度では波動の振幅が滑らかに変化する傾向を示す。この傾向は男女児で共通しており、速度曲線における波動の振幅が時代的な変化にもなっており均される傾向が明らかにされた。このような現象は従来報告がなく、本研究で初めて指摘されたことになる。この解釈について、食生活の変容が推測される。つまり、食生活の欧米化によってタンパク質が取りやすくなり、骨強度に影響するCa等も乳製品から取りやすくなった。このことは、従来の日常生活における和食スタイルが変化したわけで、日本では季節によって食の摂取が異なり、従来までその影響が各項目に影響していた

と考えられる。つまり、各身体発育に影響するCa、タンパク質等の摂取に時間差(季節差)があるので発育速度曲線の波動振幅に増減があったのが、近年では食生活の変容によって、1年中Ca、タンパク質等が摂取できるようになったために食物摂取が発育速度曲線に対して波動振幅に増減のない発育成就を結果したものと推測される。

最後に、身長と体重を合わせた身体充実指数として取り上げられているBMI(Body Mass Index)の加齢変化をみると、1960年度では速度曲線上の波動が他の身体的項目と同様に大きかったが、2000年度では波動が均される傾向を示した。しかしながら、幼児期におけるBMIの安定性は保証され则认为られる。通常、BMIは肥満判定の指標として国際的に認められている指数であるが、幼児期では特にカウプ(Kaup)指数として知られている。古くはケトレー指数として知られていた。本研究の結果から、BMIは近年では少なくとも3歳から安定することが理解され、3歳頃からBMIによる肥満、痩身の評価を実施することが可能であることが示された。

第 5 節 結論

1960 年度と 2000 年度の乳幼児身体発育調査記録について、身長、体重、胸囲、頭囲、BMI の 0 歳から 6 歳までの 0.5 歳刻みのスパンにウェーブレット補間法を適用し、発育現量値および速度曲線が描かれた。出生時の値はすべての項目の男女ともに 1960 年度が高く、2000 年度が低かった。だが 0.5 歳時から 6 歳時には 2000 年度の方が大きくなっていた。次に速度曲線の解析から、出生後 1 年間の急激な増大は、出生直後 1 ヶ月が最も顕著であることが示された。その最大速度のピーク(Local peak velocity : LPV)年齢をみると、男女共に明確な時代的变化を示す知見は得られなかったが、LPV については男女ともすべての項目で 1960 年度より 2000 年度の方が明確な増大傾向が示された。2 つ目の速度のピーク(First local peak velocity : FLPV)年齢をみてみると、男児の身長、体重、胸囲ではそれほど大きな変化はないが、頭囲では逆に少し年齢が遅くなる傾向が示されていた。女児の身長では若干早まっている傾向が伺えるが、体重では変化がなく、胸囲で若干早まる傾向が示された。頭囲では 1960 年度より 2000 年度で早まる傾向を示した。FLPV の過去との比較では、男女児ともすべての項目で大きな変化は示されなかった。また、すべての項目で FLPV の後に 1960 年度は振幅が大きい波動を示しているが、その振幅の挙動は 2000 年度にはほとんど滑らかな挙動を示していた。このことから、乳幼児身体発育指標における構図の時代的变化は、少し小さく生まれて、成熟度は早く、身体は大きく発育する構図が確立された。

Table4-1 Statistics for physical growth (height, weight, chest circumference, head circumference) in boys

	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	
Height (cm)	1960	50.0	67.0	74.1	79.4	85.0	88.5	91.9	95.0	98.2	101.4	104.4	107.4	—
	1970	50.2	68.2	75.4	80.8	87.1	90.8	94.4	97.8	101.2	104.3	107.1	109.6	—
	1980	49.7	68.1	75.5	81.0	87.2	91.1	94.8	98.2	101.5	104.6	107.6	110.6	113.6
	1990	49.6	68.5	75.4	81.5	87.4	91.3	95.0	98.6	102.1	105.4	108.6	111.6	114.5
	2000	49.0	68.3	75.5	81.1	87.1	91.0	94.7	98.3	101.6	104.9	108.1	111.4	114.9
Weight (kg)	1960	3.1	7.8	9.1	10.2	11.6	12.5	13.3	14.2	15.0	15.8	16.6	17.4	—
	1970	3.2	8.2	9.5	10.6	12.3	13.2	14.1	15.0	15.8	16.6	17.4	18.2	—
	1980	3.2	8.2	9.7	10.7	12.2	13.3	14.3	15.2	16.1	17.0	17.9	18.9	19.9
	1990	3.2	8.1	9.6	10.8	12.3	13.4	14.3	15.3	16.2	17.2	18.3	19.4	20.6
	2000	3.0	8.2	9.5	10.6	12.1	13.1	14.1	15.2	16.2	17.3	18.4	19.5	20.6
Chest circumference (cm)	1960	32.8	43.9	45.7	47.4	49.3	50.5	51.4	52.3	53.1	53.9	54.6	55.4	—
	1970	32.8	44.7	46.9	48.2	50.1	50.9	51.8	52.6	53.4	54.2	54.9	55.6	—
	1980	32.5	44.6	47.0	48.2	50.1	51.0	52.0	52.8	53.7	54.4	55.3	56.1	57.1
	1990	32.2	44.2	46.5	47.9	49.6	50.6	51.6	52.7	53.7	54.6	55.5	56.4	57.6
	2000	31.8	44.2	46.2	47.6	49.2	50.3	51.3	52.2	53.2	54.2	55.3	56.3	57.2
Head circumference (cm)	1960	34.0	43.9	46.0	47.5	48.5	49.0	49.4	49.6	49.9	50.1	50.3	50.5	—
	1970	33.5	43.9	46.5	47.8	48.9	49.4	49.8	50.1	50.4	50.6	50.8	51.0	—
	1980	33.6	43.7	46.4	47.5	48.7	49.2	49.7	50.1	50.4	50.7	50.9	51.1	51.2
	1990	33.5	43.6	46.3	47.6	48.8	49.3	49.7	50.1	50.5	50.7	51.0	51.2	51.4
	2000	33.3	43.7	46.3	47.5	48.6	49.1	49.6	50.0	50.4	50.7	51.1	51.3	51.6
BMI (kg/m ²)	1960	12.4	17.4	16.6	16.2	16.1	16.0	15.8	15.7	15.6	15.4	15.2	15.1	—
	1970	12.7	17.6	16.7	16.2	16.2	16.0	15.8	15.7	15.4	15.3	15.2	15.2	—
	1980	13.1	17.6	17.0	16.4	16.0	16.0	15.9	15.8	15.7	15.6	15.5	15.4	15.4
	1990	12.8	17.2	16.9	16.2	16.1	16.0	15.9	15.7	15.6	15.5	15.5	15.6	15.7
	2000	12.7	17.5	16.7	16.0	15.9	15.8	15.8	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.6

Table4-2 Statistics for physical growth (height, weight, chest circumference, head circumference) in girls

	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
Height (cm)	1960	49.8	65.4	72.7	77.8	83.7	87.2	90.7	94.1	97.3	100.4	103.3	106.3
	1970	49.7	66.6	74.2	79.5	86.1	89.5	93.0	96.4	99.8	103.1	106.2	109.1
	1980	49.3	66.8	74.1	79.9	86.3	90.2	93.9	97.5	100.9	104.1	107.1	109.8
	1990	48.9	66.8	74.2	80.3	86.0	90.1	94.0	97.7	101.3	104.7	107.9	110.9
	2000	48.4	66.9	73.8	80.0	86.0	89.9	93.7	97.4	101.0	104.3	107.6	110.8
Weight (kg)	1960	3.0	7.2	8.5	9.6	11.1	12.0	12.9	13.8	14.6	15.4	16.2	17.0
	1970	3.1	7.7	9.1	10.0	11.7	12.6	13.4	14.3	15.2	16.1	17.0	18.0
	1980	3.2	7.7	9.1	10.3	11.9	12.9	13.9	14.8	15.8	16.7	17.6	18.4
	1990	3.1	7.5	9.0	10.1	11.7	12.8	13.8	14.9	15.9	16.9	18.0	19.1
	2000	3.0	7.5	8.9	10.0	11.6	12.6	13.6	14.6	15.7	16.8	17.9	18.9
Chest circumference (cm)	1960	32.5	42.8	44.8	46.3	48.2	49.4	50.3	51.2	51.9	52.6	53.3	54.1
	1970	32.6	43.6	45.7	47.0	48.9	49.6	50.4	51.1	51.9	52.7	53.5	54.4
	1980	32.4	43.6	45.7	47.1	48.9	49.8	50.8	51.6	52.4	53.1	53.9	54.7
	1990	32.0	43.1	45.4	46.7	48.3	49.2	50.1	51.2	52.4	53.4	54.4	55.4
	2000	31.6	43.1	45.1	46.5	47.8	48.7	49.6	50.6	51.7	52.9	54.0	55.1
Head circumference (cm)	1960	33.6	42.6	44.9	46.3	47.5	48.0	48.4	48.7	49.0	49.3	49.6	49.9
	1970	33.1	42.7	45.5	46.5	47.8	48.2	48.5	48.9	49.3	49.6	49.9	50.1
	1980	33.2	42.6	45.3	46.5	47.6	48.1	48.7	49.1	49.4	49.7	50.0	50.2
	1990	33.1	42.4	45.1	46.4	47.6	48.1	48.7	49.2	49.7	50.0	50.3	50.7
	2000	32.9	42.6	45.0	46.5	47.6	48.2	48.7	49.2	49.6	50.0	50.4	50.6
BMI (kg/m ²)	1960	12.1	16.8	16.1	15.9	15.8	15.8	15.7	15.6	15.4	15.3	15.2	15.0
	1970	12.6	17.4	16.5	15.8	15.8	15.7	15.5	15.4	15.3	15.2	15.1	15.1
	1980	13.0	17.3	16.6	16.1	16.0	15.8	15.7	15.6	15.5	15.4	15.3	15.3
	1990	12.8	16.9	16.4	15.7	15.9	15.8	15.7	15.6	15.5	15.4	15.5	15.5
	2000	12.6	16.9	16.3	15.7	15.6	15.6	15.5	15.4	15.4	15.4	15.5	15.5

Table4-3 Largest peak velocities and first local peak velocities in boys for height, weight, chest circumference and head circumference

Growth Indicaotr	Year	Largest peak velocity (LPV)		First local peak velocity (FLPV)	
		Age (years)	Velocity	Age (years)	Velocity
Height (cm)	1960	0.10	38.87	1.60	12.12
	2000	0.05	46.55	1.55	13.12
Weight (kg)	1960	0.05	11.72	1.70	2.91
	2000	0.05	12.80	1.65	3.21
Chest circumference (cm)	1960	0.05	29.92	1.50	3.99
	2000	0.05	33.23	1.50	3.82
Head circumference (cm)	1960	0.05	25.62	1.30	3.20
	2000	0.05	26.65	1.50	2.78

Table4-4 Largest peak velocities and first local peak velocities in girls for height, weight, chest circumference and head circumference

Growth Indicaotr	Year	Largest peak velocity		First local peak velocity	
		Age (years)	Velocity	Age (years)	Velocity
Height (cm)	1960	0.10	35.89	1.65	12.64
	2000	0.05	45.83	1.50	13.79
Weight (kg)	1960	0.10	10.07	1.65	3.18
	2000	0.01	12.01	1.65	3.24
Chest circumference (cm)	1960	0.05	26.61	1.65	4.01
	2000	0.05	30.30	1.45	3.44
Head circumference (cm)	1960	0.05	22.42	1.40	2.96
	2000	0.05	24.93	1.35	3.22

Table4-5 Highest BMI and lowest velocity of change in BMI in boys

Year	Age (years)	BMI (kg/m ²)		Velocity of change in BMI (kg/m ² per year)	
		Highest	Lowest	Age (year)	Lowest
1960	0.50	17.38		0.70	-2.48
2000	0.60	17.60		0.90	-2.91

Table4-6 Highest BMI and lowest velocity of change in BMI in girls

Year	Age (years)	BMI (kg/m ²)		Velocity of change in BMI (kg/m ² per year)	
		Highest	Lowest	Age (year)	Lowest
1960	0.55	16.87		0.80	-2.33
2000	0.60	16.97		0.90	-2.30

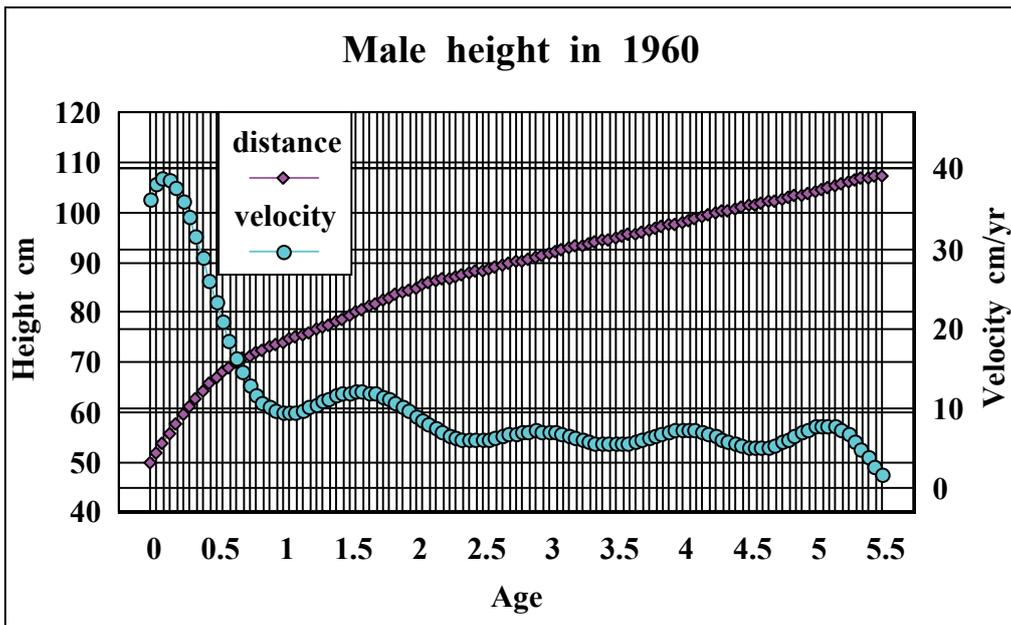


Fig 4-1 Growth distance and velocity curves in height from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

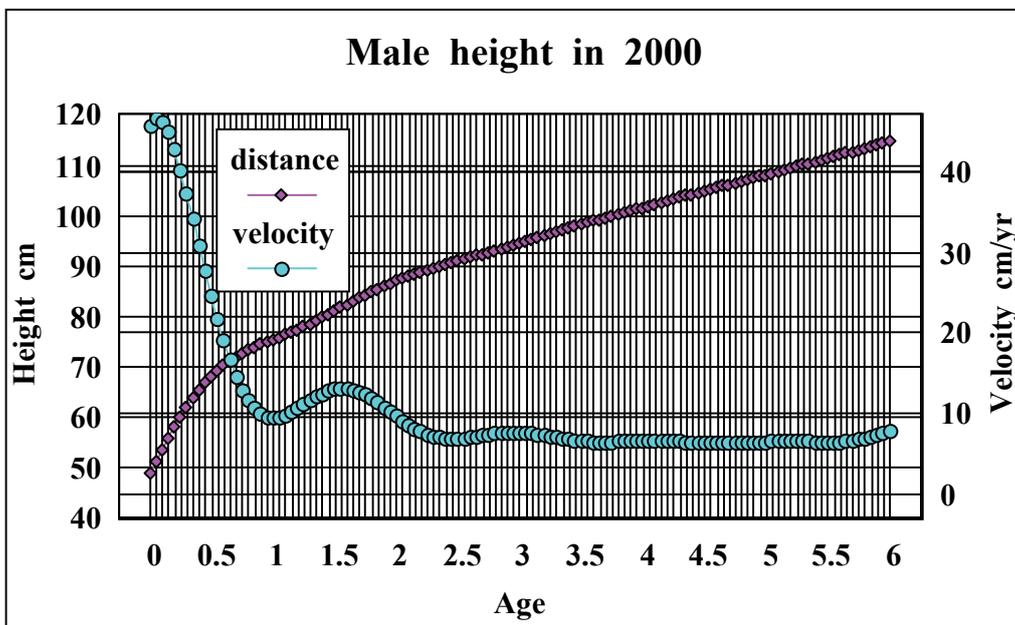


Fig 4-2 Growth distance and velocity curves in height from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

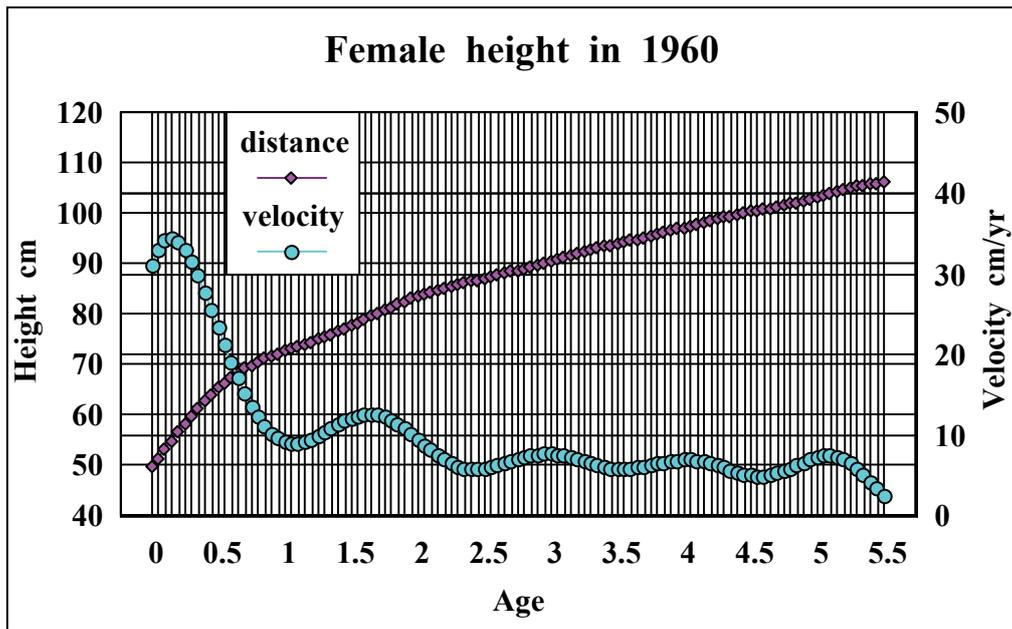


Fig 4-3 Growth distance and velocity curves in height from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

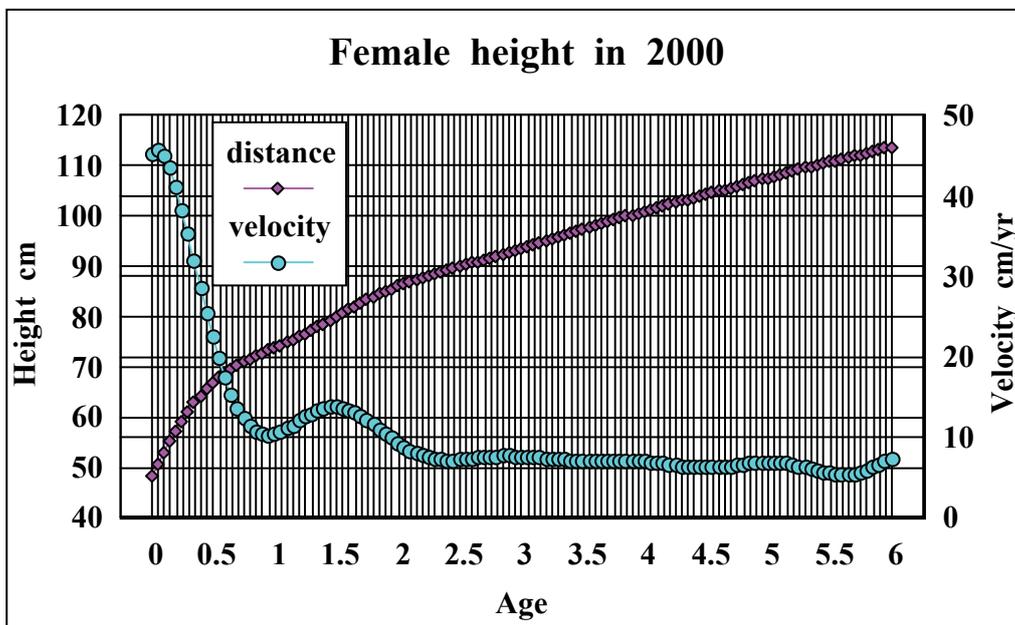


Fig 4-4 Growth distance and velocity curves in height from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

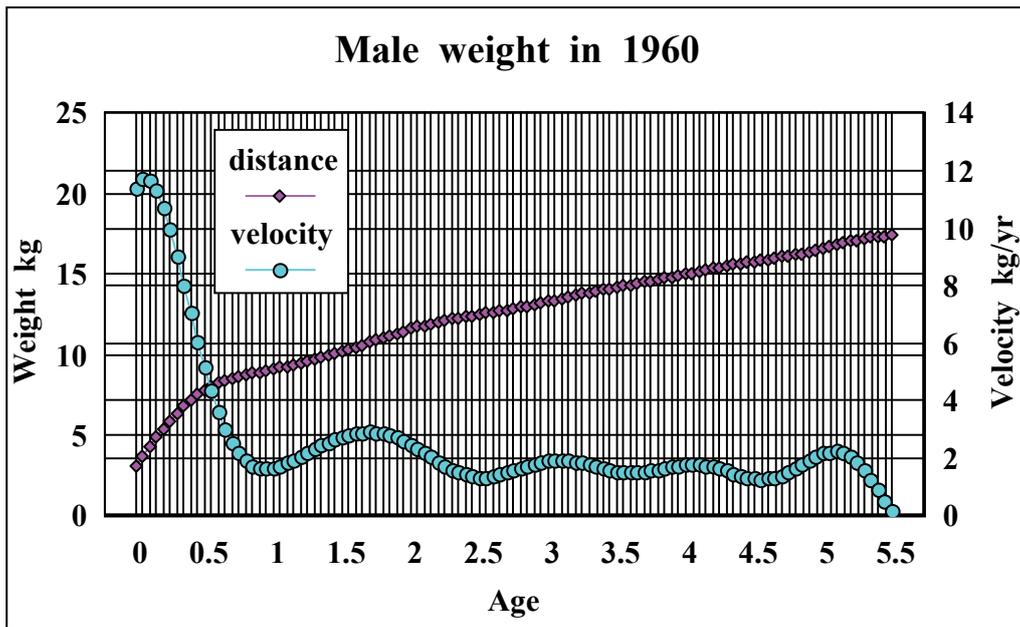


Fig 4-5 Growth distance and velocity curves in weight from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

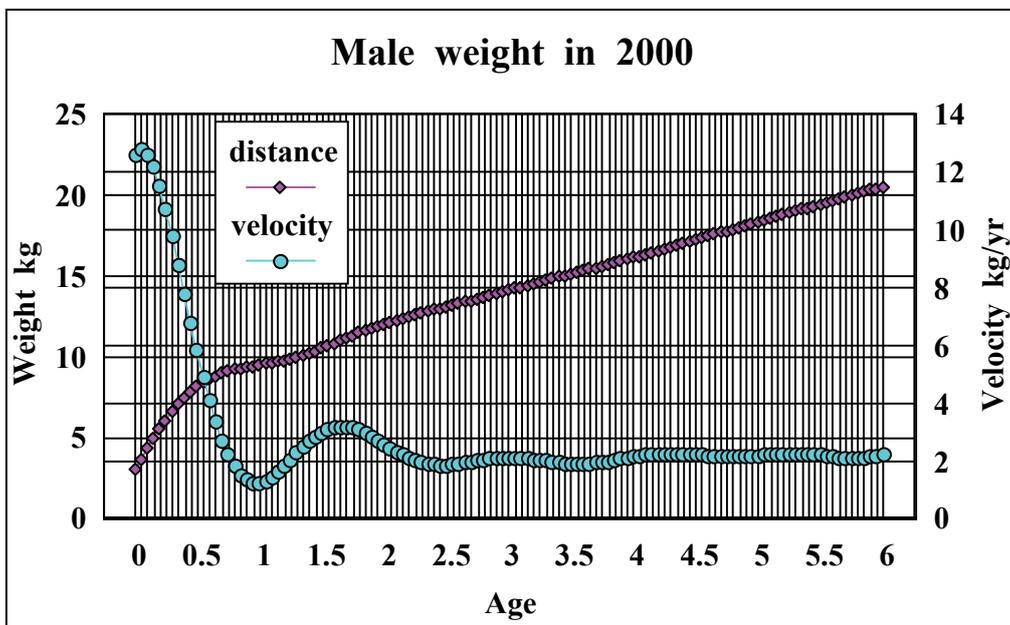


Fig 4-6 Growth distance and velocity curves in weight from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

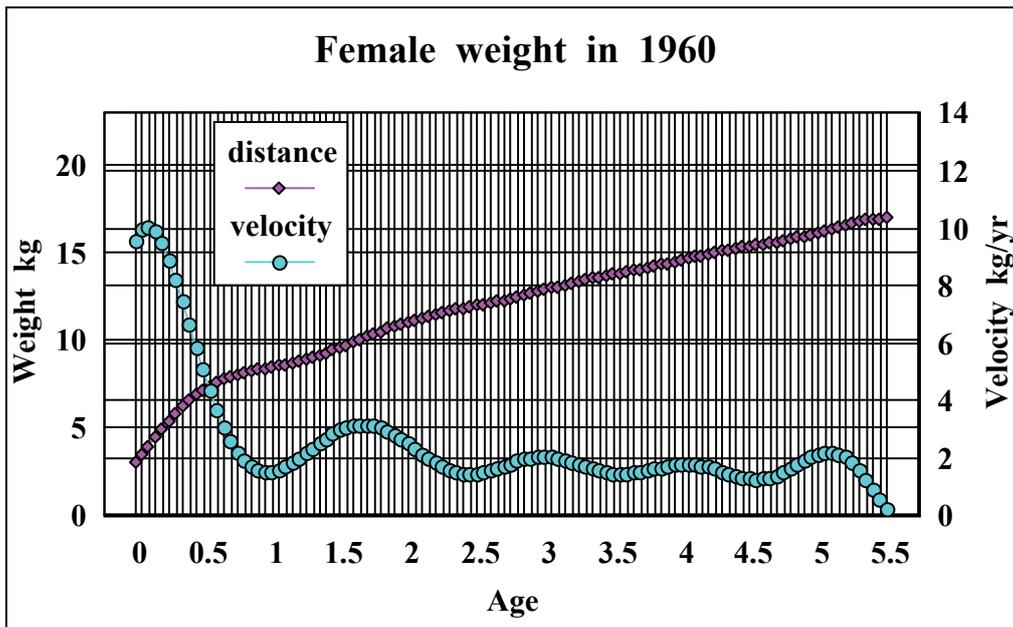


Fig 4-7 Growth distance and velocity curves in weight from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

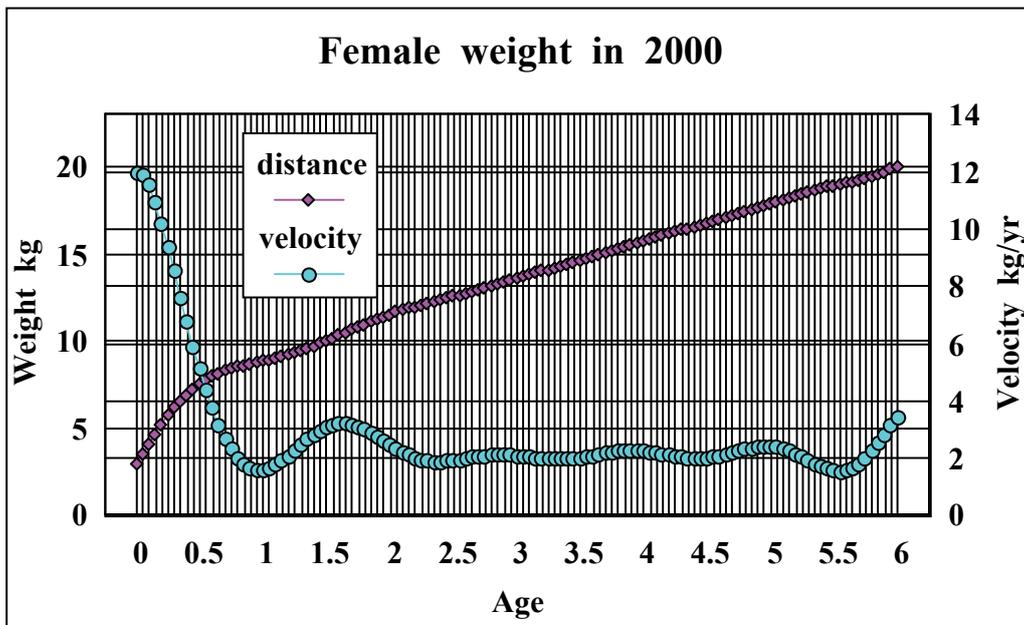


Fig 4-8 Growth distance and velocity curves in weight from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

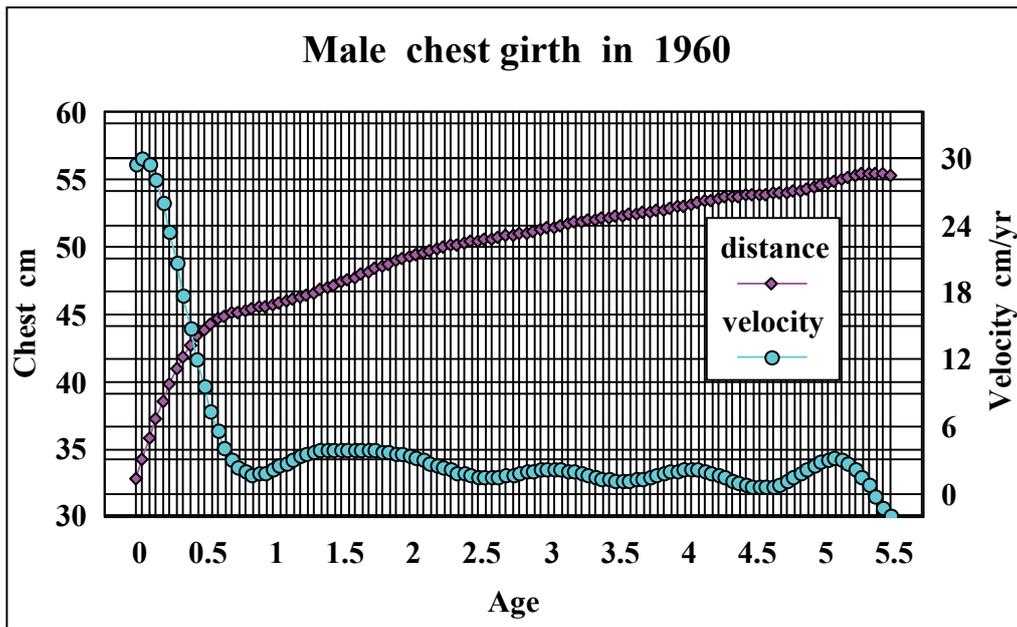


Fig 4-9 Growth distance and velocity curves in chest girth from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

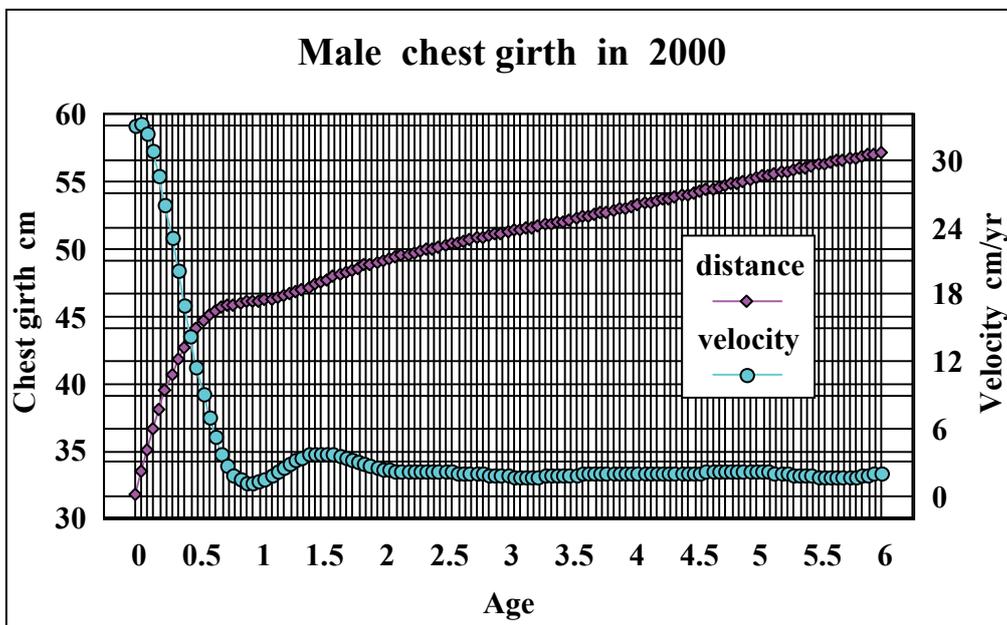


Fig 4-10 Growth distance and velocity curves in chest girth from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

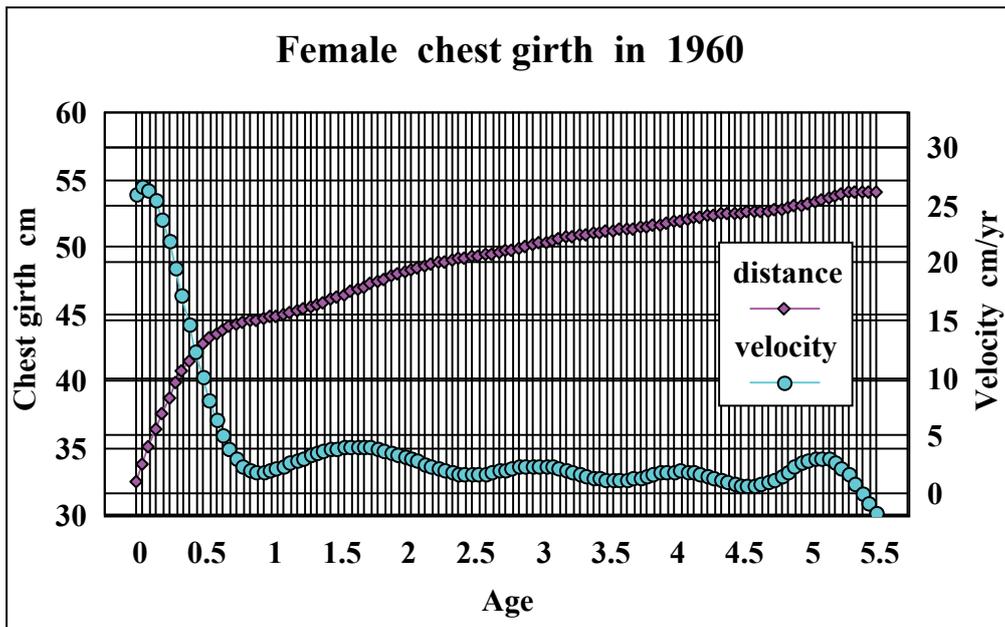


Fig 4-11 Growth distance and velocity curves in chest girth from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

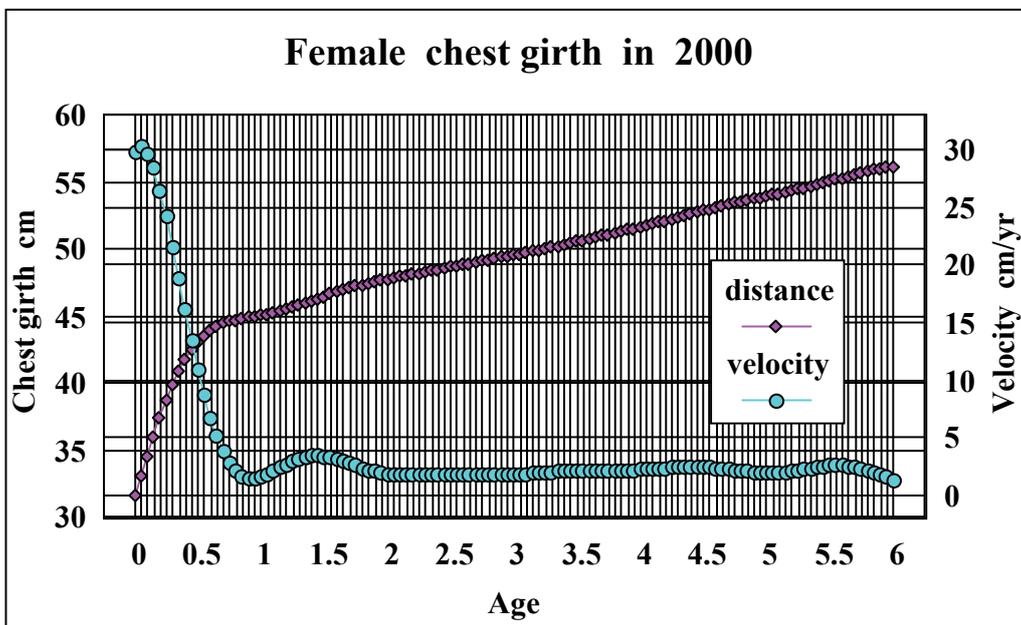


Fig 4-12 Growth distance and velocity curves in chest girth from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

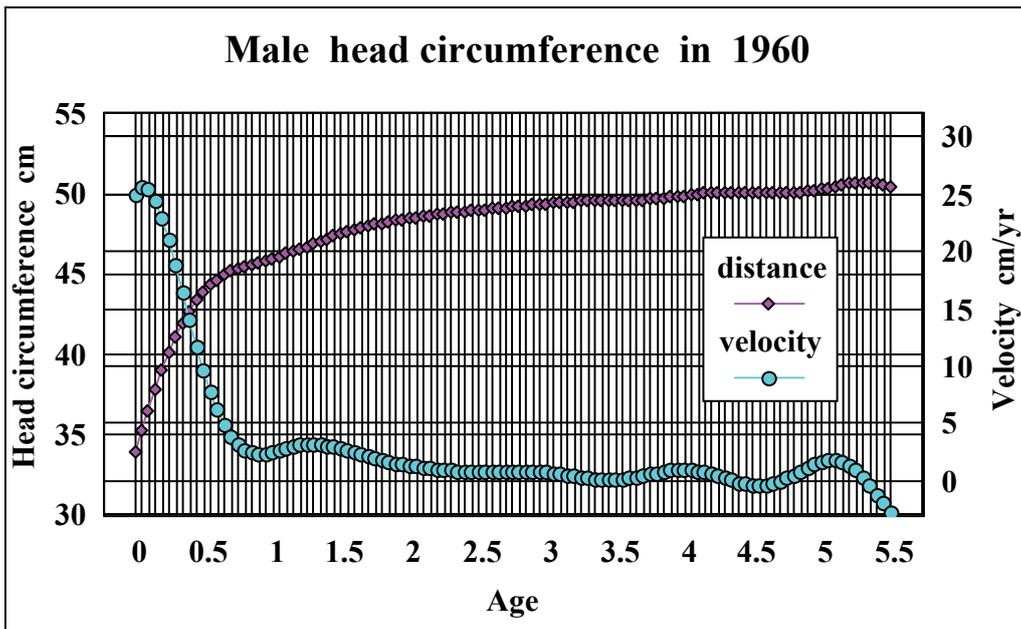


Fig 4-13 Growth distance and velocity curves in head circumference from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

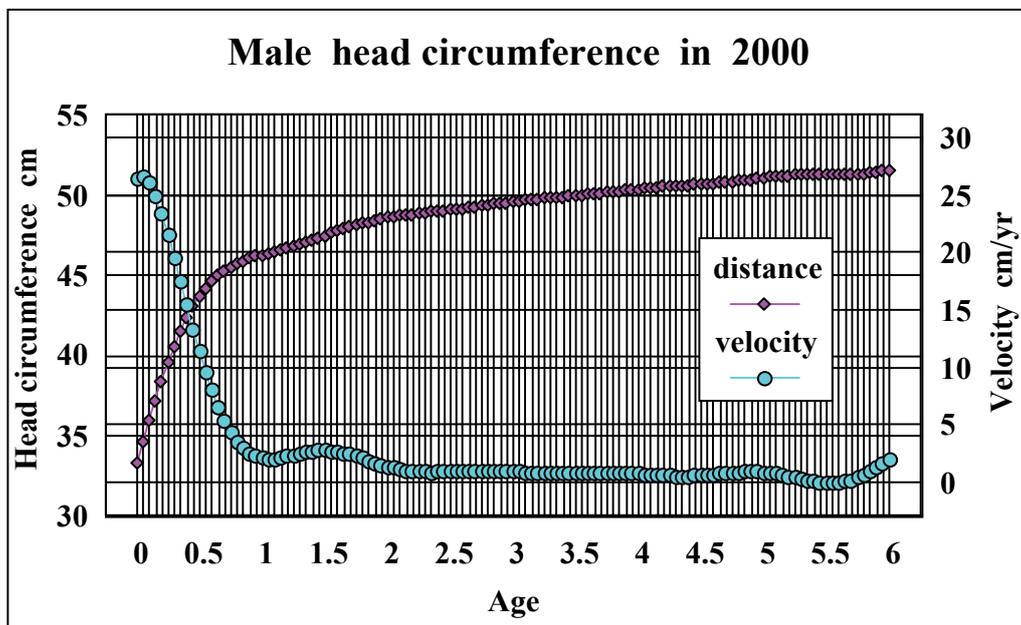


Fig 4-14 Growth distance and velocity curves in head circumference from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

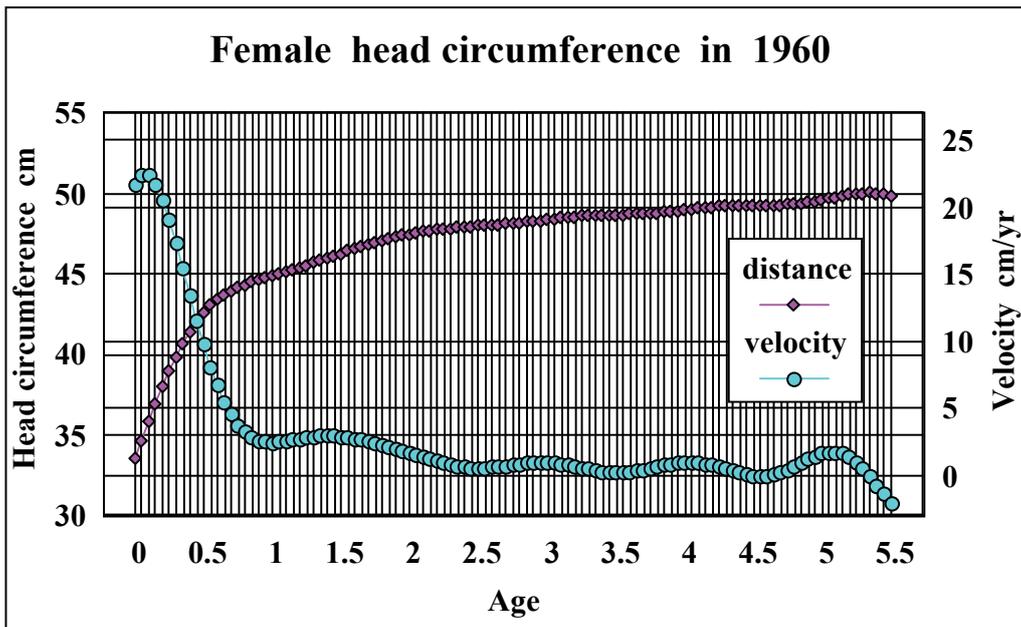


Fig 4-15 Growth distance and velocity curves in head circumference from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

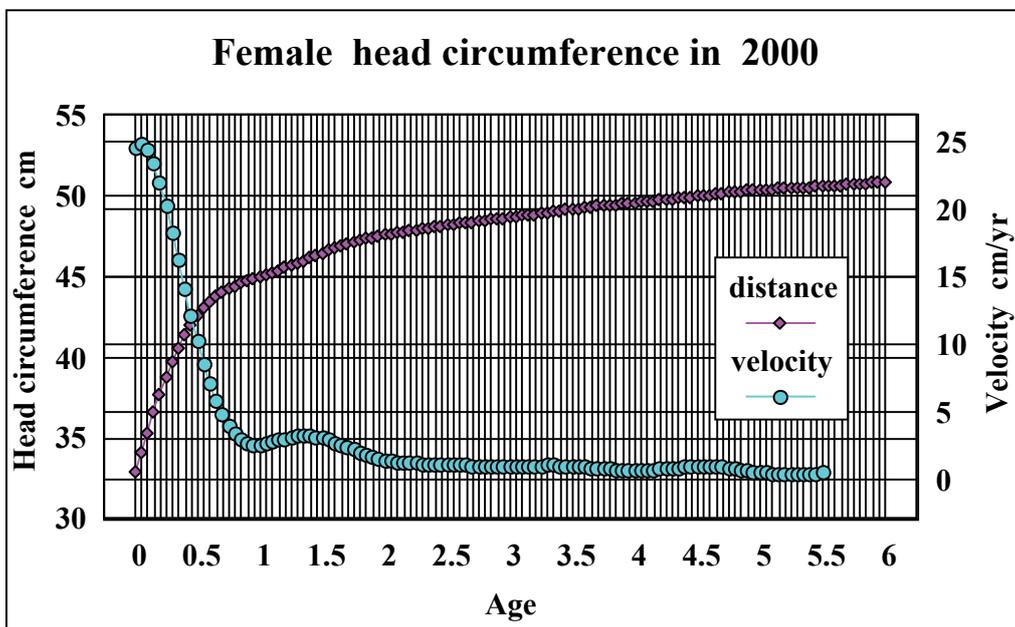


Fig 4-16 Growth distance and velocity curves in head circumference from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

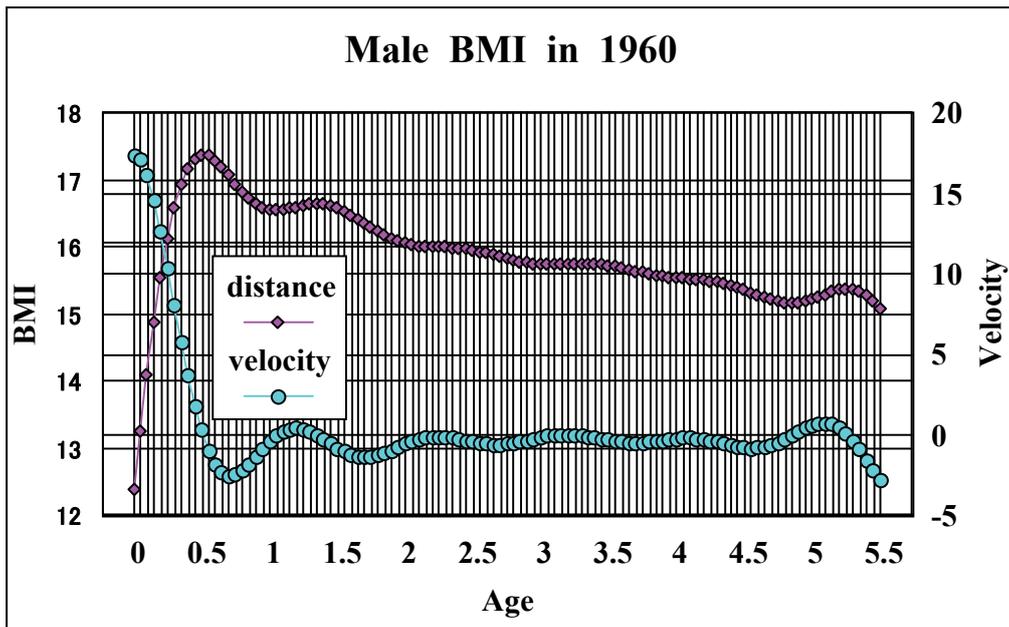


Fig 4-17 Growth distance and velocity curves in BMI from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

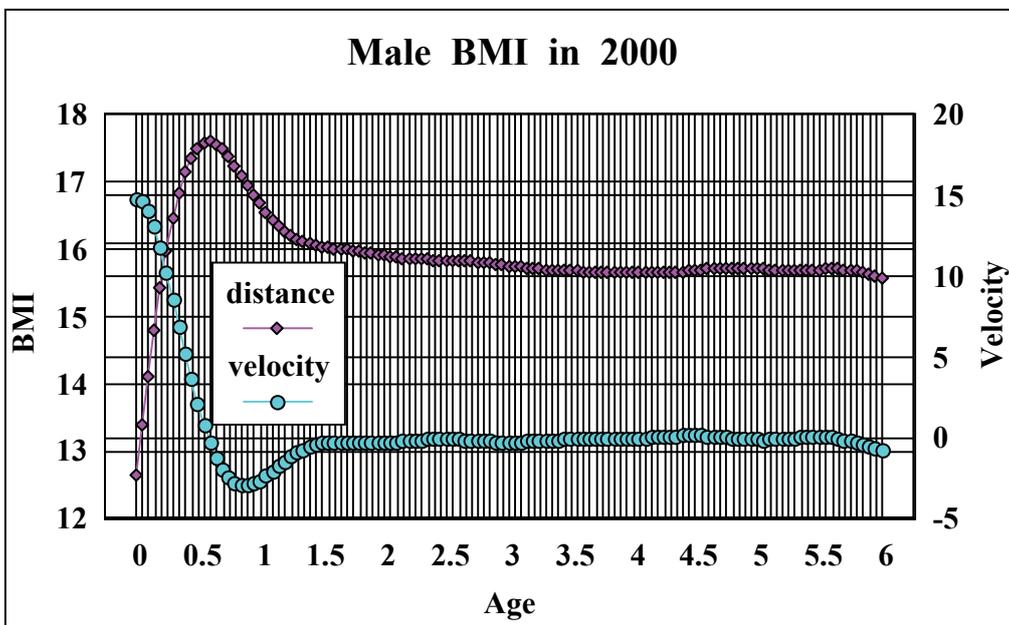


Fig 4-18 Growth distance and velocity curves in BMI from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

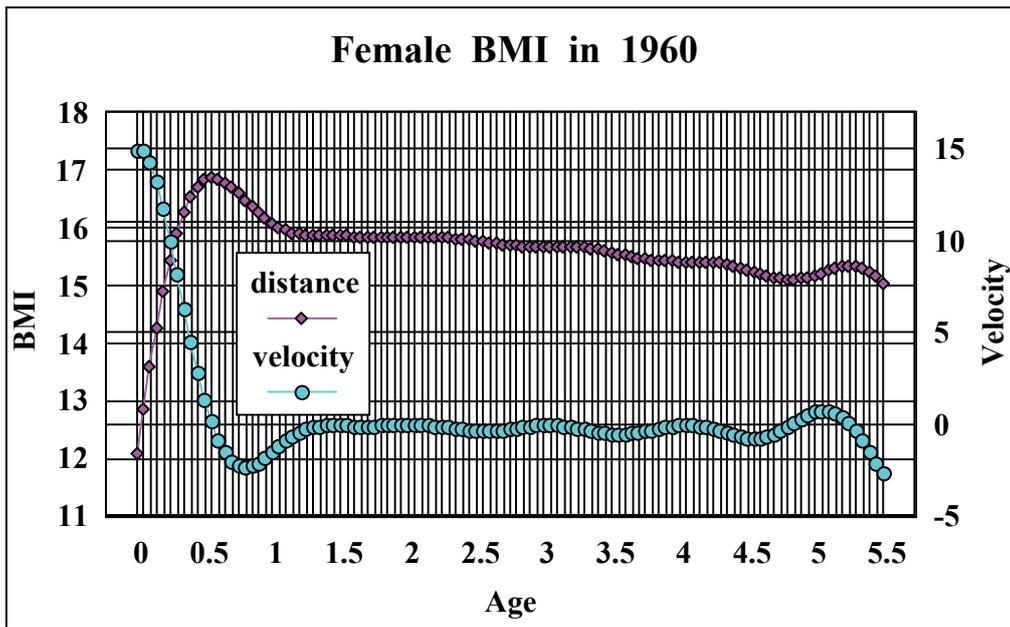


Fig 4-19 Growth distance and velocity curves in BMI from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

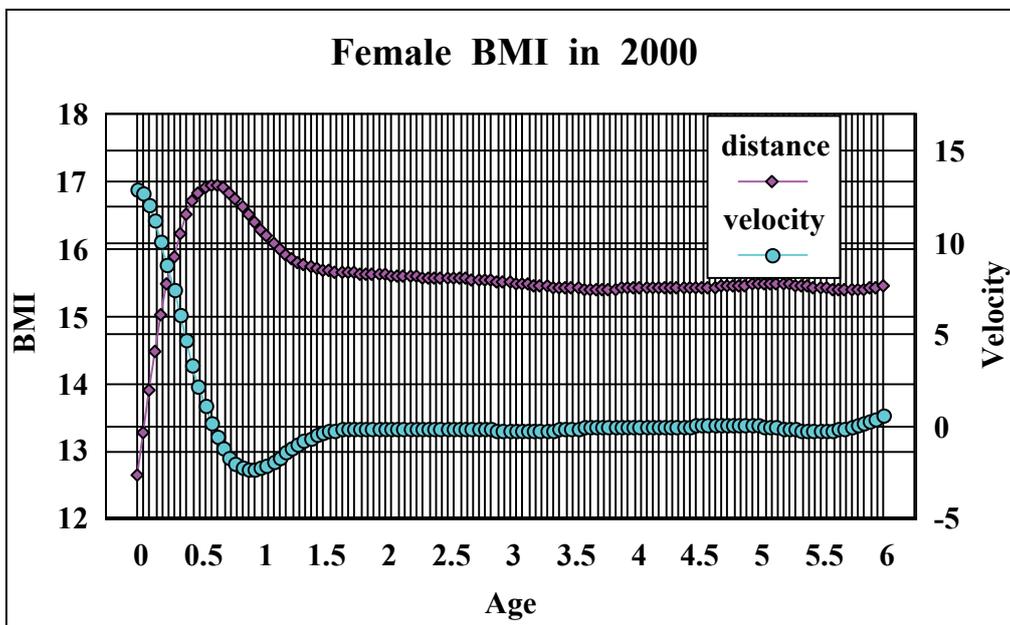


Fig 4-20 Growth distance and velocity curves in BMI from 0 to 6 years by wavelet interpolation method

第五章

検討課題Ⅱ

ウェーブレット補間法から
導かれる韓国人女子 BMI の
加齢変化曲線から導かれる
初経発来臨界期の構図

第1節 本章の目的

BMI(Body Mass Index)は、通常医学的には肥満の程度を表す指標として国際的にも広く活用されている指数である。この指数は身長と体重の数値から導かれたもので体脂肪量は当然考慮されていない。しかし、体脂肪量と相関する指数とみなされ(Garrows and Webster, 1985)、肥満を判定する指標としては簡便で安定しているといえる。肥満の程度を表す指標としては他に Rohrer 指数{(体重 g/(身長 cm)³×10⁷}、Livi 指数[Benn 指数、Ponderal 指数: {(体重 g^{1/3})/身長 cm×10²}]、Kaup 指数{体重 g/(身長 cm)²×10}等があるが、この内 Kaup 指数は幼児期において、Rohrer 指数は学齢における肥満判定にそれぞれ適用される場合が多い。

BMI に関しても経年変化を扱った報告はないが、実は BMI は他の事象や要素とも関連を持ち、例えば白内障は BMI が大であるとなりやすいことが Glyma et al(1995)、Hiller et al (1998)によって報告されている。さらに、老年期痴呆患者の入院後における BMI の低下が綿貫ら (1998)により報告され、老年痴呆患者のケアの判断基準としての有効性が示唆されている。このように、BMI は単に肥満を判定する指標だけに留まらず、臨床面における問題解決の指針としての意味も有している。

一方で BMI は初経発来を目安とされる場合がある。Frisch and Revelle (1970)、Frisch (1976)によれば初経発来には一定量の体脂肪量が必要である。Garrows and Webster (1985)による体脂肪量との相関指標であるとする報告を考慮すれば、BMI は体脂肪量を目安となり、ある程度初経発来の予測が可能と考えられる。しかしながら、初経発来を目安を導くためには、初経時の BMI、すなわち身長と体重値が必要となるわけだが、従来までの研究ではこの初経時の身長と体重を求めるために、本人の記憶によるか、初経発来日における学年の身長、体重値に、年間増加量×(4月から初経年齢時までの月数/12ヶ月)を加えた方法が採用されていた。Frisch and Revelle (1970)も Interpolation による方法で初経時の身長、体重を推定している。

このような方法では、単に与えられた発育現量値間を直線的に補間したにすぎず、真の身長、体重の発育曲線を近似するための理論的根拠を備えた手法と

は言えず、初経時の身長、体重を近似するためには妥当ではない。そこで、藤井と山本(1995b)、Fujii and Mtsuura (1999)が提唱したウェーブレット補間法を身長と体重の縦断的発育データに適用することでこのような問題は解決できると考えた。つまり、ウェーブレット補間法によって身長と体重の発育現量値を近似的に記述することが出来るため、初経時の身長、体重値を特定することができる。そこで、BMIの加齢変化を検討するために、BMIの加齢変化に対してウェーブレット補間法を適用した場合、初経年齢時のBMIは特定でき、さらにBMIの加齢変化と初経年齢との対応関係を導くことができる。つまり、BMIの加齢変化速度は体脂肪量の増大速度を推定していると仮定した場合、この増大速度は初経発来に対する体脂肪量の臨界期を推定する目安と仮説される。本研究における臨界期の意味は、女子の身体が思春期に入り感受性が亢進する特定の時期として、初経が正に発来しようとしている一生に一度の時期と考える。したがって、初経発来が臨界期を過ぎても生起しなければ、初経遅延の現象も検出できる可能性がある。特に臨界期を過ぎても生起しない初経の遅延はストレス性による初経遅延の推測が可能となる。それはスポーツ選手の場合のように、除脂肪量の増大による初経遅延であれば体脂肪量が臨界期に達しておらず、結局、臨界期そのものが遅れることになる。しかし、臨界期を過ぎても初経発来がないということは、何らかのストレスが関与していることを示す証左と考えられる。このような場合は一般女子に対しても適用することができる。

このようにBMIのMPV(最大加齢速度: Maximum Peak Velocity)年齢を特定することは、初経発来に対する新たな目安が構築されることになる。藤井(2006c)は日本人一般女子を対象にすでに解析を実施し、BMIのMPV年齢が初経発来の臨界期であることを提唱した。そこで、本研究は同じアジア人であり、モンゴロイドである韓国一般女子についてBMIの加齢変化をウェーブレット補間法から導き、初経発来に対する脂肪量の臨界期を検証しようとした。そしてさらに、本研究によって藤井(2006c)が日本人女子で検証した論理の妥当性を韓国人女子で再度検討するものである。

第 2 節 方法

1. 対象

対象は韓国釜山近郊の一般高校 2 年生女子 345 名であり、アンケート調査により生年月日と初経年齢を把握した。また、韓国で行われている健康診断票を後方視的に調査し、小学校 1 年(7 歳)から高校 2 年(17 歳)(1996 年から 2008 年)までの身長と体重の縦断的発育資料を得た。これらの身長、体重の縦断的測定値から小学校 1 年から高校 2 年までの各学年における BMI を算出した。

尚、韓国の一般高校においては、定期的な運動部の活動は実施されておらず、初経年齢前後における運動経験はほとんどないことを留意されたい。初経年齢調査についてはインフォームドコンセントを踏まえて施行された。

2. 解析手法

ウェーブレット補間法は、与えられた発育データから真の発育曲線を近似的に記述するために、データとデータをウェーブレット関数(基底関数は Meyer の mother wavelet)によって補間し、発育現量値曲線を描き、その描かれた現量値曲線を微分して得られた発育速度曲線を導き、思春期ピークや初経年齢時の発育現量値を調べる方法である。ウェーブレット補間法の特性は、局所的事象を敏感に読み取り、近似の精度が極めて高いことである。その理論的背景の詳細や有効性の根拠については先行研究 (1995)(1999)ですでに述べてあるので、ここではウェーブレット補間法によるデータ解析のアルゴリズムについては割愛する。

ウェーブレット補間法を 7 歳から 17 歳までの BMI の加齢現量値に対して適用する。そして、描かれた加齢現量値曲線を微分して導かれた速度曲線から MPV(Maximum Peak Velocity)年齢を特定する。この BMI の MPV 年齢は思春期における最大加齢変化速度年齢のことで、特にウェーブレット補間法から導かれた BMI の加齢現量値およびその微分である変化速度は、基本的にはウェーブ

レット関数から算出され、その手続きは Unix-workstation の Sunflare によって計算されている。それによって初経年齢時の BMI が算出でき、また、BMI の MPV 年齢時における BMI 値も算出が可能になる。これによって、初経年齢と BMI の MPV 年齢との関係を検証する。

3. 解析の手続き

- 1) 韓国人女子高校生の7歳から17歳までの身長と体重からBMI値を算出する。
- 2) 韓国人女子高校生の7歳から17歳まで算出されたBMI値に対して1歳刻みでウェーブレット補間法を適用してBMIの加齢現量値曲線を描く。
- 3) 2)で得られた7歳から17歳までのBMIの加齢現量値曲線を微分して加齢変化速度曲線を導き、得られた速度曲線から最大発育速度(Maximum Peak Velocity : MPV)年齢を求める。
- 4) BMIの加齢現量値曲線および加齢変化速度曲線からBMIの加齢変化を検証し、初経年齢の対応関係を検討する

第3節 結果

1. BMIの平均的加齢変化

BMIの小学校1年(7歳)から高校2年(17歳)までの平均加齢現量値に対してウェーブレット補間法を適用して描かれた現量値曲線グラフを Fig 5-1 に示した。小学校1年のBMI約15から高校2年のBMI約21までの加齢変化が近似的に描かれ、BMIの平均加齢現量値曲線は、シグモイド型というよりはやや直線的に漸増する傾向であった。次にBMIの加齢変化速度曲線をみると、身長や体重の場合と同じように思春期のピークが示され、思春期におけるBMIの加齢変化速度の最大速度(MPV: Maximum Peak Velocity)の出現が認められた。このグラフにおけるBMIの最大加齢変化速度が出現した年齢、つまりMPV年齢を特定すると13.2歳であり、初経年齢の平均値12.4歳のほうが約1年早く、BMIのMPV年齢が生じていた。しかし、これは平均的なデータであるため、個々のデータについて解析する必要がある。

2. BMIの個々の加齢変化と初経年齢との関係

Fig. 5-2は、個々におけるBMIの加齢現量値に対してウェーブレット補間法を適用して描かれた1つのサンプルグラフである。加齢現量値曲線は漸次増加傾向を示し、速度曲線からは思春期のピークであるMPVの出現が認められた。そこで、被験者263名全てについて、BMIの加齢現量値に対してウェーブレット補間法を適用し、測定日および個人の誕生日を考慮したBMIのMPV年齢を導いた。その結果、BMIのMPV年齢の平均は 12.8 ± 1.6 歳、初経年齢は 12.3 ± 1.1 歳となり、個々でBMIのMVP年齢を導いた場合には、初経年齢がBMIのMPV年齢よりも0.4歳早まる傾向が示された。このことをさらに明確に示すために、BMIのMPV年齢と初経年齢の分布(Fig 5-3)からBMIのMPV年齢および初経年齢の正規性を正規分布関数より導いた。以下に両者の正規分布関数を示す。

初経年齢

$$f(x) = \frac{0.5 \times 263}{\sqrt{2\pi} \times 1.10} e^{-\frac{(x_i - 12.34)^2}{2(1.10)^2}}$$

BMI の MPV 年齢

$$f(x) = \frac{0.3 \times 263}{\sqrt{2\pi} \times 1.60} e^{-\frac{(x_i - 12.76)^2}{2(1.60)^2}}$$

以上の正規分布関数から χ^2 値を算出すると、BMI の MPV 年齢においては 32.9、初経年齢では 18.0 となり、両者において正規分布関数に良く適合することが認められた。したがって、初経年齢および BMI の MPV 年齢はばらつきに多少の違いがあるものの、ともに正規性をもった分布を示すことが確認された。

3. BMI の MPV 年齢と初経年齢とのズレ(interval)に関する検討

BMI の MPV 年齢と初経年齢とのズレ(interval)の統計値および分布グラフを Table 5-1 と Fig 5-4 に示した。初経年齢と BMI の MPV 年齢のズレ(interval)は -0.42 ± 1.6 歳となり、初経年齢と BMI の MPV 年齢との間には有意差が認められた。つまり、初経年齢が BMI の MPV 年齢よりも早いことが示された。そして、このズレにおける分布(Fig 4)の正規性は以下に示される正規分布関数より導かれる。

BMI の MPV 年齢と初経年齢のズレ(interval)

$$f(x) = \frac{0.3 \times 263}{\sqrt{2\pi} \times 1.60} e^{-\frac{(x + 0.42)^2}{2(1.60)^2}}$$

以上の正規分布関数より、 χ^2 値は 8.14 となり、その正規性の妥当性は認められた。藤井 (2006)による日本人女子の場合では、初経年齢は 12.11 歳 \pm 0.93、BMI の MPV 年齢は 11.96 歳 \pm 0.97 で、両者のズレは 0.15 歳 \pm 0.81 で有意差は認められず、BMI の MPV 年齢が初経発来時期と推定された。しかし、韓国人女子を同じモンゴロイドと見なせば、初経発来は BMI の MPV 年齢から判断すると少し早まっていると推測される。

4. BMI の MPV 年齢時における BMI 値について

Table 5-1 より、BMI の MPV 年齢時での BMI をみると 19.0 \pm 2.6 となり、また、初経年齢時の BMI は 19.2 \pm 2.7 で、両者の BMI 値における平均値の差の検定では有意差は認められなかった。よって、BMI の MPV 年齢と初経年齢間に若干の差が認められているが、両年齢時の BMI 値は変わらないことが示された。

第4節 考察

BMI(Body Mass Index)は元々Quetelet (1835)が創り出した体格指数であるが、現在でもこの指数が何を意味しているのかは良く分かっていない。しかしながら、肥満の程度を表す指標として活用された背景には Key et al (1972)の研究がある。もちろん、BMI は身長と体重の数値から導かれたもので、体脂肪量は当然考慮されていない。そこで、彼は BMI が体脂肪率や肥満度と高い相関を示すことを明らかにし、身体組成研究分野に重要な指標と位置づけたのである。この知見以外にも、BMI と白内障との関連を報告した研究²⁾³⁾にもあるように、他の事象との関連から問題解決への指針としての意味も有する。Teramoto et al (1999)、乙木ら (1999)、Komiya et al (2000)は幼児期の身体組成の分布から体脂肪分布に関する性差を検討した。さらに、Garrow and Webster (1985)は Key et al (1972)の知見を一步進め BMI における体脂肪率の指標としての意味を提唱した。しかしながら、本研究で問題とした BMI の加齢変化から他の事象との関連を導こうとした報告はない。

渡辺と上田 (1982)のカウプ指数の追跡研究として体型の変化を乳児期から児童期までどのように変化していくかを検討した報告がある。しかし、基本的にはカウプ指数は BMI とおなじであるが、BMI の直接的な加齢変化を扱ったわけではない。これら報告は BMI の加齢変化が身長発育のように思春期ではあまり変化を示さないために、生のデータをそのまま扱う作図法(graphic method)ではその変化を明瞭に解析することが出来ないと考えられる。そこで、このような問題点を克服する手法として藤井と山本(1995b)、Fujii and Matsuura (1999)が提唱したウェーブレット補間法を適用したわけである。したがって、本研究では BMI の MPV 年齢をその加齢変化からウェーブレット補間法によって決定し、その BMI の MPV 年齢と初経年齢との関係を検討した。その結果、平均としての BMI の加齢変化をみると(Fig5-1)、明らかに BMI の加齢変化速度において思春期ピークが現れている。そして、BMI の MPV 年齢と初経年齢が比較的重なっているようである。このような知見は藤井(2006c)が日本人女子で確認しているが、韓国人女子においても初経発来に対する体脂肪率の臨界期を提示する証

左と推測される。しかし、平均グラフであるため個々について解析する必要がある。

そこで、個々に BMI の加齢変化をウェーブレット補間法によってグラフに描いた結果、Fig 5-2 のようなグラフが示された。個人によっては数個ピークが示される場合があるが、BMI の加齢変化速度における思春期ピークは MPV(maximum peak velocity)として特定されることが可能である。したがって、個々に算出された BMI の MPV 年齢およびその年齢と初経年齢とのズレ(interval)の統計値から判断すると、BMI の MPV 年齢より初経年齢の方が 0.42 歳ほど早くなっていることが示された。さらにこの結果を検証するために、BMI の MPV 年齢およびその年齢と初経年齢とのズレの頻度分布が正規性を示すかどうか検討し、その両者の頻度分布を比較検討した。その結果、BMI の MPV 年齢と、その年齢と初経年齢とのズレの頻度分布は正規性が認められ、BMI の MPV 年齢と初経年齢の頻度分布は僅かに初経年齢が早くなっていることが明確化された。この点に関して、藤井 (2006c)による日本人女子の場合では、初経年齢は 12.11 歳 \pm 0.93、BMI の MPV 年齢は 11.96 歳 \pm 0.97 で、両者のズレは 0.15 歳 \pm 0.81 で有意差は認められず、BMI の MPV 年齢が初経発来時期と推定された。しかしながら、同じモンゴロイドでこのような差違が示されたことは恐らく韓国人女子の初経発来のメカニズムに何らかの問題が推測される。つまり、韓国人女子の初経発来は BMI の MPV 年齢から判断すると少し早まっていると推測される。

藤井ら(2010)は一般の女子における初経遅延後の月経状態と運動実施状況について、初経遅延評価システムを適用することによって検証した結果、初経が早まる初経早経についてある仮説を提唱した。それは、古屋と佐藤(1994)によれば、近年注目されてきたメラトニンの作用の 1 つにゴナドトロピン {性腺刺激ホルモン(Gonadotropin)は卵胞刺激ホルモン:FSH(follicle stimulating hormone)と黄体形成ホルモン:LH(luteinizing hormone)がある)の抑制作用があるが、このことが初経発来に何らかの影響を与えていると報告している。そして、この知見を引用すれば、メラトニンの異常による血中濃度の低下がゴナドトロピンの増加を促進し、結果的に初経が早まるという仮説が推測できる。特に、メラトニンの異常による仮説については、現在、我が国の教育システムの厳しさが

学齡期の子どものサーカディアンリズムを狂わし、生活状況に深刻な影響を与えている。そこにメラトニンの異常が関与するのではないかと推察されるのである。実は、韓国の教育システムは日本以上に厳しい実態が報告されている。辛ら(2009)によれば、韓国の高校生は、現在の韓国における大学入試制度を基盤とした生活スタイルが目立ち本人の意志や意欲に関わらず教育制度や環境による制約が大きいと述べている。つまり、初経発来前後の中学生を含め、入試を主とした教育政策が中学、高校生の勉強に対する大きなプレッシャーとなり、一流大学への入学に対する精神的ストレスを与えているのである。つまり、思春期における一般韓国人女子の生活スタイルは大学入試の準備のために、深夜まで学習塾で勉強し、早朝から学校に行くパターンを形成している。そのために慢性的な睡眠不足に陥り、韓国人女子の思春期におけるサーカディアンリズムを狂わしている可能性がある。このような韓国の現状を考えると、メラトニンの異常仮説を否定できないかもしれない。しかしながら、本研究はこの仮説を立証するまでには至っていない。いずれにせよ、BMIのMPV年齢は体脂肪が正に増大しようとしている時期であり、初経年齢が僅かに早くなっていたとしても初経発来の臨界期と推定できよう。

もともと限界体重説は Frisch and Revelle(1970)が提唱した理論で、一定の体重になることが初経発来のトリガーとして働くというものである。しかし、実際は初経発来時の体重であり、この体重を推定する手法上の問題があるのである。よって、この説はすぐ後に Johnston et al (1971)も再度検証をしている。そして、Johnston et al (1975), Trussell (1980)によってこの説は論議されたが否定され、体重の代わりに脂肪が取り上げられ、限界脂肪説として提唱された。限界体脂肪量は体脂肪率で表され、17%が目安とされている。しかしながら、体脂肪率の加齢変化が検討されたわけではなく、初経時の体脂肪率はあくまでも推定値として考えられている。

いずれにせよ、韓国女子における BMI の MPV 年齢は初経年齢と密接な関係があり、BMIのMPV年齢を藤井(2006c)が示した初経発来の臨界期とみなせば、初経遅延や初経早経を判断することも可能である。したがって、BMI の MPV 年齢の推定は、その年齢時点での BMI 値を求めることによって得られることになる。また、初経年齢時の BMI 値を推定することも初経発来を目安として重要

な指標となる。このように BMI の加齢変化をウェーブレット補間法によって記述することにより、BMI の MPV を検証できた新たな知見を提唱することになろう。

第5節 結 論

本研究は韓国人女子におけるBMIの小学1年から高校2年までの加齢変化に対してウェーブレット補間法(WIM)を適用し、BMIの最大加齢変化速度(MPV)年齢を特定することにより、初経年齢との関係を検証するものである。韓国釜山地区における韓国一般女子高校2年生263名を対象に、初経年齢と運動実施状況をアンケート調査によって得た。小学1年から高校2年まで(1996年から2008年まで)のBMIの現量値に対してウェーブレット補間法を適用し、BMIのMPV年齢が特定された。BMIのMPV年齢の平均は 12.7 ± 1.6 歳、初経年齢は 12.4 ± 1.1 歳で、両者の年齢のズレ(interval)は -0.42 ± 1.6 歳となり、初経年齢とBMIのMPV年齢の間には有意差($P < 0.05$)が認められた。そして、BMIのMPV年齢は初経年齢より少し遅かったことが示された。このことは、思春期における韓国人女子の生活スタイルが大学入試の準備でストレスが多く、そのために慢性的な睡眠不足に陥り、サーカディアンリズムを狂わすことによってメラトニン異常が仮設される。その結果として、初経が早まることが推測される。したがって、日本女子ではBMIのMPV年齢は初経発来の臨界期と見なしたことを考慮すれば、韓国人女子のBMIのMPV年齢は初経年齢より遅いが、初経年齢の臨界期として妥当であると推測できる。さらに、初経年齢時のBMI値、BMIのMPV年齢時のBMI値は初経発来の目安として提唱される。

第 6 節 図 表

Table 5-1 Mean value and standard deviation about age at menarche and age at MPV of BMI

	mean	SD
age at menarche	12.33	1.1
age at MPV of BMI average	13.2	/
age at MPV of BMI individual data	12.76	1.6
interval between age at MPV of BMI and age at menarche	0.43	1.6
BMI of age at MPV	19.0	2.6
BMI of age at menarche	19.2	2.6

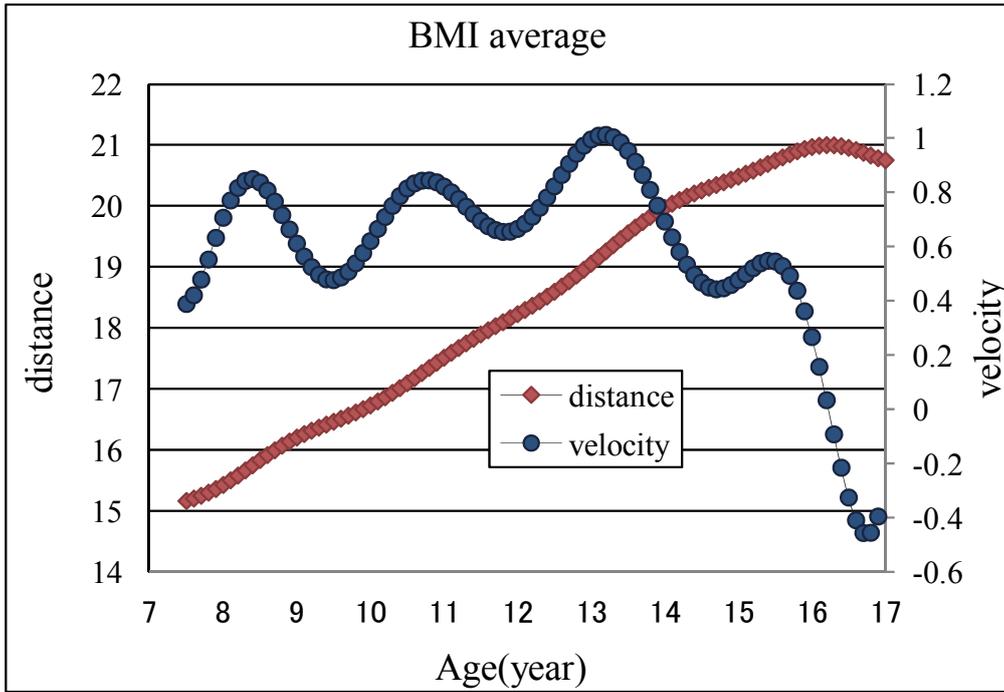


Figure 5-1 Distance and velocity curve for BMI of average data from 7 to 17 years

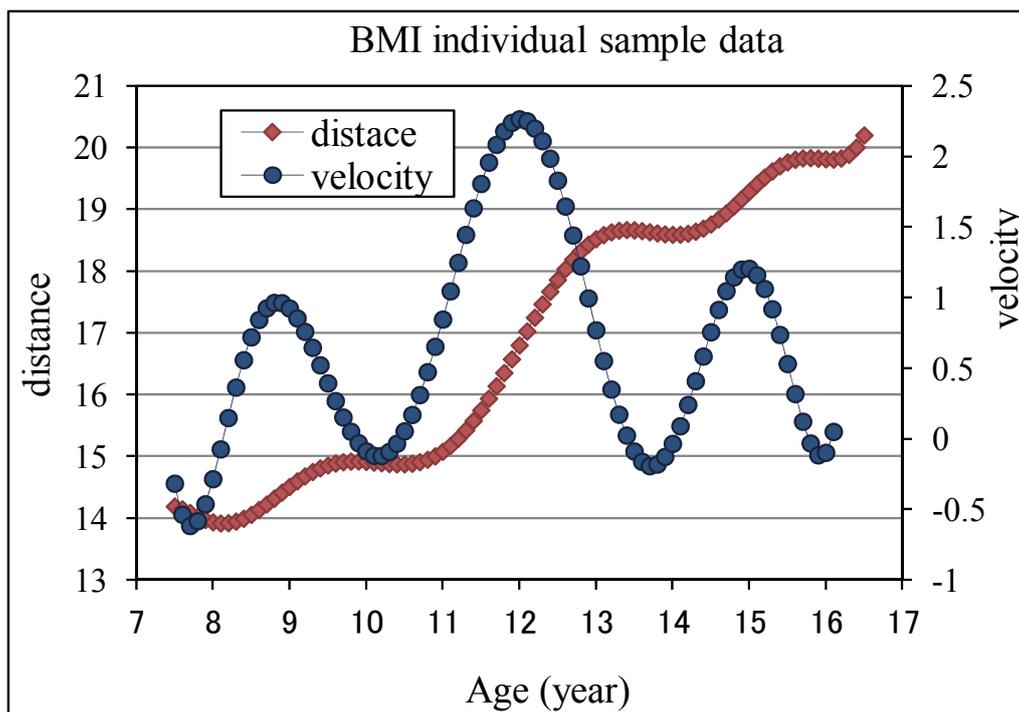


Figure 5-2 Distance and velocity curve for BMI of one individual sample data from 7 to 17 years

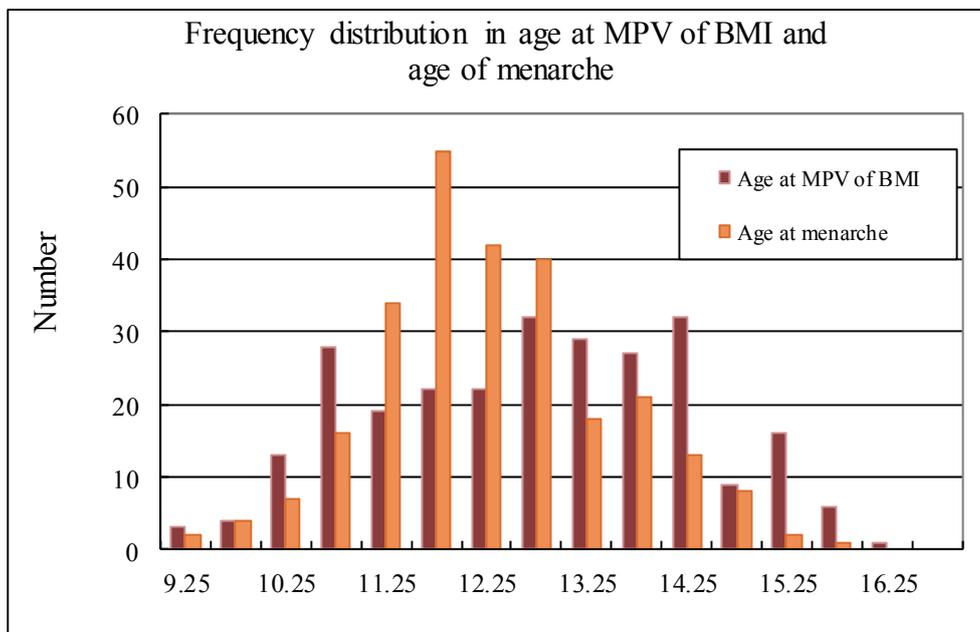


Figure 5-3 Frequency distribution in age at MPV of BMI and age of menarche

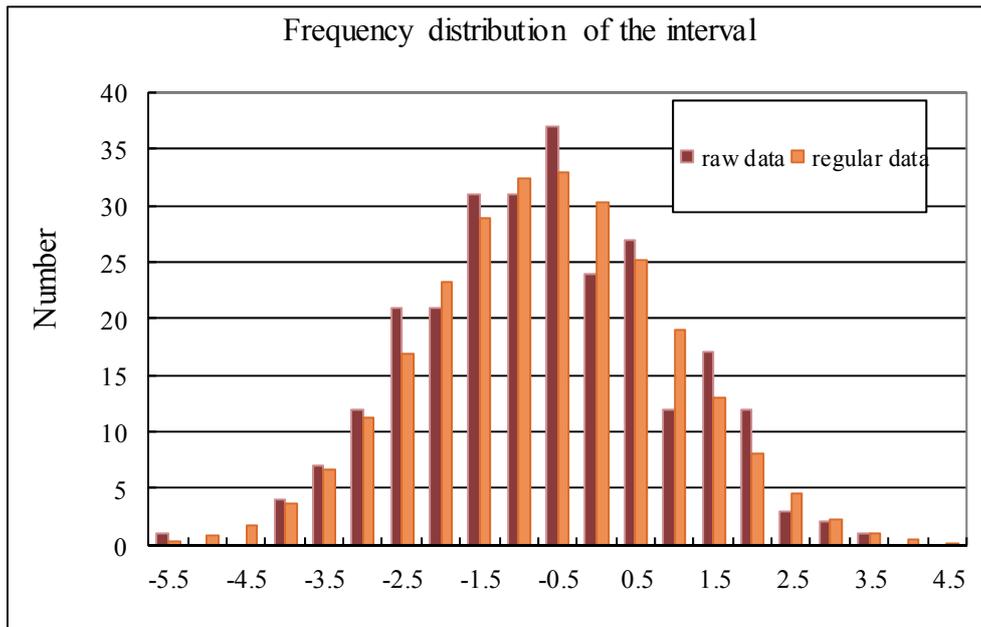


Figure 5-4 Frequency distribution of the interval between age at MPV of BMI and age at menarche

$$f(x) = \frac{0.3 \times 263}{\sqrt{2\pi} \times 1.60} e^{-\frac{(x_i - 12.76)^2}{2(1.60)^2}}$$

$$f(x) = \frac{0.5 \times 263}{\sqrt{2\pi} \times 1.10} e^{-\frac{(x_i - 12.34)^2}{2(1.10)^2}}$$

$$f(x) = \frac{0.3 \times 263}{\sqrt{2\pi} \times 1.60} e^{-\frac{(x + 0.42)^2}{2(1.60)^2}}$$

第六章

検討課題Ⅲ

韓国人男子中学生における BMI に対する筋肉率の回帰評価に基づく
体力の検証

第1節 本章の目的

体力の低下傾向について、日本では、西嶋(2002)(2003)が文部科学省の統計調査をもとに児童・青少年の体力低下を検討している。確かに、1980年から85年をピークに体力の低下が示され、現在でもその歯止めは掛かっていないようである。このような問題は西嶋以外にも青山(1994)、加賀谷(1997)、脇田(1996)(1997)によっても検討されている。八田(2002)、佐々木(2002)、松元(2002)は大学生の体力の年次推移を検討し、テスト項目によっては停滞傾向もあるが、全般的には1985年以降低下傾向にあることを指摘している。

一方、韓国でも体格は向上しているにも関わらず青少年の体力低下が問題となっている。Tomkinson ら(2007)は、1968年から2000年における6歳から18歳までの韓国人児童・生徒のデータを分析したところ、1968年から有酸素能力は低下し続けており、一方でBMIは増加していることを報告している。現在、韓国ではかつての日本と同じように大学受験が激化しているが、日本と異なるのは生活パターンが入試を主体とした教育制度や環境による影響が強いことである。韓国統計庁(2005)による2004年度的生活時間調査結果によると、高校生では1日10時間程度を学習や通学に使用しており、その中で学習時間は9時間程度となっている。しかし、体育の授業は選択制を取っており年間4単位しか取れず、身体活動の時間は著しく少なくなっている。さらに余暇時間は3.5時間程度であるが、この中でパソコンやインターネット、テレビの使用時間は半分程度を占めることが報告されている。このような生活状況の中で脂肪や糖分の過剰摂取、女子の過激なダイエット指向といった生活習慣も体力低下の要因と指摘される。韓国では、1951年から行われてきた小学校5年生から高校3年生までを対象とした「学生身体能力検査」という体力検査システムがあるが、測定結果がこのような問題点の指摘と一致しているとはいえない。

BMIは肥満の指標であるが、一方で外見的に判断される体型的な肥瘦度の評価指標でもある。しかし、それは体脂肪量の蓄積度合いを表したものではなく、筋肉量が多くても肥満と判定されてしまう。Fujii et al (2008)、田中、藤井ら(2009)はBMIに対する体脂肪量の多項式回帰分析から、韓国中学生の形態的質

の違いによる体力を検討し、脂肪が体力に対してネガティブに作用していることを明確にした。確かに脂肪が体力を低下させることは当然の事象と考えられるが、明確な報告はされていなかった。Fujii et al (2008)、田中、藤井ら(2009)の報告によって脂肪による体力低下の仮説の検証がなされ、韓国統計庁(2005)の報告に示されるような韓国中学生の生活状況から体力低下傾向を誘引していると推察された。しかしながら、脂肪が体力に対してネガティブな作用をする、体力を支配している組織は筋肉である。水野(1980)は体格考慮の体力判定評価チャートを考案した経緯がある。この論理は体格が大きければ体力も高水準であると言うディメンション論から派生されている。つまり体格が大きくなることは筋力も当然高くなることに基づいている。しかし、現在の体力低下傾向の状況ではディメンション論が成立していない可能性がある。そこで、本研究では韓国の男子中学生を対象に、形態的質の違いを BMI に対する筋肉率の多項式回帰分析から、つまり、BMI の割には筋肉が多い少ないによって体力にどのように影響するかを検証しようとした。そして、筋肉が正常な筋力として体力に直接的な影響を与えているかを、多項式回帰評価チャートにより分類された筋肉率の大小群における体力を比較・検討するものである。

第2節 方法

1. 対象

被験者は、韓国ソウル近郊の中学校に通う14歳男子生徒201名であった。被験者には事前に調査および測定の内容を説明し、測定参加に対する同意を得た。被験者には急性および慢性の疾患を患っている者は含まれていなかった。測定は2006年10月に実施された。

2. 体格と身体組成

身体成分は、segmental bioelectrical impedance analysis & multi-frequency bioelectrical impedance analysis 法によるボディコンポジションアナライザー (InBody 3.2, Biospace) を用いて、体重、Total body water(TBW)、筋肉量(Soft lean mass : SLM)、筋肉率、体脂肪率および体脂肪量(Fat mass)を測定した。SLMはタンパク質量を加えて算出され、筋肉率は体重に対する SLM の割合とした。体脂肪量は体重から SLM およびミネラル量を減じて算出されている。身長はデジタル身長計を使用した。BMIは体重(kg)を身長(m)の2乗で除して算出した。

3. 体力測定項目

体力測定項目の内訳については、上体起こし、長座体前屈、腕立て伏せ、20mシャトルランであった。

4. BMIに基づく体型分類

BMIに基づく体型判定を行ない、肥満度別標準帯を類別した。BMIによる肥満度のタイプ分類は、成人における肥満度判定のBMIを中学生に適用するこ

とは適切ではなく、この時期における明確な肥満もしくは痩身の判定基準がないことから、本研究では本被験者におけるBMIの平均値と標準偏差(SD)による平均値評価法を適用した。統計的な検討を可能にするために、平均値+0.5SD以上を肥満タイプ、平均値-0.5SD以上+0.5SD未満の間の者を標準タイプ、平均値-0.5SD未満を痩身タイプとして分類した。BMI平均値は22.1、SD=4.0であったため、BMI 25.1以上を肥満タイプ、BMI 19.1以上25.1未満を標準タイプ、BMI 19.1未満を痩身タイプとした。

5. BMI に対する筋肉率の回帰分析

BMIに対する筋肉率の最小二乗近似多項式による推定を試みた結果、次のような1次から3次までの回帰多項式を導くことができた。(ここで、3次までの多項式だけを適用したのは、Tanaka, Fujii et al (2008)による研究において、すでに6次の多項式まで適用した結果、2次または3次が妥当であることが示されたからである)

1次回帰多項式： $y = -0.906x + 62.526$

{但し、y は筋肉率、x は BMI}

決定係数 $R^2 = 0.5769$ 、残差平方和は 1931.80 であった。

2次回帰多項式： $y = -0.0225x^2 + 0.1317x + 50.939$

{但し、y は筋肉率、x は BMI}

決定係数 $R^2 = 0.5837$ 、残差平方和は 1900.51 であった。

3次回帰多項式： $y = 0.0105x^3 - 0.7473x^2 + 16.452x - 68.769$

{但し、y は筋肉率、x は BMI}

決定係数 $R^2 = 0.6197$ 、残差平方和は 1737.85 であった。

BMIに対する筋肉率の1次から3次までの最小二乗近似多項式において決定係数は漸次増加傾向であり、残差平方和も3次の最小二乗近似多項式が最も少なかった。AICによる結果も1次 1031.26、2次 1029.97、3次 1013.99であり、3次が最も少なく、したがってBMIに対する筋肉率の標準回帰評価の構築においては3次多項式を適用することが妥当であると判断された。

6. BMI に対する筋肉率の標準回帰評価チャートの構築

BMI に対する筋肉率の 3 次多項式による 5 段階の回帰評価チャートを構築した。評価帯は平均値 $-0.5SD$ 以上 $+0.5SD$ 未満を標準、平均値 $+1.5SD$ 以上を筋肉過多、平均値 $+0.5SD$ 以上 $+1.5SD$ 未満をやや筋肉過多、平均値 $-1.5SD$ 未満を筋肉過少、平均値 $-1.5SD$ 以上 $-0.5SD$ 未満をやや筋肉過少と設定した。この標準回帰評価チャートから BMI に対する筋肉率の蓄積度合いが判定される群間の体力が検討される。

7. 統計解析

回帰多項式が共に構成する BMI に対する筋肉率の違いに基づいて判定された体力を検証する。BMI に対する筋肉率の蓄積度合いの判定は、標準回帰評価チャートの 5 段階評価判定をもとに群を設定した。平均値 $-0.5SD$ 以上 $+0.5SD$ 未満の評価帯を標準群とし、平均値 $+0.5SD$ 以上のもの、つまり、5 段階評価でやや筋肉過多と筋肉過多の評価帯に属するものを筋肉過多群とした。また平均値 $-0.5SD$ 未満のもの、つまり、5 段階評価でやや筋肉過少および筋肉過少の評価帯に属するものは筋肉過少群とした。肥満度タイプ内におけるこれら 3 群の体力について各群間における分散分析をそれぞれのタイプ別に行った。

第3節 結果

標準回帰評価チャートから導かれる肥瘦度別筋肉率の度合いによる体力の検証をした結果、Table6-1～6-3はBMIの肥瘦度タイプ別におけるこれら3群の体力の統計値および群間における分散分析を示したものである。標準タイプで20mシャトルラン、腕立て伏せ、上体起こしに、肥満タイプでは20mシャトルランにそれぞれ有意差（ $P<0.05$ ）が認められた。痩身タイプでは群間における体力項目に差は認められなかった。さらにこれら体力項目に対し、Tukeyの多重比較検定を用いて3群間の筋肉率度合いの体力を検討したところ、標準タイプと肥満タイプの20mシャトルランにおいてすべての群間に有意差（ $P<0.05$ ）が認められ、共通して筋肉過多群、標準群、筋肉過少群の順で優れていることが示された。標準タイプの腕立て伏せ、上体起こしにおいて筋肉過多群と標準群および筋肉過少群との間に有意差（ $P<0.05$ ）が認められ、いずれも筋肉過多群が優れていることが示された。本研究で使用されたデータは4年前であるが、2007年度国民体力実態調査結果からも、最近、身体的要素において大きな変化が示されていないことから、本研究での知見は最近の情報として十分価値があるといえる。

第4節 考察

本研究において韓国人中学生ではあるが、BMIと筋肉率の回帰分析を導いた知見はそれほど多くない。藤井ら(2008)、田中ら(2008)(2009)によってBMIに対する体脂肪率の回帰評価から体力を検証した報告では、BMIのわりに脂肪蓄積度合いが多い者の体力は劣ることが示された。つまり、脂肪は体力に対してネガティブな作用をすることが明確にされたわけである。しかし北川(1999)によれば、肥満という身体的特異体型が有する体力が劣るのであって、脂肪が直接体力に影響を与えるという知見は導かれていない。脂肪は体力に対して負の作用を示すことは容易に推測できる。しかしながら、脂肪と体力の関係を直接的に論じた知見はあまりない。恐らく、身体組成と体力の関係を検討するためには多くの身体組成データが必要であり、同時に体力測定データも必要となるために、データ収集の困難さからこれらの研究が進まなかったといえる。また、肥満研究への傾倒が脂肪と体力との直接的な関係を研究する暇を与えなかったのであろう。よって、その様な意味で藤井ら(2008)、田中ら(2008)(2009)の報告は貴重なものといえる。しかしながら、本研究で採用した身体組成の計測にはBIA(Bioelectrical Impedance Analysis)法を採用している。周知のように、生体組織の電気抵抗値(生体インピーダンス)を測定することで、体脂肪量および筋肉量などの体組成を推定する。そのためには実際の脂肪量が判明していなければ電気抵抗からの推定ができない。つまり、DXA法(二重X線吸収法)によって実際の体脂肪量を測定し、電気抵抗値との回帰分析によってBIA法が確立されている。したがって、本研究における限界がここに存在する。しかし、BIA法を使用した場合、侵略的でないので多くのデータが収集でき、特に、学齢期の子どもには有効である。医学的な信頼性は少し劣るかもしれないが、健康・スポーツ科学分野ではBIA法を使用した研究も進んでいる(前田ら2007、山本ら2007、Silventoinenら2009)。

一方、脂肪と体力との関係を検討する場合、BMIと体力の相関分析から論じる方法を取る。それはBMIが体脂肪率との相関が高いことから適用されるわけである。服部(2006)は、BMIは確かに体脂肪率との相関は高いが、結局、身長と体重から導かれた体格指数にすぎず、特に発育期では身体的内部の質はBMI

には反映されない問題に注意を促している。もともとBMIが肥満判定の基準に設定された背景は、Keys et al (1972)やGarrow and Webster (1985)の知見によって、BMIと体脂肪率との相関が非常に高いことがその理由になっている。これによって、世界保健機構 (WHO) では成人の肥満指標として、BMI、25以上をpreobeseとし、30以上をobeseと設定している。あくまでも成人の指標であって、発育期には当てはまらない。それは、身体組成を除脂肪量(fat free mass)と脂肪量(fat mass)の2つの要素に区分すれば、発育期ではこの両要素の加齢変化傾向が異なるからである。さらに性差によっては大きく異なることになる。

本研究では韓国中学生男子のBMIと筋肉率との回帰分析を実施したところ、高い逆相関が認められた。このような知見は従来まであまり報告されてはいない。服部(2006)は、発育期ではBMIとFFM、FMとの依存関係が異なることを様々な文献を引用して説明している。確かにBMIの加齢変化をみると、身長や体重のようなシグモイド曲線を示すことを藤井(2006)は検証している。したがって、発育期におけるBMIの増大は、Tahara et al (2002)も指摘しているように筋肉量の増大に依存しているようだ。しかし、当然男女で依存度は異なり、男子はより筋肉量に依存するが、女子では、Wang and Bachrach (1996)が指摘しているように、BMIと体脂肪率の相関は、 $r=0.72$ と高く、脂肪量への依存が示唆される。いずれにせよ、本研究では直接的に筋肉率とBMIの関係を検討した結果、 $r=-0.76$ と高い逆相関が認められ、明らかにBMIが大になれば筋肉率は減少する構図を示している。つまり、BMIは体脂肪率とは正の相関が高く、筋肉率とは負の相関が高いことが示されたことになる。この知見によって新たにBMIは体力・運動能力の核とされる筋肉とは相反する指数として位置づけられよう。さらに、本研究ではBMIに対する筋肉率の回帰分析を実施し、3次の多項式回帰の有効性が示されたことは従来までには全くない知見である。単にBMIと筋肉率が逆相関という関係だけでなく、BMIから筋肉率を推定することができる。このBMIからの推定の意味は、脂肪率が高く推定されると同時に、筋肉率は低く推定されると言う構図を持つことになる。

このような観点から本研究の結果を考察すると、BMIから分類した肥瘦度別分類で標準タイプにおいては、長座体前屈のような柔軟能力ではBMIに対する筋肉蓄積度合いの違いによって有意差は認められなかったが、20mシャトルラ

ン、腕立て伏せ、上体起こしでは筋肉過多群が有意に優れており、BMIのわりに筋肉蓄積度合いの大小により体力に差が示されたといえる。標準タイプに対して痩身タイプや肥満タイプではBMIに対する筋肉蓄積度合いの大小が体力にそれほど大きな影響を与えていないことが示されている。それは、痩身タイプにおいては、すべての体力項目において各群間に有意差は認められず、筋肉蓄積度合いの影響が必ずしも体力・運動能力の成就とは結びつかないようであった。肥満タイプにおいては、20mシャトルランで筋肉過多群が有意に優れていたが、長座体前屈、腕立て伏せ、上体起こしでは有意差は認められなかった。痩身タイプで有意差が示されなかったのはデータ数の関係が影響している可能性はあるが、恐らく、痩身、肥満という特異体型による影響は筋肉蓄積度合いが異なっても体力に作用しなかったと推測される。もちろん肥満タイプにおける20mシャトルランのような持久能力では、肥満でも筋肉蓄積度合いの影響は考えられる。しかし一方、標準タイプでは筋肉蓄積度合いが異なることによって体力への影響が示されたことは、当然、筋肉率が高ければ柔軟能力を除き、筋力、持久能力、瞬発力等も優れることは容易に理解できる。

本研究によって、BMIが新たに筋肉率に対する指標として位置づけられたといえる。つまり、BMIが増大すれば筋肉率が減少する構図を示すことが明確にされたと考える。この意味は、BMIから体脂肪率を推定でき、さらに筋肉率まで推定できる両面のメリットを兼ね備えたことになる。したがって、藤井ら(2008)、田中ら(2009)の報告によって肥瘦度タイプごとの体力で明確な差が認められたことは、脂肪蓄積度合いや筋肉蓄積度合いを考慮しなければ、BMIの肥瘦度判定で体力が簡便に把握できることを示しているといえる。このような事実はBMIに対する筋肉率の多項式回帰分析によって、筋肉蓄積度合いの違いによる体力を検討した結果から導かれた知見であり、本研究の独創性を示す論議と考えられる。そして、本研究におけるBMIの割に筋肉蓄積度合いの大小から体力を評価できた点は、肥満研究とは別に身体組成研究の新たな視点としての学問的な貢献度が期待される。しかしながら、データ数がそれほど多いわけではないので、韓国の一般的中学生男子の結果として提示することは差し控えたい。少なくとも韓国ソウル近郊の中学生の結果という認識で、今後データ数を増やして解析を進めたい。

第5節 結語

本研究では、韓国中学生において形態的質の違いが体力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。BMIに対する筋肉率の多項式回帰評価チャートを構築し、BMI判定による痩身、標準、肥満タイプにおける筋肉率の度合いをBMIに対する筋肉率の多項式回帰評価から判定し、そこで判定された、筋肉過少、標準、筋肉過多の3群に属する体力を比較検討した。

BMIと筋肉率との回帰分析を行った結果、高い逆相関が認められたことは、BMIが体脂肪と正の相関を表すだけでなく、筋肉と負の相関を示す指数として位置づけられる。標準タイプにおいて20mシャトルラン、上体起こし、腕立て伏せの体力項目において筋肉過多群が有意に優れていた。痩身、肥満タイプでは肥満タイプの20mシャトルランにおいて筋肉過多群が有意に優れていたが、他の体力項目において有意差は認められず、筋肉率の大小が体力に対し影響を及ぼさなかった。本研究によって筋肉蓄積度合いの違いによる体力を検討した結果、BMIが新たに筋肉率に対する指標と位置づけられたとともに、BMI肥満度判定によって簡便に体力を把握することが可能となった。

第 6 節 圖 表

Table6-1 Statistics of physique, body composition and physical fitness in underdevelopment, normal and excessive development muscle in Thin-type, derived from the regression evaluation chart of %SLM for BMI

	Under-development muscle group n=11		Normal group n=12		Excessive development muscle group n=13		ANOVA	Tukey's HSD		
	mean	SD	mean	SD	mean	SD		UM/NM	NM/EM	UM/EM
Height (cm)	155.9	9.1	161.0	5.9	161.5	5.2	ns			
Weigh (kg)	42.0	6.1	44.7	4.5	45.9	5.2	ns			
%fat	19.2	2.7	13.6	1.6	9.9	1.4	*	*	*	*
SLM (kg)	17.9	3.2	20.7	2.1	22.4	2.7	ns			
%SLM	42.4	2.1	46.4	0.8	48.8	1.1	*	*	*	*
Sit & reach (cm)	7.7	6.5	9.0	6.7	8.5	5.7	ns			
20m shuttle run (times)	36.7	15.4	38.5	16.2	50.7	16.6	ns			
Push-up (times)	16.6	9.7	21.2	12.0	22.8	13.1	ns			
Sit-up (cm)	33.8	7.6	37.5	10.2	40.3	6.1	ns			

%fat : body fat percentage

SLM : soft lean mass

*(p<0.05)

UM: Underdevelopment muscle group

NM: Normal group

EM: excessive development muscle group

Table6-2 Statistics of physique, body composition and physical fitness in underdevelopment, normal and excessive development muscle in Standard-type, derived from the regression evaluation chart of %SLM for BMI

	Under-development muscle group n=34		Normal group n=35		Excessive development muscle group n=36		ANOVA			Tukey's HSD		
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	UM/NM	NM/EM	UM/EM	UM/NM	NM/EM	UM/EM
Height	157.6	6.8	165.2	5.5	167.1	5.8	*	*	*	*	*	*
Weigh	53.9	6.3	58.3	6.0	58.6	5.1	*	*	ns	*	*	*
%fat	26.1	5.0	19.5	3.7	15.4	3.7	*	*	*	*	*	*
SLM	21.4	2.5	25.7	2.0	27.4	1.9	*	*	*	*	*	*
% SLM	39.8	2.8	44.2	1.9	46.9	2.0	*	*	*	*	*	*
Sit & reach(cm)	11.5	22.6	9.3	5.9	12.5	6.0	ns					
20m shuttle run(times)	34.6	10.8	41.6	13.9	47.2	19.6	*	*	*	*	*	*
Push-up(times)	16.1	10.1	17.9	12.2	26.9	11.0	*	*	*	*	*	*
Sit-up(cm)	36.1	8.5	35.2	8.3	41.8	7.1	*	*	*	ns	*	*

*(p<0.05)

%fat : body fat percentage
SLM : soft lean mass

UM: Underdevelopment muscle group
NM: Normal group
EM: excessive development muscle group

Table6-3 Statistics of physique, body composition and physical fitness in underdevelopment, normal and excessive development muscle in Obese-type, derived from the regression evaluation chart of %SLM for BMI

	Underdevelopment muscle group n=14		Normal group n=15		Excessive development muscle group n=16		ANOVA	Tukey's HSD		
	mean	SD	mean	SD	mean	SD		UM/NM	NM/EM	UM/EM
Height	158.4	6.5	166.2	5.5	169.5	5.6	*	*	*	
Weigh	70.2	6.7	76.7	7.2	79.0	9.8	*	*	ns	
%fat	39.4	3.5	33.3	2.8	27.2	3.2	*	*	*	
SLM	23.0	2.7	28.2	2.3	32.2	3.7	*	*	*	
%SLM	32.8	2.1	36.8	1.6	40.8	1.7	*	*	*	
Sit & reach(cm)	8.5	4.5	7.4	6.1	8.7	6.2	Ns			
20m shuttle run(times)	22.1	8.1	29.4	10.6	34.8	8.9	*	*	*	
Push-up(times)	11.0	12.2	8.9	7.0	14.5	9.4	Ns			
Sit-up(cm)	26.1	8.3	32.1	8.7	32.9	10.6	Ns			
%fat : body fat percentage	*(p<0.05)									
SLM : soft lean mass	UM: Underdevelopment muscle group NM: Normal group EM: excessive development muscle group									

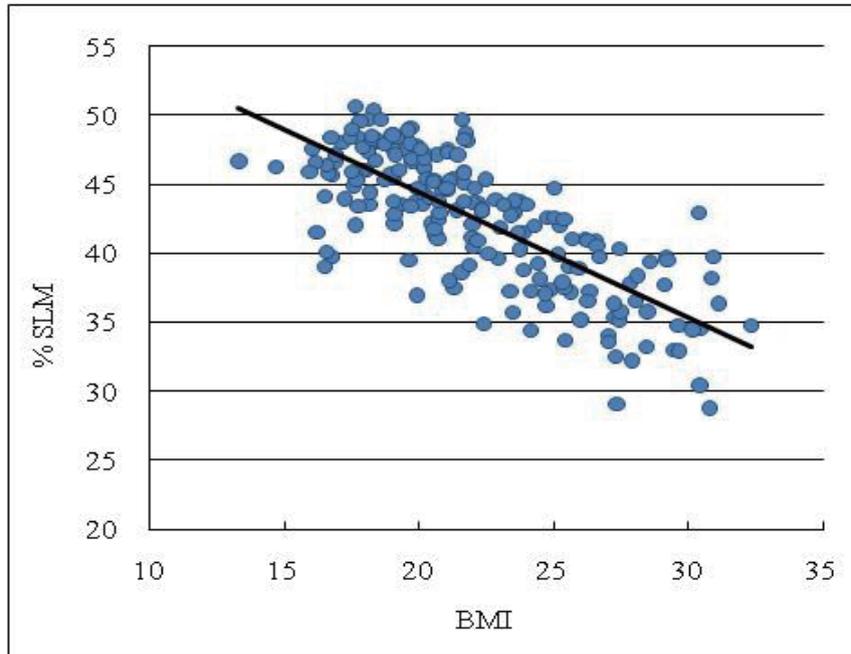


Figure 6-1 1st order polynomial regression of SLM percentage for BMI

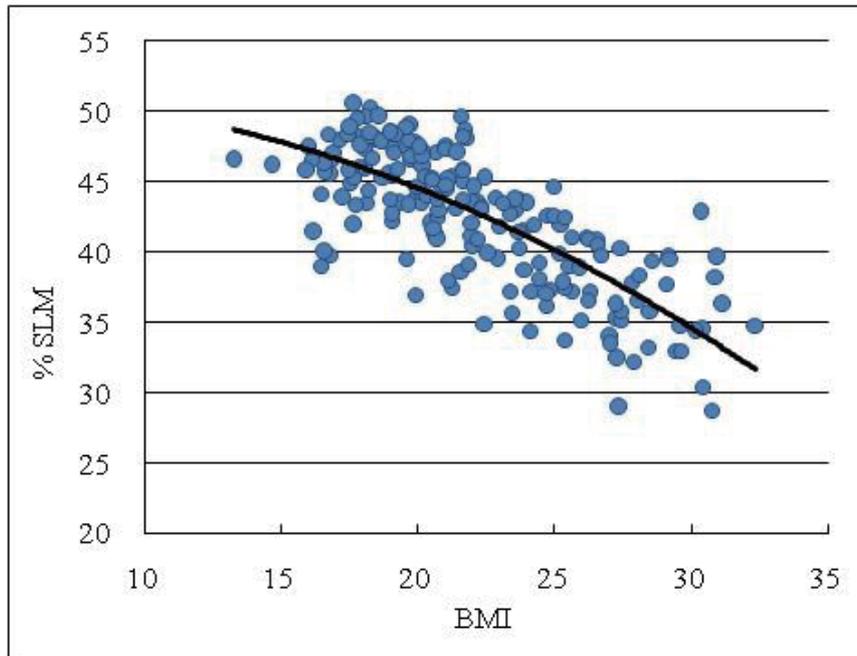


Figure 6-2 2nd order polynomial regression of SLM percentage for BMI

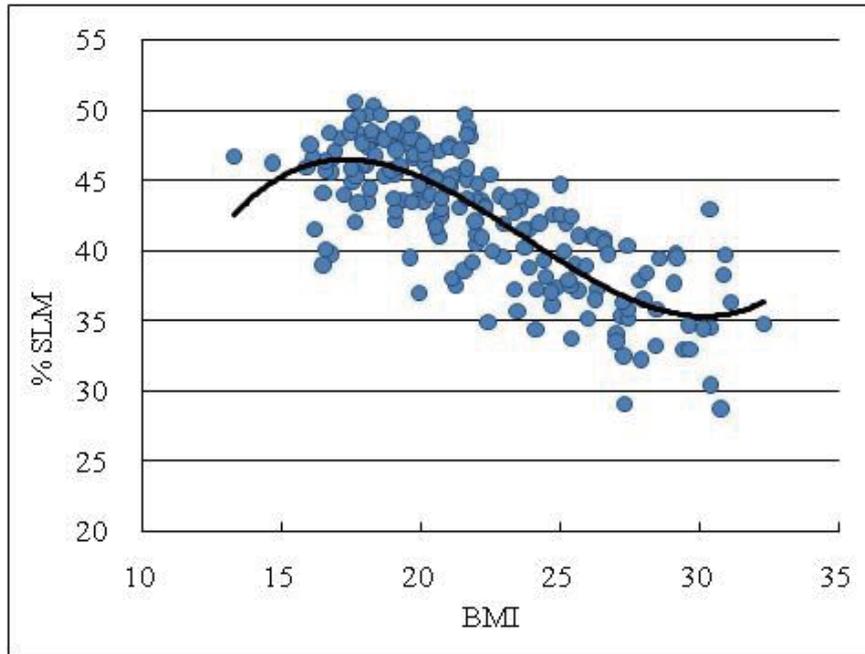


Figure 6-3 3rd order polynomial regression of SLM percentage for BMI

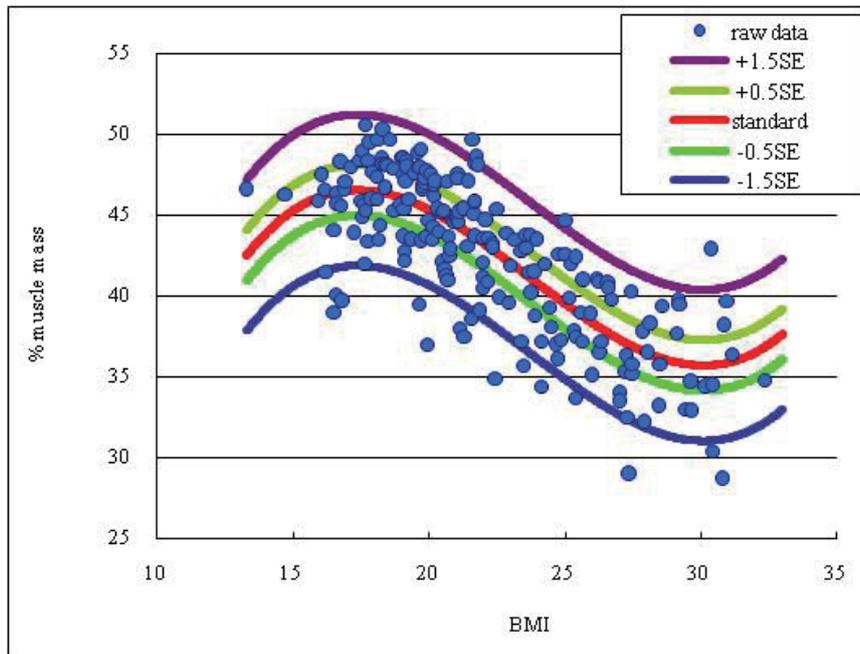


Figure 6-4 Polynomial regression evaluation chart of SLM percentage for BMI

第七章

検討課題IV

BMI に対する筋肉率の標準回帰評価に基づく韓国人女子中学生の体力の検証

第1節 本章の目的

青少年の体力・運動能力について、日本では、文部科学省の統計調査をもとに西嶋(2002)(2003)が児童・青少年の体力低下を報告している。このような問題は西嶋以外にも青山(1994)、加賀谷(1997)、脇田(1996)(1997)によっても検討されている。また、八田(2002)、佐々木(2002)、松元(2002)は大学生の体力の年次推移を検討し、テスト項目によっては停滞傾向もあるが、全般的には1985年以降低下傾向にあることを指摘している。文部科学省による平成21年度体力・運動能力調査結果では、新体力テスト施行後で見ると、多くの項目が横ばいもしくは向上傾向に転じていることが報告されている。しかし、長期的に見れば、体力水準が高かった昭和60年代に比べると、一部の項目を除き、依然として体力レベルは低い水準であることも指摘されている。

一方、韓国でも体格は向上しているにも関わらず青少年の体力低下が問題となっている。Tomkinson ら(2007)は 1968 年から 2000 年における 6 歳から 18 歳までの韓国人児童・生徒のデータを分析したところ、1968 年から有酸素能力は低下し続けており、一方で BMI は増加していることを報告している。現在、韓国ではかつての日本と同じように大学受験が激化しているが、日本と異なるのは生活パターンが入試を主体とした教育制度や環境による影響が強いことである。韓国統計庁(2005)による 2004 年度の生活時間調査結果によると、高校生では 1 日 10 時間程度を学習や通学に使用しており、その中で学習時間は 9 時間程度となっている。しかし、体育の授業は選択制を取っており年間 4 単位しか取れず、身体活動の時間は著しく少なくなっている。さらに余暇時間は 3.5 時間程度であるが、この中でパソコンやインターネット、テレビの使用時間は半分程度を占めることが報告されている。このような生活状況の中で脂肪や糖分の過剰摂取、女子の過激なダイエット指向といった生活習慣も体力低下の要因と指摘される。韓国では、1951 年から行われてきた「学生身体能力検査」という体格・体力検査システムがあるが、2000 年に入ってからからは中学以降、走、跳、筋持久、全身持久能力、柔軟性において低下傾向を示した。しかし、2008 年からは僅かに回復傾向が示されたが、前述した韓国人中学生における生活習慣不良などの問題点が学生身体能力検査結果と一致しているとは言えない。

BMI は肥満の指標であるが、一方で外見的に判断される体型的な肥瘦度の評価指標でもある。しかし、それは体脂肪量の蓄積度合いを表したのではなく、筋肉量が多くても肥満と判定されてしまう。Fujii et al(2008)、田中ら(2009)は BMI に対する体脂肪率の多項式回帰分析から、韓国中学生の形態的質の違いによる体力を検討し、体脂肪が体力に対して抑制的要因となることを明確にした。確かに体脂肪が体力を低下させることは当然の事象と考えられるが、明確な報告はされていなかった。Fujii et al(2008)、田中ら(2009)の報告によって体脂肪による体力低下の仮説の検証がなされ、韓国統計庁(2005)の報告に示されるような韓国中学生の生活状況から体力低下傾向を誘引していると推察された。しかしながら、体脂肪は体力に対して抑制的要因として作用をするが、体力発揮に重要な役割を果たすのは筋肉である。水野(1980)は体格考慮の体力判定評価チャートを考案した経緯がある。この論理は体格が大きければ体力も高水準であると言うディメンション論から派生されている。つまり体格が大きくなることは筋力も当然高くなることに基づいている。しかし、体格は以前に比べて大きくなっているにもかかわらず、体力が低下しているという現状においては、ディメンション論が成立していない可能性がある。そこで、本研究では韓国の女子中学生を対象に、形態的質の違いを BMI に対する筋肉率の多項式回帰分析から、つまり、BMI の割には筋肉が多い少ないによって体力にどのように影響するかを検証しようとした。そして、女子において個人の相対的な筋肉量が体力発揮と関係しているかを、多項式回帰評価チャートにより分類された筋肉率の大小群における体力を比較・検討するものである。

第2章 方法

1. 対象

被験者は、韓国ソウル近郊の中学校に通う14歳の女子生徒148名であった。(表7-1)被験者には事前に調査および測定の内容を説明し、測定参加に対する同意を得た。被験者には急性および慢性の疾患を患っている者は含まれていなかった。測定は2006年10月に実施された。

2. 体格と身体組成

身体成分は、segmental bioelectrical impedance analysis & multi-frequency bioelectrical impedance analysis法によるボディコンポジションアナライザー(InBody 3.2、Biospace)を用いて、体重、Total body water(TBW)、筋肉量(Soft lean mass : SLM)、筋肉率、体脂肪率および体脂肪量(Fat mass)を測定した。SLMはタンパク質量を加えて算出され、筋肉率は体重に対するSLMの割合とした。体脂肪量は体重からSLMおよびミネラル量を減じて算出された。身長はデジタル身長計を使用した。BMIは体重(kg)を身長(m)の2乗で除して算出した。被験者の身体的特徴はTable1に示す。

3. 体力測定項目

体力測定項目の内訳については、上体起こし、長座体前屈、腕立て伏せ、20mシャトルランであった。

4. BMIの肥瘦度分類

BMIに基づく体型判定を行ない、肥満度別標準帯を類別した。BMIによる肥満度のタイプ分類は、成人における肥満度判定のBMIを中学生に適用することは適切ではなく、この時期における明確な肥満もしくは瘦身の判定基準がな

いことから、本研究では本被験者におけるBMIの平均値と標準偏差(SD)による平均値評価法を適用した。統計的な検討を可能にするために、平均値+0.5SD以上を肥満タイプ、平均値-0.5SD以上+0.5SD未満の間の者を標準タイプ、平均値-0.5SD未満を痩身タイプとして分類した。BMI平均値は20.7、SD=3.1であったため、BMI22.3以上を肥満タイプ、BMI19.1以上22.2未満を標準タイプ、BMI19.0以下を痩身タイプとした。

5. BMIに対する筋肉率の回帰分析

BMIに対する筋肉率の最小二乗近似多項式による推定を試みた結果、次のような1次から3次までの回帰多項式を導くことができた(図7-1~7-3)。

1次回帰多項式： $y = -0.7641x + 53.408$

{但し、yは筋肉率、xはBMI}

決定係数 $R^2 = 0.5886$ 、残差平方和は 585.79 であった。

2次回帰多項式： $y = 0.0147x^2 - 1.4004x + 60.141$

{但し、yは筋肉率、xはBMI}

決定係数 $R^2 = 0.5925$ 、残差平方和は 580.21 であった。

3次回帰多項式： $y = 0.0006x^3 - 0.0273x^2 - 0.4902x + 53.699$

{但し、yは筋肉率、xはBMI}

決定係数 $R^2 = 0.5926$ 、残差平方和は 597.01 であった。

BMIに対する筋肉率の1次から3次までの最小二乗近似多項式において決定係数は漸次増加傾向であったが、2次と3次では数値の差はほとんど無く、残差平方和は2次の最小二乗近似多項式が最も少なかった。さらに赤池情報量基準(AIC: Akaike Information Criterion)による検討をしたところ、1次 629.6、2次 630.2、3次 633.0 となり、1次が最も少なくなったが2次との数値の差は僅かであった。これらの結果を総合的に検討し、BMIに対する筋肉率の標準回帰評価の構築においては2次多項式を適用することが妥当であると判断された。

6. BMIに対する筋肉率の標準回帰評価チャートの構築

BMIに対する筋肉率の2次多項式による回帰評価チャートを構築した(図7-4)。評価帯は平均値-0.5SE(Standard Error)以上+0.5SE未満を標準、平均値+0.5SE以上+1.5SE未満をやや筋肉過多、平均値+1.5SE以上を筋肉過多、平均値-1.5SE以上-0.5SE未満をやや筋肉過少、平均値-1.5SE未満を筋肉過少と設定した。

回帰多項式が共に構成するBMIに対する筋肉率の違いに基づいて判定された体力の検証においては、BMIに対する筋肉率の程度の判定は、標準回帰評価チャートの5段階評価判定をもとに群を設定した。標準群を平均値-0.5SE以上+0.5SE未満の評価帯に属するものとし、平均値+0.5SE以上のもの、つまり、5段階評価でやや筋肉過多と筋肉過多の評価帯に属するものは筋肉過多群とした。また平均値-0.5SE未満のもの、つまり、5段階評価でやや筋肉過少および筋肉過少の評価帯に属するものは筋肉過少群とした。

7. 統計解析

BMIの肥満度タイプ別における筋肉率の3群間の体力については一要因の分散分析を行った。分散分析で有意差が認められた項目については、さらにTukeyのHSD検定を行った。統計的な有意水準は全て危険率5%をもって有意と判断した。

第3節 結果

図7-4は、BMIに対する筋肉率の2次多項式による標準回帰評価チャートである。この標準回帰評価チャートによって個々の被験者においてBMIに対して筋肉率が多いか少ないかを判定し、BMI肥満度別に筋肉率度合いの違いによる体力の検証を行った。表7-2～7-4はBMIの肥満度タイプ別に筋肉過多群、標準群、筋肉過少群の体力の統計値および群間の分散分析結果を示したものである。

分散分析の結果、BMIの痩身タイプで20mシャトルランに筋肉率度合いの違いによる有意差が認められた。これに対しTukeyのHSD検定を用いて3群間の体力を検討したところ、筋肉過多群、標準群、筋肉過少群のすべての群間に有意差が認められ、BMI痩身タイプの20mシャトルランは、筋肉過多群、標準群、筋肉過少群の順で優れていることが示された。一方、BMIの標準タイプおよび肥満タイプでは、体力項目に筋肉率の3群間の差は認められず、筋肉率度合いによる体力差は明確には示されなかった。

第4節 考 察

本研究は韓国人中学生を対象としているが、BMIと筋肉率の回帰分析を導いた知見はそれほど多くない。Fujii et al(2008)、田中ら(2008)(2009)によってBMIに対する体脂肪率の回帰評価から体力を検証した報告では、BMIのわりに脂肪蓄積度合いが多い者の体力は劣ることが示された。つまり、体脂肪は体力に対して抑制的要因として作用をすることが明確にされたわけである。しかし北川(1999)によれば、肥満という身体的特異体型が有する体力が劣るのであって、体脂肪が直接体力に影響を与えるという知見は導かれていない。体脂肪は体力に対して負の作用を示すことは容易に推測できる。しかしながら、体脂肪と体力の関係を直接的に論じた知見はあまりない。恐らく、身体組成と体力の関係を検討するためには多くの身体組成データが必要であり、同時に体力測定データも必要となるために、データ収集の困難さからこれらの研究が進まなかったといえる。また、肥満研究への傾倒が体脂肪と体力との直接的な関係を研究する暇を与えなかったのであろう。

体脂肪と体力との関係を検討する場合、BMIと体力の相関分析から論じる方法を取る。それはBMIが体脂肪率との相関が高いことから適用されるわけである。服部(2006)は、BMIは確かに体脂肪率との相関は高いが、結局、身長と体重から導かれた体格指数にすぎず、特に発育期では身体的内部の質はBMIには反映されない問題に注意を促している。もともとBMIが肥満判定の基準に設定された背景は、Keys et al(1972) やGarrow and Webster(1985)の知見によって、BMIと体脂肪率との相関が非常に高いことがその理由になっている。これによって、世界保健機構(WHO)では成人の肥満指標として、BMI25以上をpre obeseとし、30以上をobeseと設定している。しかし、これはあくまでも成人の指標であって、発育期には当てはまらない。それは、身体組成を除脂肪量(FFM: fat free mass)と脂肪量(FM: fat mass)の2つの要素に区分すれば、発育期ではこの両要素の加齢変化傾向が異なるからである。さらに性差によっても大きく異なることになる。

本研究で韓国人女子中学生におけるBMIと筋肉率との回帰分析を実施したところ、高い逆相関が認められた。このような知見は従来まであまり報告されて

はない。服部(2006)は、発育期ではBMIとFFM、FMとの依存関係が異なることを様々な文献を引用して説明している。確かにBMIの加齢変化をみると、身長や体重のようなシグモイド曲線を示すことが藤井(2006)により検証されている。したがって、発育期におけるBMIの増大は、Tahara et al(2002)によっても指摘されているように、男子においては除脂肪量の増大に依存していると考えられる。一方で、女子では11歳から18歳までに男子ほど除脂肪量の増加が無いと報告している。さらに、服部(2006)は除脂肪量指数と脂肪量指数から作成したチャートより、女子のBMIは11歳以降では脂肪量指数に依存することを指摘しており、Wang and Bachrach(1996)は女子のBMIと体脂肪率の相関は高く、 $r=0.72$ であったと述べている。本研究においてもBMIと体脂肪率とは $r=0.84$ と高い相関が示され、女子におけるBMIの体脂肪への依存が示唆される。本研究で筋肉率とBMIの相関関係を直接的に検討したところ、 $r=-0.77$ と高い逆相関が認められ、明らかにBMIが大になれば筋肉率は減少する構図を示した。これらのことから、BMIは体脂肪率とは正の相関が高く、筋肉率とは負の相関が高いことが示されたことになる。この知見によって新たにBMIは体力・運動能力の核とされる筋肉とは相反する指数として位置づけられよう。

このような観点から本研究の結果を考察すると、BMIによる肥瘦度別分類の痩身タイプにおいては20mシャトルランで筋肉過多群が有意に優れていることが示された。つまり、全身持久能力において、BMIの割に筋肉蓄積度合いの大小により能力に差が示されたといえる。呼吸 - 循環機能の指標の一つある最大酸素摂取量と除脂肪量の関係について、北川ら(1974)は一般男性において正の相関を示すことを明らかにしており、一般人に対しては除脂肪量が最大酸素摂取量の規定因子として強く作用することを報告している。また、平川ら(1984)は、女子大生の12分間走の結果から、低位者が除脂肪体重当たりの最大酸素摂取量が劣ることを明らかにし、活動筋の酸化能力および酸素運搬を行う呼吸循環機能が劣ると結論付けている。本研究では除脂肪量ではなくBMIに対する筋肉率の程度を体力評価の項目として用いていることや先行研究と対象の性別や年齢は異なるものの、20mシャトルランでBMI痩身タイプの筋肉過多群が優れていたことは、これらの報告と同義の結果が得られたと考えられる。田中ら(2009)がBMIに対する体脂肪率の回帰評価から体力を検証した結果、BMIの痩身

タイプでは体脂肪の体力への影響は確認されなかった。これらの報告と本研究における結果から、形態の質の観点から、中学生女子においてBMIが低い場合では、持久走能力のような走スピードを持続させる能力に筋肉蓄積度合いがプラスに影響することが示唆された。一方で、BMIの標準タイプおよび肥満タイプにおいてはすべての体力項目において各群間に有意差は認められず、BMIの標準タイプや肥満タイプではBMIに対する筋肉蓄積度合いの大小が体力にそれほど大きな影響を与えていないことが示された。よって、BMIが標準以上の場合、筋肉蓄積度合いは必ずしも体力・運動能力の成就とは結びつかないようであった。田中ら²²⁾によればBMIの標準タイプおよび肥満タイプにおいて脂肪蓄積度合いによる体力への影響が示されており、BMIが標準もしくは高い者では、筋肉の蓄積度合いよりも体脂肪の蓄積による体力への抑制的要因の影響が大きい可能性が示唆された。

本研究によって、BMIが増大すれば筋肉率が減少する構図を示すことが明確にされたことは、BMIが新たに筋肉率に対する指標として位置づけられたといえる。この意味は、BMIから体脂肪率を推定でき、さらに筋肉率まで推定できる両面のメリットを兼ね備えたことになる。また、BMIの痩身タイプにおいて20mシャトルランに有意な差が認められ、BMIに対する筋肉率が高いことが全身持久能力に影響していることが明らかにされた。したがって、Fujii et al (2008)、田中ら(2009)の報告によって肥瘦度タイプごとの体力で差が認められたことは、脂肪蓄積度合いや筋肉蓄積度合いを考慮しなければ、BMIの肥瘦度判定で体力が簡便に把握できることを示しているといえる。このような事実はBMIに対する筋肉率の多項式回帰分析によって、筋肉蓄積度合いの違いによる体力を検討した結果から導かれた知見であり、本研究の有用性を示す論議と考えられる。しかし、これ以上の議論は本研究の限界を超えており、論議は差し控えたい。今後、対象を増やしてさらに検討することにより、より詳細な関係性を示すことが望まれる。

第5節 まとめ

本研究では、韓国人女子中学生において形態的質の違いが体力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。そこで、BMIに対する筋肉率の多項式回帰評価チャートを構築し、そこで判定された筋肉過少、標準、筋肉過多の3群の体力をBMIの肥満度タイプ別に比較検討した。

まず、BMIと筋肉率との回帰分析を行った結果、高い逆相関が認められたことはBMIが体脂肪と正の相関を表すだけでなく、筋肉とは負の相関を示す指数として位置づけられることが示唆された。筋肉率の程度の違いによる体力の比較では、BMI痩身タイプにおいて20mシャトルランで筋肉過多群が有意に優れていることが示された。BMI標準タイプおよび肥満タイプでは体力項目に有意差が認められず、筋肉率の大小が体力に対し明確な影響を及ぼさなかった。本研究において、BMIによる体格評価とBMIに対する筋肉率の程度の違いによる形態的質の評価という二つの評価を組み合わせることで体力を検討することにより、同じBMIタイプにおける身体的な質の違いによる体力への影響が明らかにされた。BMIが新たに筋肉率に対する指標と位置づけられたとともに、BMI肥満度判定によって簡便に体力を把握することが可能となることが示唆された。

第 6 節 図表

表 7-1 対象者の身体的特徴

身体測定項目		統計値
身長 (cm)	平均	157.8
	標準偏差	4.9
体重 (kg)	平均	51.4
	標準偏差	8.3
BMI (kg/m ²)	平均	20.7
	標準偏差	3.1

表 7-2 BMI 痩身タイプにおける BMI に対する筋肉率の回帰評価から分類した筋肉過少群、標準群、筋肉過多群の体格、身体組成、体力の分散分析の結果

	筋肉過少群 (U 群)		普通群 (N 群)		筋肉過多群 (E 群)		ANOVA	Tukey の HSD 検定		
	n=16		n=15		n=16			U-N	U-E	N-E
	mean	SD	mean	SD	mean	SD				
身長 (cm)	156.1	6.3	158.4	5.0	157.9	4.7	ns			
体重 (kg)	42.9	4.2	43.9	3.4	43.4	5.1	ns			
BMI	17.6	1.1	17.5	1.2	17.4	1.4	ns			
体脂肪率 (%)	27.7	3.6	23.8	2.5	20.2	3.1	*	*	*	*
筋肉量 (kg)	16.1	1.3	17.6	1.2	18.3	1.7	*	*	*	*
筋肉率 (%)	37.7	1.8	40.2	1.1	42.3	1.2	*	*	*	*
座位体前屈 (cm)	12.6	8.7	8.7	6.3	9.8	8.3	ns			
20m シャトルラン (回)	23.3	9.6	26.8	8.0	32.1	10.6	*	*	*	*
腕立て伏せ (回)	19.0	16.7	19.1	13.6	28.9	16.8	ns			
上体起こし (回)	27.4	8.0	27.9	9.3	30.7	10.7	ns			

*(p<0.05)

表 7-3 BMI 普通タイプにおける BMI に対する筋肉率の回帰評価から分類した筋肉過少群、標準群、筋肉過多群の体格、身体組成、体力の分散分析の結果

	筋肉過少群 (U 群)		普通群 (N 群)		筋肉過多群 (E 群)		ANOVA	Tukey の HSD 検定		
	n=17		n=26		n=18			U-N	U-E	N-E
	mean	SD	mean	SD	mean	SD				
身長 (cm)	156.0	5.3	158.6	5.2	159.8	4.6	ns			
体重 (kg)	49.8	4.2	52.1	4.2	51.2	3.7	ns			
BMI	20.4	0.9	20.7	0.9	20.0	0.9	ns			
体脂肪率 (%)	32.9	2.1	29.8	1.9	24.5	2.8	*	*	*	*
筋肉量 (kg)	17.6	1.5	19.5	1.4	20.7	1.4	*	*	*	*
筋肉率 (%)	35.4	1.1	37.4	0.9	40.6	1.6	*	*	*	*
座位体前屈 (cm)	11.8	7.6	12.7	8.2	15.5	6.4	ns			
20m シャトル ラン (回)	21.9	7.0	24.2	9.5	28.4	12.5	ns			
腕立て伏せ (回)	20.1	15.0	19.0	13.3	21.3	13.0	ns			
上体起こし (回)	23.1	8.7	23.3	9.7	26.2	11.0	ns			

*(p<0.05)

表 7-4 BMI 肥満タイプにおける BMI に対する筋肉率の回帰評価から分類した
 筋肉過少群、標準群、筋肉過多群の体格、身体組成、体力の分散分析の結果

	筋肉過少群 (U 群) n=13		普通群 (N 群) n=14		筋肉過多群 (E 群) n=13		ANOVA	Tukey の HSD 検定		
	mean	SD	mean	SD	Mean	SD		U-N	U-E	N-E
身長 (cm)	156.7	3.0	158.2	5.2	157.1	3.4	ns			
体重 (kg)	60.9	5.5	62.2	6.5	60.8	6.0	ns			
BMI	24.8	2.0	24.8	1.9	24.6	2.3	ns			
体脂肪率 (%)	38.9	2.3	36.3	2.9	32.5	3.3	*	*	*	*
筋肉量 (kg)	19.9	1.4	21.3	1.8	22.2	1.4	*	*	*	*
筋肉率 (%)	32.6	1.2	34.3	1.4	36.7	1.7	*	*	*	*
座位体前屈 (cm)	11.7	8.3	13.4	8.1	14.6	7.7	ns			
20m シャトル ラン (回)	21.9	8.8	20.4	7.2	24.3	6.8	ns			
腕立て伏せ (回)	16.9	11.0	18.3	12.2	23.2	13.2	ns			
上体起こし (回)	19.9	7.2	18.9	7.5	24.6	9.5	ns			

*(p<0.05)

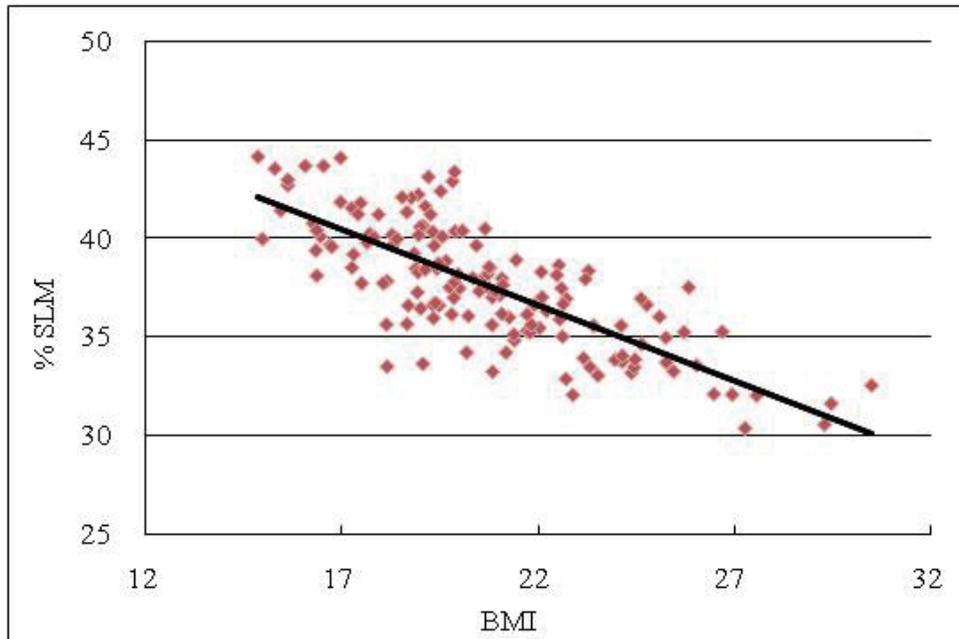


図 7-1 BMI に対する筋肉率の 1 次回帰多項式

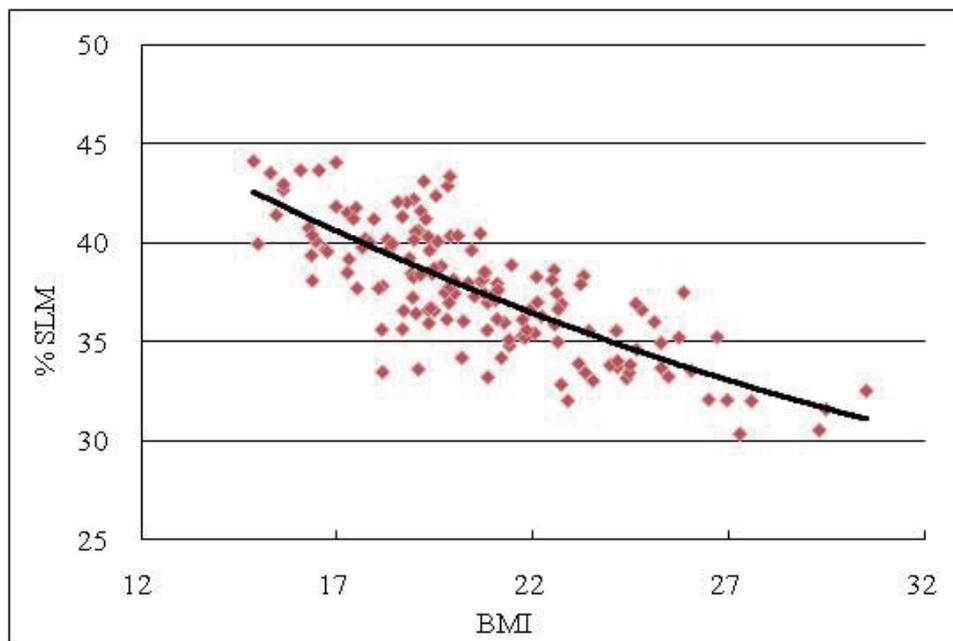


図 7-2 BMI に対する筋肉率の 2 次回帰多項式

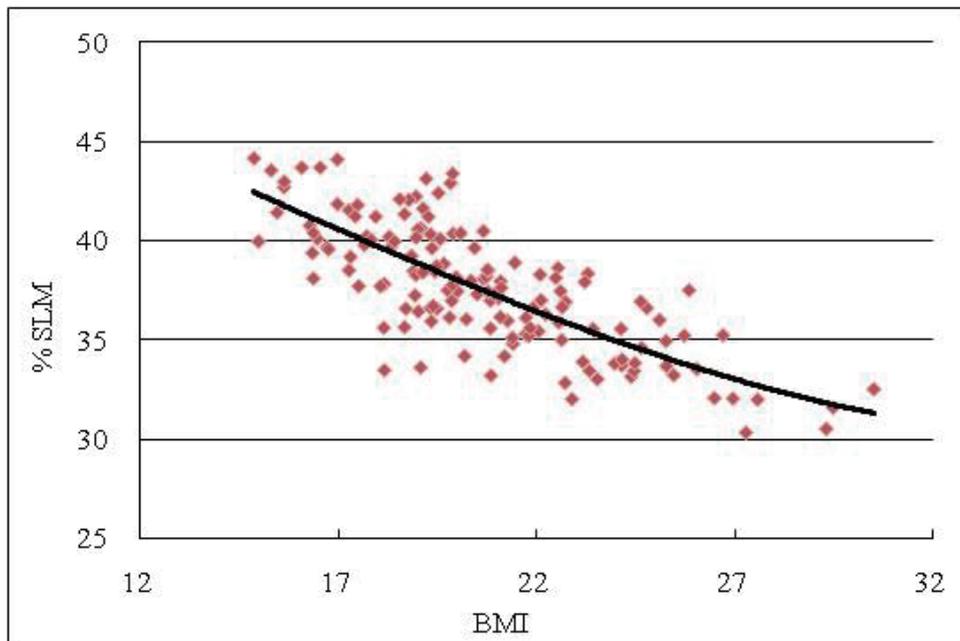


図 7-3 BMI に対する筋肉率の 3 次回帰多項式

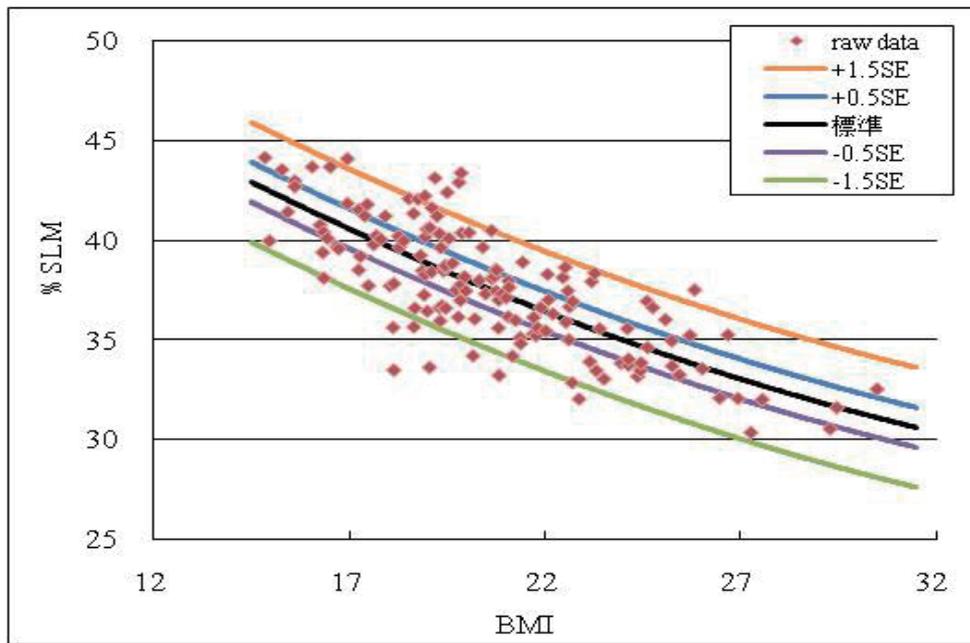


図 7-4 3 次回帰多項式を適用した BMI に対する筋肉率の標準回帰評価チャート

第八章

検討課題 V

肥瘦度別脂肪蓄積度合いの違い
による体力の検証

— 韓国人男子中学生における 9 分類
の形態的質の違いによる体力構図 —

第 1 節 本章の目的

現在、韓国では日本と同様に体格の増大に反する青少年の体力低下が問題となっている(Kim et al 2002)。韓国で行われている国民体力実態調査の 1989 年から 2007 年までの 3 年毎の調査結果によれば、1989 年から 2007 年まで体格の増大が示されている反面、体力・運動能力では、走、跳、持久能力が低下傾向を示している（筋持久能力は向上を示す）。Tomkinson et al (2007)は、韓国人児童・生徒を対象にした報告では、1968 年から有酸素能力は低下している一方で Body Mass Index(BMI)は増加していることを指摘した。このような傾向は韓国社会における経済の高度成長がもたらした便利さ故の結果と考えられる。特に、大学受験の激化が進み、一般中学、高校生達の睡眠時間が減少していると同時に学校での体育時間が減少していることも報告されている(2010)。さらに、Yamauchi(2007)の報告では、韓国の児童は中国の児童に比べて男女ともに体脂肪率が有意に高い結果が示されている。田中、藤井ら(2009)も韓国人男子中学生は日本人男子中学生よりも BMI が高値であると述べている。このことから、韓国の青少年は近隣のアジア諸国と比較して肥満傾向の可能性が示唆され、体力の低下傾向とともに重大な問題が提起される。

ところで、中学期は周知のように第二次成長期と言われる時期であり、Scammon(1932)の発育曲線の一般型に代表される発育機序である。Tanner(1962)はこの発育機序を思春期急増(adolescent growth spurt)現象と呼び、人であれば誰でも出現する現象として Grand theory を展開してきた。特に男子では、この時期にタンパク同化作用が促進され、体脂肪の増大は抑制されて身体組成に変化が表れる。このメカニズムの異常によって、体脂肪の増大が促進されるか極端な体脂肪の燃焼によって形態の質的な変化が生起することになる。このような形態の質的な変化は肥瘦度判定を基盤として、体型の割には体脂肪量が多い、少ない場合が考えられる。

肥満判定には、BMI、Rohrer 指数、Livi 指数、Kaup 指数等を使用する方法があり、教育現場でもよく使用されている(藤原ら 2006)。これらの指標は身長と体重による体格指数であり、外見的な大きさを判断するだけで、体脂肪量を判定しているわけではない。それは、筋肉量が多い場合でも肥満と判定されることがあり、隠れ肥満等の場合では標準と判断される危険性がある。このような学齢期における肥満判定の問題に対し、藤原ら(2006)は脂肪量や筋量を考慮した指導の必要性を指摘している。さらに、服部(2006a)は、BMI だけでなく、周径や皮下脂肪厚などの情報を同時に用いることを主張し、体格と身体組成の双方を考慮した身体組成チャートを作成している(Hattori 1997、服部 2006b)。田中、藤井ら(2008)も日本人男子中学生に対し、BMI に対する体脂肪率の蓄積度合いを判定する回帰評価チャートを作成し、形態の質的な違いを判定した。そして、形態的質の違いと体力の検討を行った。また、韓国人中学生に対して、Fujii et al (2008)、田中、藤井ら(2009)は形態的質の違いによる体力を検討し、BMI 判定が同じグループでも脂肪蓄積が多ければ体力は劣ることを示し、体脂肪が体力に対してネガティブに作用することを明示した。

これらの研究によって、思春期における体脂肪の体力への影響が僅かではあるが解明されてきた。しかし、個人内において肥瘦度タイプ別に脂肪蓄積度合いの違いによる体力の特性を検討した報告はない。つまり、肥満タイプの割に筋肉率が高ければ体力が優れている可能性があり、逆に、標準、痩身タイプの割に脂肪率が高ければ体力が劣る可能性がある。このような肥瘦度タイプ別による形態的質の違いによる体力の構図についてはほとんど明らかにされていない。さらに、体脂肪率と筋肉率の蓄積度合いによって体力にどの程度の変化があるのか全く情報がない。そこで本研究は、韓国人男子中学生を対象に BMI による肥瘦度判定によって分類された肥満、中等、痩身タイプをさらに脂肪蓄積度合いによって判断し、少なくとも 9 分割される形態的質の違いによる体型に分類された体力を検討するものである。脂肪蓄積度合いの判定には、Fujii et al (2008)、田中、藤井ら(2009)が適用した、BMI に対する体脂肪率の多

項式回帰評価チャートを構成し、脂肪過多、標準、脂肪過少に分類することによって、BMI と脂肪蓄積度合いの二元的方向の評価基準を融合し、体型に対する脂肪蓄積や筋蓄積度合いによる体力構図を明らかにすることである。

第 2 節 方法

1. 対象

被験者は、韓国ソウル近郊の中学校に通う 14 歳男子生徒 201 名であった。被験者には事前に調査および測定の内容を説明し、測定参加に対する同意を得た。被験者には急性および慢性の疾患を患っている者は含まれていなかった。測定は 2006 年 10 月に実施された。年齢、身長、体重は、 13.6 ± 0.3 years, 59.0 ± 12.8 kg, and 163.1 ± 7.4 cm, (平均値 \pm 標準偏差) であった。

2. 体格と身体組成

身体成分は、segmental bioelectrical impedance analysis & multi-frequency bioelectrical impedance analysis法によるボディコンポジションアナライザー (InBody 3.2, Biospace) を用いて、体重、筋肉量 (Soft lean mass : SLM)、体脂肪率および体脂肪量 (Fat mass) を測定した。SLMはタンパク質量を加えて算出され、体脂肪量は体重から SLM およびミネラル量を減じて算出されている。身長の測定は、デジタル身長計を使用した。BMIは体重(kg)を身長(m)の2乗で除して算出した。

3. 体力測定項目

体力測定は、上体起こし、長座体前屈、腕立て伏せ、20m シャトルランの 4 種目を実施した。

4. 解析の手続き

1) BMIによる肥瘦度判定の基準は、BMIの平均値 (mean = 22.1) と標準偏差 (SD = 4.0) による平均値評価法を適用した。平均値 + 0.75SD 以上

を肥満タイプ(Fatty-type)、平均値 $-0.75SD$ 以上 $+0.75SD$ 未満を標準タイプ(Normal-type)、平均値 $-0.75SD$ 未満を痩身タイプ(Slim-type)として3つの群に分類した。

- 2) BMIに対する体脂肪率の回帰分析を行い、BMIと体脂肪率の関係構図を確認し(Figure8-1)、BMIに対する体脂肪率の回帰評価が可能であることを確認する。
- 3) 脂肪蓄積度合いを判定するために、BMIに対する体脂肪率の標準回帰評価チャートを構築する。そのために、BMIに対する体脂肪率の1次から3次までの最小二乗近似多項式を適用し、最適な次数の回帰多項式を決定する。最適な次数の決定は、決定係数、残差平方和、赤池情報量基準(Akaike Information Criterion : AIC)によって判断された(Table8-1)。
- 4) BMIに対する体脂肪率の標準回帰評価チャートには、標準曲線 $-0.5SE$ 以上 $+0.5SE$ 未満を普通(Standard)、標準曲線 $+1.5SD$ 以上を脂肪過多(Excessive development)、標準曲線 $+0.5SD$ 以上 $+1.5SD$ 未満をやや脂肪過多(Somewhat excessive development)、標準曲線 $-1.5SD$ 未満を脂肪過少(Excessive underdevelopment)、標準曲線 $-1.5SD$ 以上 $-0.5SD$ 未満をやや脂肪過少(Somewhat excessive underdevelopment)とした5段階の評価帯が設定された(Figure8-2)。

5. 肥瘦度別脂肪蓄積度合いによる形態的質の体型分類

BMIによる肥瘦度およびBMIに対する体脂肪率の脂肪蓄積度合いによる二元的方向からの判定を用いて形態の質を決定した。

平均値評価法を用いたBMIによる肥瘦度は、25.1以上を肥満タイプ(Fatty-type)、19.1以上25.1未満を標準タイプ(Normal-type)、19.1未満を痩身タイプ(Slim-type)とした。次に、脂肪蓄積度合いの判定は標準回帰評価チャートの5段階評価判定を基に、標準曲線 $-0.5SD$ 以上 $+0.5SD$ 未満の普通(Standard)、標準曲線 $+0.5SD$ 以上のもの、つまり、

5段階評価のやや脂肪過多と脂肪過多評価帯は脂肪過多(Excessive development)とした。また標準曲線-0.5SD未満のもの、つまり、5段階評価のやや脂肪過少および脂肪過少評価帯は脂肪過少(Excessive underdevelopment)とした。以上のBMIおよび脂肪蓄積度合いの各判定により被験者を以下のように9群に分類した(Table 8-2)。

BMIの痩身タイプについて、脂肪蓄積度合いの脂肪過少を”瘦型脂肪過少(Slim-Excessive underdevelopment, SU)”、脂肪蓄積度合いの普通を”瘦型普通(Slim-Standard, SS)”、脂肪蓄積度合いの脂肪過多を”瘦型脂肪過多(Slim-Excessive development, SD)”とした。BMIの標準タイプでは、”標準型脂肪過少(Normal-Excessive underdevelopment, NU)”、”標準型普通(Normal-Standard, NS)”、”標準型脂肪過多(Normal-Excessive development, ND)”とした。BMI肥満タイプでは、”肥型脂肪過少(Fatty-Excessive underdevelopment, FU)”、”肥型普通(Fatty-Standard, FS)”、”肥型脂肪過多(Fatty-Excessive development, FD)”と分類した。

6. 統計解析

BMIおよび脂肪蓄積度合いにより分類された9群の体格、身体組成、体力の差の検定には、一元配置の分散分析を用いた。さらに分散分析で有意性が認められた測定項目に対しては、TukeyのHSD検定にて多重比較を行なった。分散分析および多重比較検定は、全て $p < 0.05$ で統計的に有意であると判断した。

第3節 結果

1. 形態的質の違いによる9群における体格および身体組成の比較

本研究における決定係数は、1次から3次まで漸次増加傾向であり、残差平方和は3次が最も少なくなった(Table8-1)。また、AICによる結果は1次1185.8、2次1187.3、3次1173.8となり、3次が最も少なくなった(Table8-1)。これらの結果から、BMIに対する体脂肪率の標準回帰評価チャートの構築は3次多項式を適用することが妥当であると判断した。よって、二元的方向からの判定により分類された形態的質の9群の体格、身体組成の統計値と群間における分散分析の結果は、Table8-3に示した。

分散分析の結果、全ての項目で有意差が認められ、全測定項目でTukeyのHSD検定を行った。Figure 8-3は、身長9群における平均値分布を示したグラフである。身長では9群間すべてにおいて有意差が認められ、各BMIタイプの脂肪過少は身長が高く脂肪過多は身長が低い構図が明らかにされた。また、SU、NU、FUおよびSS、NS、FSの各群では、BMIが高くなれば身長もそれに従って高くなる傾向が明示された。一方でSD、ND、FDでは、BMIによる明確な上昇傾向はなく、BMIの高低に関わらず分布はほぼ一定であることが示された。Figure8-4は筋肉率における9群の平均値分布を示したグラフである。筋肉率でも9群のすべての群間に有意差が認められ、それぞれのBMIタイプにおいて脂肪過少は筋肉率が高く、脂肪過多は筋肉率が低いことが示された。さらに詳細に9群の関係構図を見てみると、SSとNU、SDとNS、NDとFUの各群には有意差が認められ、筋肉率は同じ程度であることが示された。

2. 形態的質の違いによる9群における体力の比較

9群に分類された体力の統計値および群間における分散分析の結果はTable8-4に示した。分散分析の結果、20mシャトルラン、腕立て伏

せ、上体起こしに有意差が認められ、これらの項目に対しては、さらに Tukey の HSD 検定により 9 群間における差の検討を行った。Figure8-5 は 20m シャトルランにおける 9 群の平均値分布を示したものである。20m シャトルランでは、SU に他の 8 群との間に有意差が認められ、全 9 群の中で最も優れており、FD は他の 8 群に比べ有意に劣る結果が示された。また、SS と SD、ND と FU の各群間には有意差が認められず、これらの群では 20m シャトルランにおける形態的質の違いによる明確な差は認められなかった。腕立て伏せの平均値分布は Figure8-6 に示した。Tukey の HSD 検定の結果、腕立て伏せでは NU と他の 8 群との間には有意差が認められ、全 9 群の中では最も優れていた。また、FS は同じ BMI グループ内で有意差は認められなかったが、9 群全体では最も劣っていた。一方で、SU と SD 間には有意差は認められず、SD、ND、NS、FU、FD の各群間でもそれぞれに有意差は認められなかった。これら群間では腕立て伏せにおける形態的質の違いによる明確な差は認められなかった。上体起こしにおける 9 群の平均値分布は Figure8-7 に示された。Tukey の HSD 検定の結果、SU、SS、NU の 3 群が他の 6 群に比べて有意に優れていることが示された。また、FD では他の 8 群との間に有意差が認められ、9 群の中で最も劣っていた。一方、NS と ND、SD と FU と FS の各群間には有意差が認められず、これらの群間では上体起こしにおける形態的質の違いによる明確な差は認められなかった。

第4節 考察

発育期の肥瘦体型と体力の関係を検討した報告において、肥瘦体型の判定には BMI を基準とした知見が多い(Kim et al, 2005、Chen et al, 2006、Bovet et al, 2007、Dumith et al, 2010)。しかし一方で、横山(1993)は、肥瘦係数を用いたり、金ら(1992、1993)は体脂肪率からの判定によって、肥満者と非肥満者の体力を比較検討している。これらの知見は、北川(2002)が結論付けたように、体重移動のある体力発揮では、肥満者は非肥満者より劣り、体重移動のない体力発揮では両者の差は示されないと述べている。いずれにせよこのような報告は、肥満者の体力が劣るという立場を主張しているが、一般的な理解としては肥満者の体力が劣るのは当然と見なされる。したがって、BMI や体脂肪率の一元的方向から導かれた肥満判定では、肥満を呈する身体的要因の何が体力・運動能力に影響しているか検討するのに限界がある。

Fujii(2008)、田中、藤井ら(2008、2009)は BMI と体脂肪率を考慮した二元的方向から形態的な質を分類し、同一 BMI グループにおける形態的質の異なる群間の体力を検討した。特に本研究は、形態的質の違いによる9群の形態的質グループを分類した。そして、9群の体格、身体組成、体力を比較、検討した。まず、身長について、基本的には BMI が高くなるにしたがって身長は高くなる傾向がある。しかし、各 BMI タイプの脂肪過多群ではそのような傾向は示されず、どの BMI タイプでも脂肪過多の身長は低かった。藤井ら(2008)は、学齢期では早熟者は高身長の傾向であることを示しており、Han et al, (1987)はさらに高身長の傾向に加え、脂肪量が多いことを報告している。したがって、これら報告を考慮すれば、BMI の高さが高身長の関係は成熟度の早さと推測される。しかしながら、どの BMI タイプでも脂肪過多の身長が低いのは従来にない報告であり、今までの研究手法では見落とされてきた知見である。恐らく、同一の BMI では脂肪蓄積が多い者は早熟故の低身長の傾向があり、脂肪蓄積が結果的に骨発育を抑制していると推測される。

体力では、BMI タイプが痩身、標準で脂肪過少の者は 20m シャトルラン、腕立て伏せ、上体起こしで優れた結果を示した。一方、BMI タイプが肥満で脂肪過多の者は上述した体力項目では明らかに劣っていた。このことは、肥満者は非肥満者に比べて体力が劣るというこれまでの報告(Kim et al, 2005、Chen et al, 2006、Bovet et al, 2007、Dumith et al, 2010)をより詳細に再検証したことになる。また、BMI タイプが肥満で脂肪過少の者の長座体前屈以外の体力項目では、BMI タイプが痩身、標準で脂肪過多の者と同等であることが示された。このことは、BMI が低くても体脂肪の蓄積度合いが多ければ低体力であることを示唆する知見である。Han et al(1987)は、成熟度別に身長、体脂肪率、最大酸素摂取量、最大静的筋力を検討し、これら要素において早熟群が高い数値を示したことを報告している。また、Mota et al(2002)は、8 歳から 16 歳の男子における成熟度の段階は有酸素能力のパラメーターとしての有効性を示唆している。Jones et al(2000)は、思春期前後の男子では成熟度が体力に大きく影響しており、体力評価における生物学的成熟度の重要性を述べている。このような観点から、本研究において BMI が低値の者は晩熟であると推測され、つまり、発育期における低体力の要因には成熟度の影響が考えられる。

しかし、BMI が高値の者は成熟度が進んでいる分だけ体力の成就も早く、歴年齢時点では体力は高いことになる。よって、本研究における BMI が高く脂肪蓄積が少ない者は、BMI が低く脂肪蓄積の多い者と体力ではそれほど変わらなかったとする知見の妥当性が認められよう。引原ら(2007)は、思春期における日常の身体活動量と体力の関連について報告しており、戸田ら(2007)は日常の身体活動量が多い者は体力が高いこと、安部ら(2003)は肥満者は非肥満者に比べて身体活動量が少ないことを報告した。また、中学期における男子の身体組成について、金ら(1992)は、体脂肪率と食習慣、朴ら(1990)は皮脂厚と遊び状況、栄養摂取状況との間に強い関連性を報告している。これらの報告を考慮すると、発育期の体力は身体活動量、生活環境や食習慣、成熟の要素が複合的に関連しており、この時期の体力評価は関連要因を整理して多元的方向か

ら検討することが必要である。したがって、本研究における BMI タイプおよびタイプ別脂肪蓄積度合いに基づく二元的方向からの形態的質の違いによる体力評価は、中学期男子の体力評価の基礎的かつ有効な情報と考えられる。特に、形態的質の違いによる 9 分類の体力評価によって、今まで検証できなかった肥満タイプでも脂肪蓄積が少ない者の体力、標準、痩身タイプでも脂肪蓄積が多い者の体力が把握できた点は、本研究で導かれた新たな知見といえよう。

第 5 節 結語

本研究では、韓国人男子中学生に対し、BMI による肥瘦度および BMI に対する体脂肪率の脂肪蓄積度合いによる二元的方向から形態の質を決定した。そして、形態の質の違いにより分類された 9 群の体格、身体組成および体力の評価を行った。その結果、身長については、BMI が高くなるにしたがって高くなる傾向が明確に示された。しかし、脂肪蓄積度合いが脂肪過多の者については全ての BMI タイプで身長はそれ程変わらない傾向が示され、BMI タイプに係わらず低身長であることが示唆された。体力では、BMI が瘦身タイプもしくは標準タイプで脂肪過少の者が 20m シャトルラン、腕立て伏せ、上体起こしで優れた結果を示し、反対に BMI が肥満タイプで脂肪過多の者はこれらの体力項目が明らかに劣ることが示された。一方で BMI が肥満タイプで脂肪蓄積が少ない者と BMI が瘦身タイプで脂肪蓄積の多い者との体力はそれほど変わらないことが明らかとなり、BMI が標準的もしくは低くても体脂肪の蓄積度合いが多ければ低体力であることを示唆する知見が導かれた。

第 6 節 図表

Table 8-1. Calculation result of residual sum of squares, determination coefficient and AIC from 1st order to 3rd order.

Order	Polynomial	Determinatio n coefficient	Residual sum of squares	Akaike's informatio n criterion
Linear	$y=1.8572x - 18.891$	0.852	4167.1	1185.8
Quadratic	$y= 0.0125x^2 + 1.2795x - 12.441$	0.853	4157.5	1187.3
Cubic	$y= -0.0146x^3 + 1.0242x^2 - 21.499x + 154.64$	0.865	3886.8	1173.8

Table8- 2. Nine morphological quality categories derived from the BMI and regression evaluation chart of % fat for BMI

	Accumulation of fat level			
	Excessive Development	Slim type-Excessive Development	Normal type-Excessive Development	Fatty type-Excessive Development
	Standard	Slim type-Standard	Normal type-Standard	Fatty type-Standard
	Excessive Underdevelopment	Slim type-Excessive Underdevelopment	Normal type-Excessive Underdevelopment	Fatty type-Excessive Underdevelopment
	BMI (Type)			
	Slim type	Normal type	Fatty type	

Table8- 3. Statistics of physique and body composition in nine morphological quality categories derived from the BMI and regression evaluation chart of % fat for BMI

	SU	SN	SD	NU	NS	ND	FU	FS	FD	ANOVA
n	13	20	11	42	34	30	21	18	12	
Height (cm)	161.3±5.1	159.8±5.3	158.3±10.6	166.3±5.5	164.7±6.7	157.7±7.0	169.0±5.4	165.5±5.9	158.0±7.0	*
Weight (kg)	45.7±5.2	43.9±4.3	43.6±6.8	58.3±5.2	57.8±6.5	54.2±6.2	79.3±9.1	75.2±7.3	70.2±7.3	*
BMI (kg/m ²)	17.5±1.4	17.2±1.1	17.3±0.7	21.1±1.7	21.3±1.5	21.8±1.9	27.7±2.1	27.4±2.1	28.1±1.7	*
% fat (%)	9.9±1.4	13.6±1.4	19.4±2.5	15.9±3.8	20.1±3.7	26.7±4.8	28.0±3.6	33.6±3.0	40.1±3.3	*
% SLM (%)	48.7±1.1	46.3±1.0	42.6±2.3	46.6±2.1	43.8±2.0	39.5±2.7	40.3±2.0	36.5±1.6	32.4±2.0	*

BMI:Body Mass Index, % fat:Body fat percentage, %SLM:Soft lean mass percentage

*p<0.05

SU Slim-Excessive Underdevelopment, SS Slim-Standard, SD Slim-Excessive Development

NU Normal-Excessive Underdevelopment, NS Normal-Standard, ND Normal-Excessive Development

FU Fatty-Excessive Underdevelopment, FS Fatty-Standard, FD Fatty-Excessive Development

Table 8-4. Statistics of sit and reach, 20m shuttle run, push-up and sit-up in nine morphological quality categories derived from the BMI and regression evaluation chart of % fat for BMI

	SU	SN	SD	NU	NS	ND	FU	FS	FD	ANOVA
Sit&Reach (cm)	9.5±5.1	7.9±6.6	8.7±7.3	11.8±6.1	9.1±5.7	8.1±6.1	7.6±6.5	8.6±5.5	8.7±4.7	ns
20m shuttle run (times)	48.8±16.3	39.4±15.4	37.2±18.6	46.6±18.7	40.5±13.1	34.3±11.4	33.9±8.8	29.4±10.6	21.0±8.1	*
Push-up (times)	23.2±12.9	21.7±12.6	15.4±7.1	26.0±11.3	17.1±12.2	15.6±9.4	14.3±8.9	8.2±6.7	11.5±13.1	*
Sit-up (times)	40.2±6.5	38.9±9.9	31.4±6.0	40.7±8.0	36.2±8.3	34.8±8.1	31.9±10.2	32.6±9.1	25.9±8.2	*

SU Slim-Excessive Underdevelopment, SS Slim-Standard, SD Slim-Excessive Development

NU Normal-Excessive Underdevelopment, NS Normal-Standard, ND Normal-Excessive Development

FU Fatty-Excessive Underdevelopment, FS Fatty-Standard, FD Fatty-Excessive Development

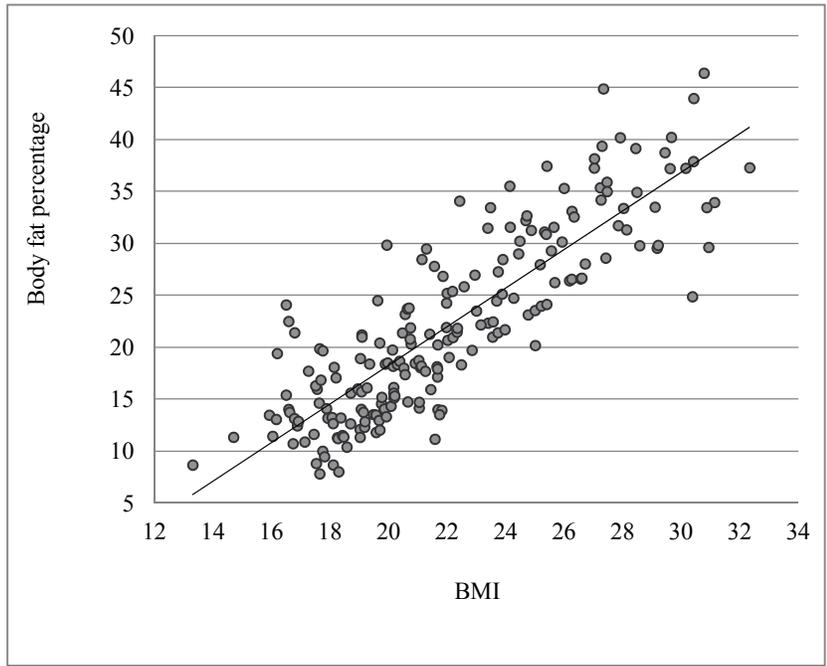


Figure 8-1. 1st order polynomial regression of fat percentage for BMI

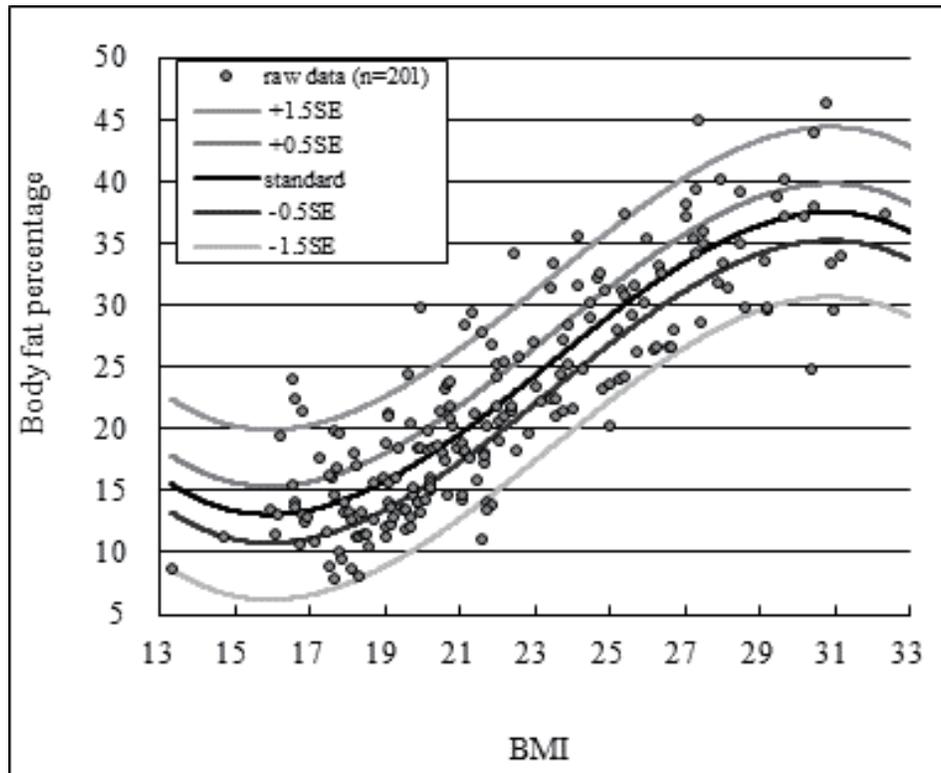


Figure 8-2. Polynomial regression evaluation chart of fat percentage for BMI

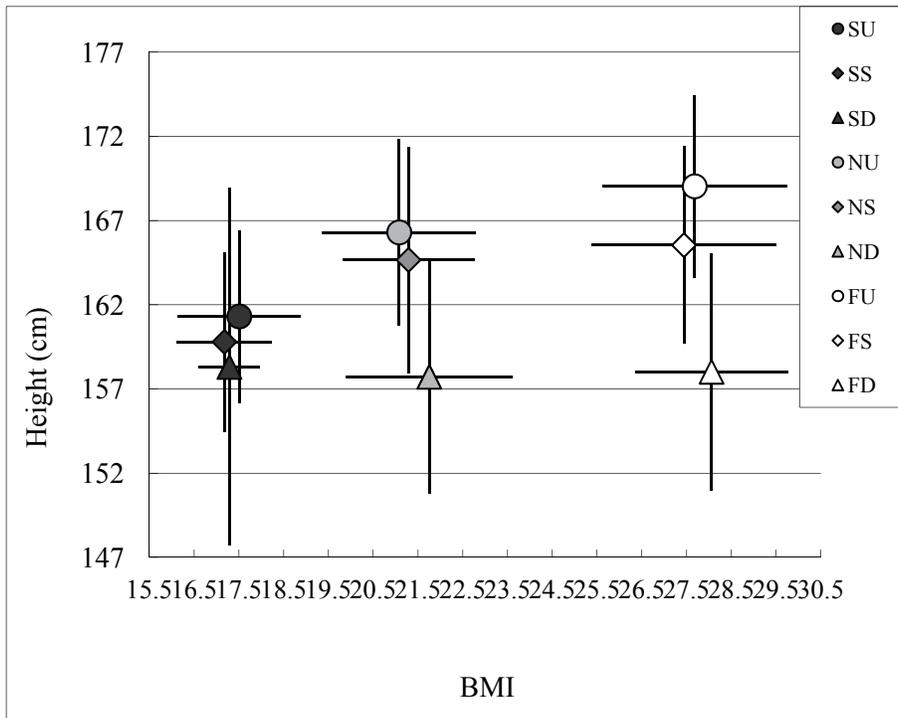


Figure 8-3 Distribution of height in nine groups

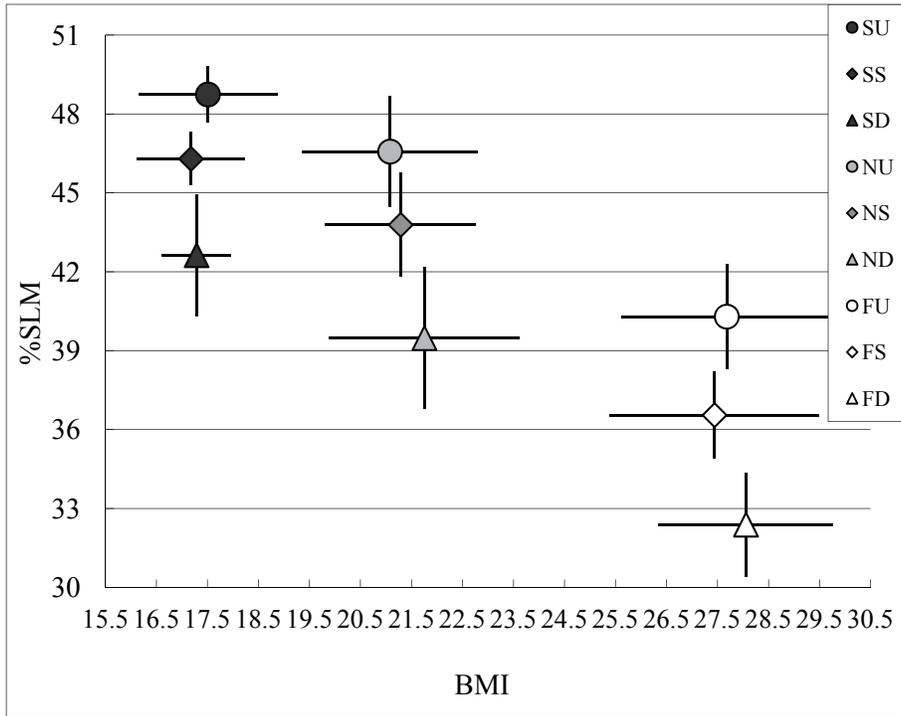


Figure 8-4 Distribution of muscle mass percentage in nine groups

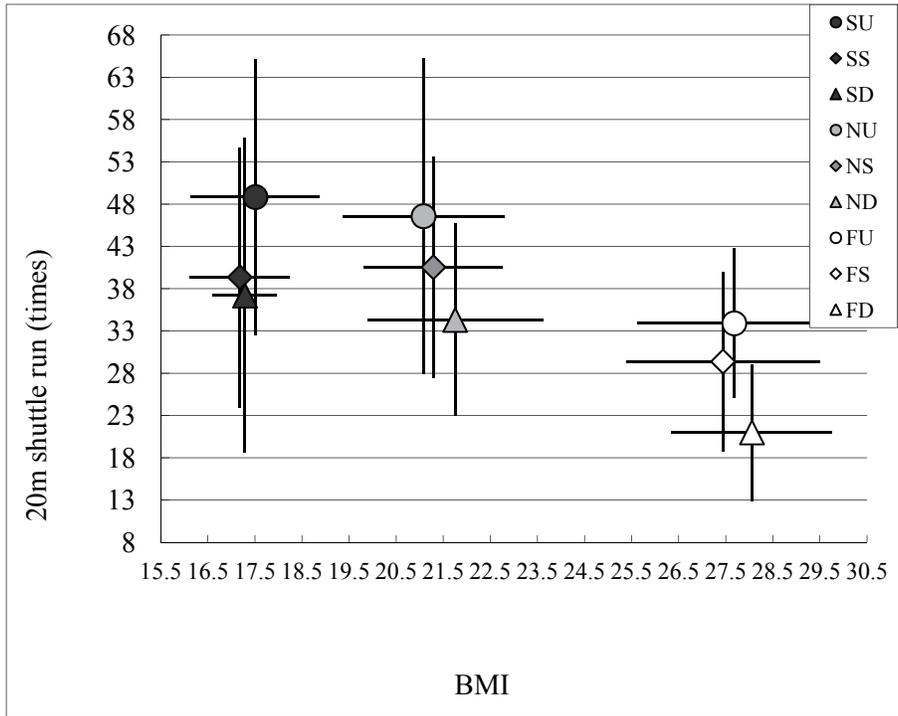


Figure 8-5 Distribution of 20m shuttle run in nine groups

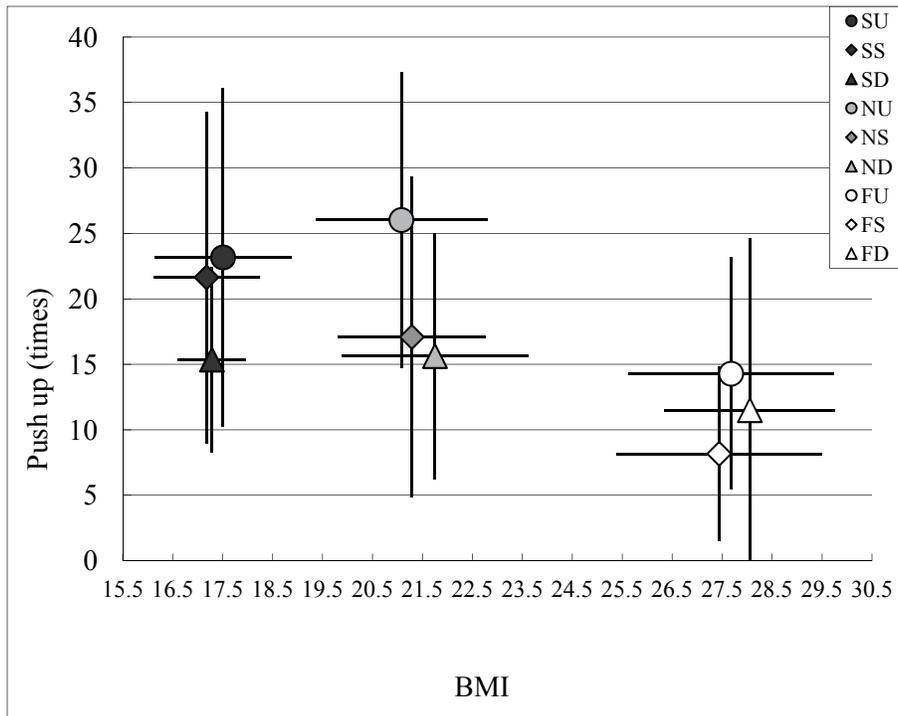


Figure 8-6 Distribution of push-up in nine groups

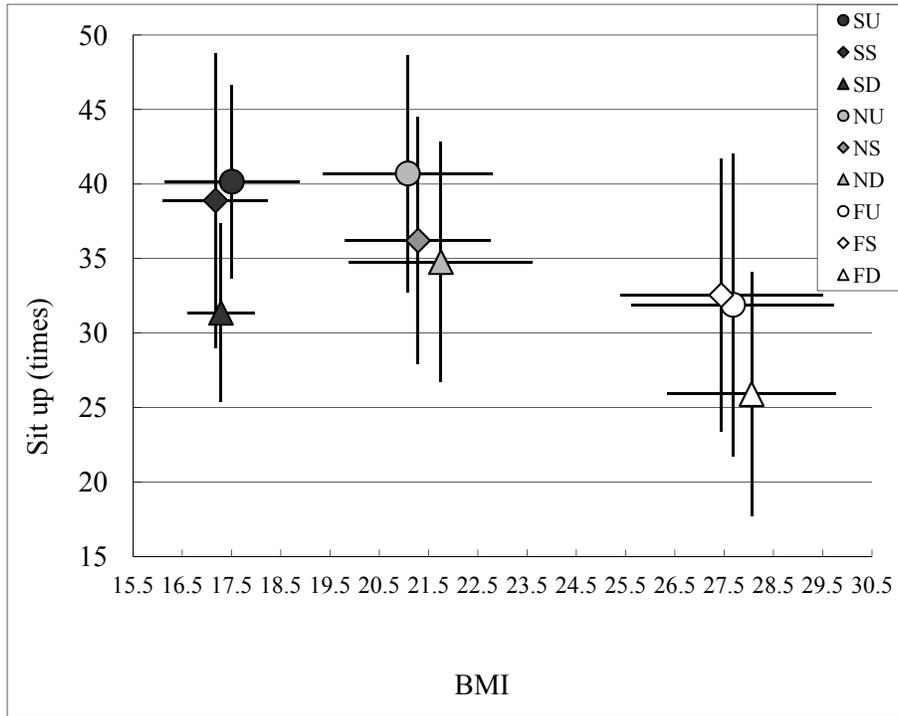


Figure8-7 Distribution of sit-up in nine groups

第九章

検討課題VI

身体健康度指標活用のための
フィードバックシステム構築の
基礎的研究
—学齢期における回帰多項式による
体力評価チャートの作成—

第1節 本章の目的

中学期に生起する思春期発育スパートは、人の発育においては2番目に急激な増大を示す現象で、この時期を経過することによって成人に近づく重要な発育機序といえる。Tanner(1978)はこの現象を思春期急増(adolescent growth spurt)と呼び、人であれば誰でも出現する現象として統一的論理体系を展開してきた。この時期、男子においては思春期急増のメカニズムによりタンパク同化作用が促進され、体脂肪の増大は抑制される。もしこのメカニズムに異常が生じれば体脂肪の増大が促進されるか、極端に体脂肪の燃焼が進み形態の質的な変化が起きる。もちろん、メカニズムの異常が起こる場合、それは、中学生の生活状況から派生されるに違いなく、運動時間が短くテレビゲームに熱中する者では消費カロリーに対して摂取カロリーが過度になり結果として肥満となったり、受験勉強によるストレスからの代理摂食による肥満も見逃せない。これらの形態的質の違いは肥満または痩身に大別されるであろうが、さらに体型の割には脂肪量が多い場合、または少ない場合が考えられる。中学期を含めた青少年の体力の低下傾向について、日本では、西嶋(2002)(2003)が文部科学省の統計調査をもとに児童・青少年の体力低下を検討した。確かに、1980年から85年をピークに体力の低下が示され、現在でもその歯止めは掛かっていないようである。これらの青少年の体力低下問題の要因には、経済の高度成長と発展による都市化が影響した極端な活動不足とスポーツ至上主義の二極化が根底にある。その結果、受験やコンピューターゲームにのめり込む者は益々体力低下を余儀なくし、このようなライフスタイルの変化が同時に身体組成にも影響を及ぼしていると考えられる。

一方、韓国ではかつての日本と同じように大学受験が激化しており、その教育熱は社会問題となっている。韓国統計庁による2009年度の生活時間調査結果によると、10代の青少年では、ウィークデイで学習時間は9時間程度と報告されている。また、余暇時間は1週間の平均で3.5時間程度であるが、スポーツや屋外での身体活動は1時間弱と報告されており、ウィークデイではさらにその時間が短くなっている。加えて、体育の授業は選択制で年間4単位しか取れず、大学受験を主体とした教育制度による身体活動時間の減少が顕著である。また、日

本と同様に体格の増大に反する青少年の体力低下も問題となっている(Kim et al 2002)。韓国で行われている国民体力実態調査の1989年から2007年までの3年毎の調査結果によれば、中学生では、身長、体重などの体格要素は明らかに増大していることが示されている一方で、体力・運動能力では、筋持久能力は向上の傾向を示すが、跳能力においては1990年代から、走、持久能力は1989年から低下の傾向が示されている。さらに、朴(2006)は、韓国の少子・高齢化について言及し、2005年の合計特殊出生率は1.08となりOECD(Organization for Economic Co-operation and Development)加盟国では最低水準となったと述べている。将来の人的資産の確保のみならず、その質の向上が現在の韓国にとって重要な課題となるであろう。

田中、藤井ら(2009)は、韓国における体力低下問題に対し、韓国人中学生の形態の質の違いによる体力の検討を行い、肥満形質の低体力傾向の知見を導いている。また、引原ら(2007)は、思春期における日常の身体活動量と体力の関連について報告しており、戸田ら(2007)は日常の身体活動量が多い者は体力が高いこと、安部ら(2003)は肥満者は非肥満者に比べて身体活動量が少ないことを報告している。このような体力低下および肥満改善に有用な知見が教育現場に理解されるとともにうまく還元され、活用されれば現在の韓国や日本における問題解決に役立つと考えられる。

ところで、教育現場における、教育者から学習者へのフィードバックシステムについては、遠隔授業システムやWBT(Web Based Training)、レスポンスアナライザなど、コンピュータやコンピュータネットワークを利用したe-ラーニングに関する報告は多くなされており、様々なシステムが開発されている(桑原2004, 松河ら2007, 中島2008)。これらの特徴は、インターネットを含めたコンピュータネットワークにより、学習者、もしくは教育者はその場でレスポンスを得ることができうる点であろう。しかし、現在、我々が取り組んでいる身体情報科学、健康・スポーツ科学の研究領域においては、研究機関において検証された結果を教育現場に効果的にフィードバックさせるシステムは構築されていない。そこで本研究は、田中ら(2010)の報告に続き、韓国人男子中学生を対象とした身体健康指標の活用を目指したフィードバックシステムの構築を模索するための基礎的情報を得ようとした。そこで、BMIの肥満、痩身判定による

体型分類およびBMIに対する筋肉率の多項式回帰評価による形態の質の評価チャートを構築し、個々の形態的質の違いから体力評価が可能となるか検討しようとするものである。さらに、ここから導かれる知見が教育現場において有効利用できるかどうか考察し、その議論の展開から効果的、効率的なフィードバックシステムの可能性を探った。

第2節 方法

1. 対象

被験者は、韓国ソウル近郊の中学校2年生男子201名であった。被験者とその保護者には事前に調査および測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。測定時の被験者に急性および慢性の疾患を患っている者はいなかった。測定は2006年10月に行われた。

2. 体格と身体組成

身体成分は、segmental bioelectrical impedance analysis & multi-frequency bioelectrical impedance analysis法によるボディコンポジションアナライザー(InBody 3.2, Biospace)を用いて、体重、体水分量、筋肉量(Soft lean mass : SLM)、体脂肪率(percentage of body fat)および体脂肪量(Fat mass)を測定した。SLMは体重より脂肪量と骨量を減じて算出され、体脂肪量は体重からSLMおよび骨量を減じて算出されている。身長測定は、デジタル身長計を使用して1mm単位で測定した。BMI(Body mass index)は身長(m)の二乗を体重(kg)で除して算出した。

3. 体力測定項目

体力・運動能力には韓国で取り上げられている体力テスト項目を採用した。テスト項目の内訳は、長座体前屈、20mシャトルラン、上体起こし、腕立て伏せであった。

4. 解析の手順

- 1) BMIの統計値を求め、平均値と標準偏差から平均値評価法により3段階の体型肥瘦度分類を行う。
- 2) BMIに対する筋肉率の1次から3次までの回帰多項式を構成し、妥当性の検

討を行う。

3) 1次から3次までの最適な次数による多項式を用いてBMIに対する筋肉率の多項式評価チャートを構築し、5段階による形態的質評価を行う。

第3節 結果

1. BMIの正規性の検討

BMI分布の正規性を検討するために次の式から理論値を導いた。

$$y = \frac{x_i \times n}{\sqrt{2\pi} \times \sigma} e^{-\frac{(x_i - a)^2}{2\sigma^2}}$$

{ただし、yは理論値、 x_i は級間値：1、nはデータ数：201、 σ^2 は分散：4.0、aは平均値：22.1}

上式に各統計値を代入して求められたBMIの χ^2 値は73.9となり、正規分布関数に適合していることが確認された。

2. BMIの肥瘦度による対象者の体型分類

BMIによる肥瘦度の体型分類は、本被験者のBMIの平均値(22.1)、標準偏差(4.0)による平均値評価法を適用し、さらに統計的な検定が可能となることを考慮し、表9-1のような基準を設定した。これらの判定基準を被験者に適用してBMIの肥瘦度を分類し、その頻度分布を図9-1に示した。

3. 最小二乗近似多項式によるBMIに対する筋肉率の推定の妥当性の検討

BMIと筋肉率の相関分析を行ったところ、相関係数は $r=-0.76$ ($P<0.01$)となり、BMIと筋肉率の間には明らかな有意性が認められた。この結果から、BMIに対する筋肉率の回帰分析を行った。本研究では、1次から3次までの回帰多項式による最小二乗近似を適用し、以下に示される多項式が導かれた。図9-2～9-4には、1次から3次までの回帰多項式の適用を示す。

① 1次多項式 : $y = -0.906x + 62.526$ (標準誤差(SE)=1.64)

{但し、yは筋肉率、xはBMI値}

② 2次多項式 : $y = -0.0225x^2 + 0.1317x + 50.939$

{但し、yは筋肉率、xはBMI}

③ 3次多項式 : $y = 0.0105x^3 - 0.7437x^2 + 16.452x - 68.769$

{但し、yは筋肉率、xはBMI}

以上の回帰多項式について、その妥当性を検討するためにそれぞれの方程式の決定係数および残差平方和を算出した(表9-2)。残差平方和は3次多項式で大きく減少し、決定係数は3次多項式で増加した。また、赤池情報量基準(AIC)は3次多項式において最も減少した。したがって、多項式の次数を上げることによりBMIに対する筋肉率の推定の精度が変わることが示され、本研究におけるBMIに対する筋肉率の推定は、決定係数、残差平方和、AICの算出結果は3次において最も当てはまりが良いことが示された。よって、BMIに対する筋肉率の標準回帰評価チャートの構築には、3次多項式の適用が妥当であると判断した。

4. BMIに対する筋肉率の標準回帰評価チャートの構築

BMIに対する筋肉率の回帰評価チャートは、3次多項式の回帰平面と標準誤差(3.11)から作成した(図9-5)。

この回帰評価におけるBMIに対する筋肉率の高低による判定基準は以下のように設定した。評価チャートで $+1.5\sigma$ を超えた範囲に分布しているものはBMIの割に筋肉率が高いと判断した。この評価帯の形態的質は「筋肉過多」と評価し、数値による評価は2+とすることにした。同様に $+1.5\sigma$ から $+0.5\sigma$ の評価帯はBMIの割に筋肉率がやや高く、形態的質は「やや筋肉過多」とし、評価は1+とした。 $+0.5\sigma$ から -0.5σ の評価帯はBMIの割に筋肉率が標準的で形態的質は「普通」とし、評価は0とした。 -0.5σ から -1.5σ の評価帯はBMIの割に筋肉率がやや低く、形態的質は「やや筋肉過少」とし、評価は1-とした。 -1.5σ 以下の評価帯はBMIの割に筋肉率が低く、形態的質は「筋肉過少」とし、評価は2-とした。このように標準回帰評価チャートから形態的質の評価を判定し、BMIの肥瘦度タイプ別における人数の分布を図9-6に示した。図9-6では、「筋肉過多」を+2、「やや筋肉過多」を+1、「普通」を0、「やや筋肉過少」を-1、「筋肉過少」を-2とした。BMI肥満タイプにおいては、やや筋肉過多から右肩下がりの人数分布となったが、BMI標準タイプ、BMI痩身タイプでは、ともに正規分布に近い型が示された。

第4節 討 論

本研究では、BMIとBMIの割に筋肉率が高いか低いかを判断する二つの身体健康指標を用い、学齢期の体格および形態の質の評価基準の構築を行った。まず、BMIの評価であるが、本研究では平均値評価法を用いて肥満、標準、痩身を判断した。ところで、Tomkinsonら(2007)は韓国人児童・生徒を対象にした報告において、1968年から有酸素能力は低下し、逆にBody Mass Index(BMI)は増加していることを指摘している。さらに、Yamauchi(2007)の報告では、韓国の児童は中国の児童に比べて男女ともに体脂肪率が有意に高い結果が示されており、田中、藤井ら(2009)も韓国人男子中学生は日本人男子中学生よりもBMIが高値であると述べていることから、本韓国の青少年は近隣のアジア諸国と比較して肥満傾向の可能性が示唆されている。本研究における被験者のBMI平均値は22.1となり、2007年の国民体力実態調査と比較すると高校2年生に該当する値となっていた。また、WHO(2007)が示している基準との比較でも、14.5歳では、WHOの中央値は19.4、本研究の中央値は21.3となり、BMIが高い集団であることが理解された。青少年のBMIの評価基準の相違に関しては、このように集団の特性を大きく反映することが考えられる。評価基準の設定は慎重な検討が必要であると考えられるが、地域および生活習慣等の差異の少ない対象における測定評価という観点から考えれば、平均値評価法は有効であろう。次に、形態の質を評価するための標準回帰評価チャートは、BMIに対する筋肉率の回帰分析による最小二乗近似の適用から構築を試みた。田中ら(2010)の報告では、日本人男子中学生の形態の質をBMIに対する体脂肪率の回帰分析による最小二乗近似の適用から判断し、2次多項式を用いて評価チャートを構築している。本研究では、同様な手法を用いて多項式の妥当性を検討した。最小二乗近似多項式の適用による有効な知見として、Matsuura and Kim(1991)による身長、体重発育に対して最小二乗近似多項式を適用し、その発育パターンを検討した報告、Largo et al(1978)のSpline平滑化を適用して身長発育のパターンを検討した報告がある。本研究では、Matsuura and Kim[1991]が採用している残差平方和の検討およびAICによって多項式の妥当な次数を判断した。その結果、3次多項式の適用が妥当であることが認められた。標準回帰評価チャート構築のための回帰分

析では、対象により多項式の最適な次数が異なり、これまでの検討(Fujii et al 2008、田中、藤井ら2008, 2009)では、2次もしくは3次多項式の適用において妥当性が認められている。本研究においては、3次多項式を基準に形態の質を評価した。まず、本研究の被験者におけるBMIの最小値であった13.2から最大値の32.3まで、0.1刻みでBMI値を設定した。このBMI値を結果に示した3次多項式に代入することにより標準式を構築した。この標準式から、13.3から0.1刻みで設定された各BMI値に対する標準値となる筋肉率が計算される。次に、形態の質の評価として、BMIに対する筋肉率の判定を5段階で評価するために標準式に $\pm 0.5\sigma$ および $\pm 1.5\sigma$ を付加し、筋肉過少形態から筋肉過多形態までの判定基準となる筋肉率値を算出した。これらの作業により、BMIに対する筋肉率の評価基準値を設定することが可能となり、個々の対象においてBMIの割に筋肉率が高いか低いかが判定できた。Tanaka, Fujii et al(2010)はこの手法を用いて、韓国人男子中学生における筋肉率による形態の質の違いが体力に及ぼす影響を明らかにした。その報告から、有意差にばらつきはあるものの、筋肉過多形態であれば体力が優れ、筋肉過少形態では体力が劣る傾向が把握できる。

前田ら(2010)によれば、韓国では、NEIS(National Education Information System)という全国教育行政情報システムが構築され、教育行政の情報化が進んでいる。児童生徒の学校生活の記録は電子化されデータベースに登録され、教育現場で活用されているという。このような取り組みは、研究機関と教育現場をつなぐフィードバックシステムの模索においての有用な手がかりとなると考えられる。しかし、現在では、健康科学、スポーツ科学においては測定結果を教育現場へフィードバックする流れをシステム化した研究は見当たらない。測定調査を必要とする研究において、測定から結果のフィードバックまでの流れをシステム化することができれば、研究結果の有効活用の可能性が広がるであろう。

本研究ではBMIによる肥瘦判定およびBMIに対する筋肉率の多項式回帰評価チャートの構築から形態の質を評価した。そして、これらの評価基準を用いた体力評価を身体健康指標として構築した。これらの身体健康指標を活用し、現在の子どもたちが抱えている問題を解決するために、教育現場でのニーズを把握するとともに、研究結果から得られた知見の理解、測定の実施、測定結果の検討、現場へのフィードバックといった流れのシステム化に向けた模索が今後の課題となるであろう。

第5節 図表

表 9-1 BMI タイプの判定基準値

BMI タイプ	評価の基準	BMI 分類の判定値
痩身タイプ	平均値 - 0.75SD	BMI < 19.1
標準タイプ	平均値 ± 0.75SD	19.1 ≤ BMI < 25.1
肥満タイプ	平均値 + 0.75SD	25.1 ≤ BMI

表 9-2 1次から3次までの多項式の決定係数、残差平方和、AICの算出結果

次数	回帰多項式 (y=筋肉率、x=BMI)	決定係数	残差平方和	AIC
1次	$y = -0.906x + 62.526$	0.58	933.6	1031.3
2次	$y = -0.0225x^2 + 0.1317x + 50.939$	0.58	941.3	1030.0
3次	$y = 0.0105x^3 - 0.7473x^2 + 16.452x - 68.769$	0.62	772.5	1014.0

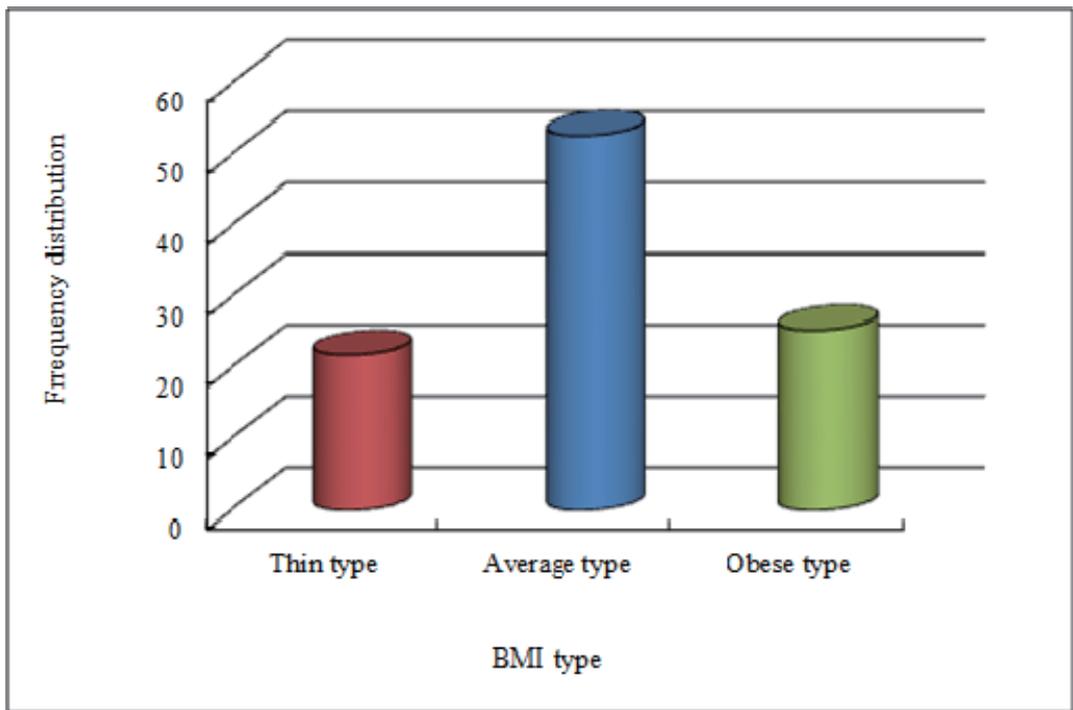


図 9-1 BMI 痩身、標準、肥満タイプの度数分布

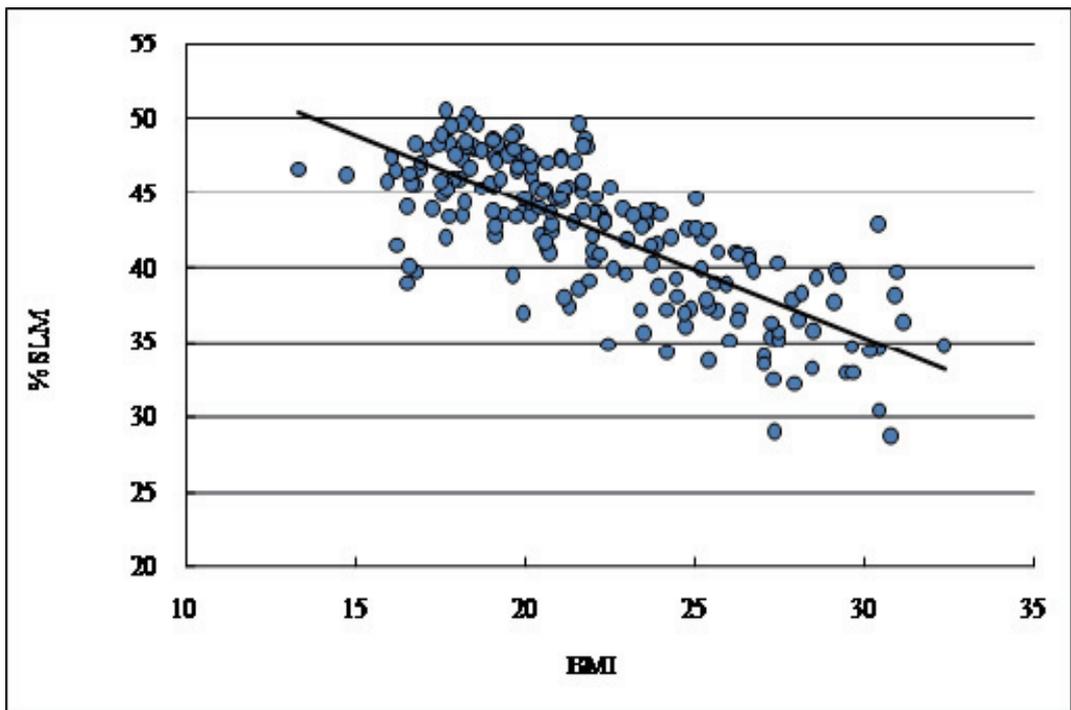


図 9-2 BMI に対する筋肉率の 1 次回帰多項式の適用

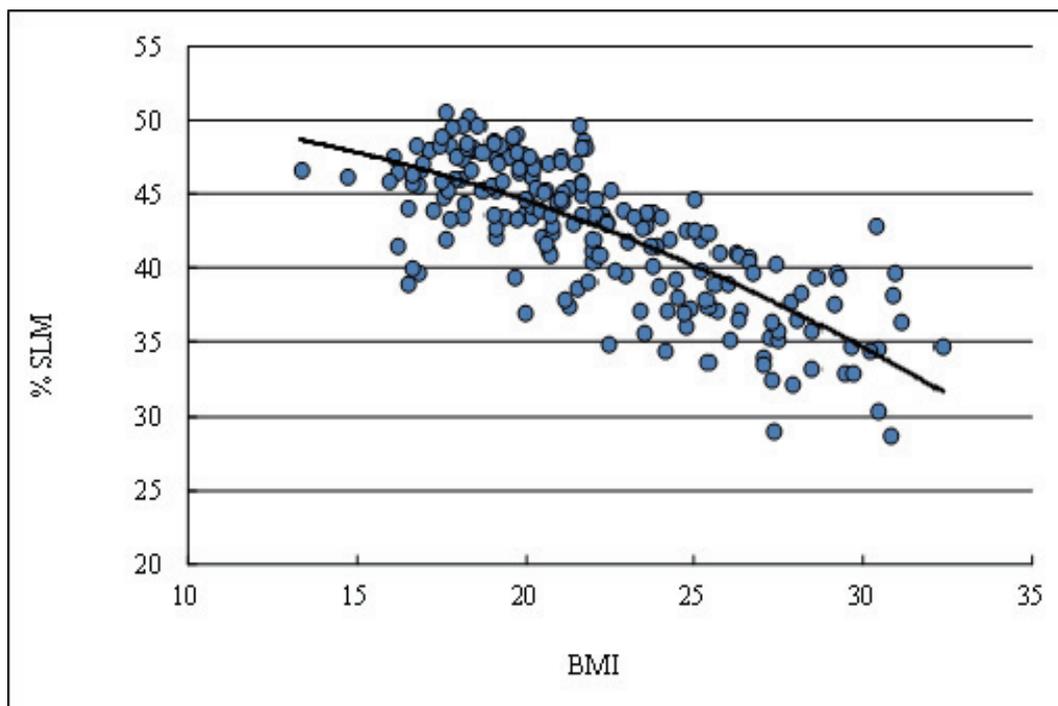


図 9-3 BMI に対する筋肉率の 2 次回帰多項式の適用

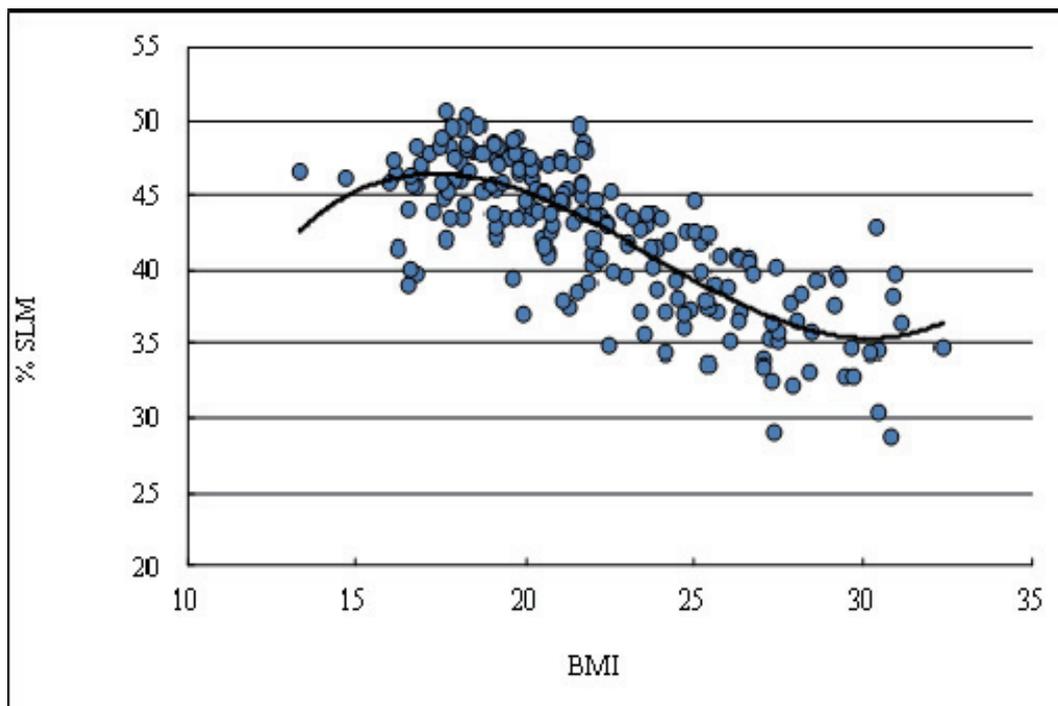


図 9-4 BMI に対する筋肉率の 3 次回帰多項式の適用

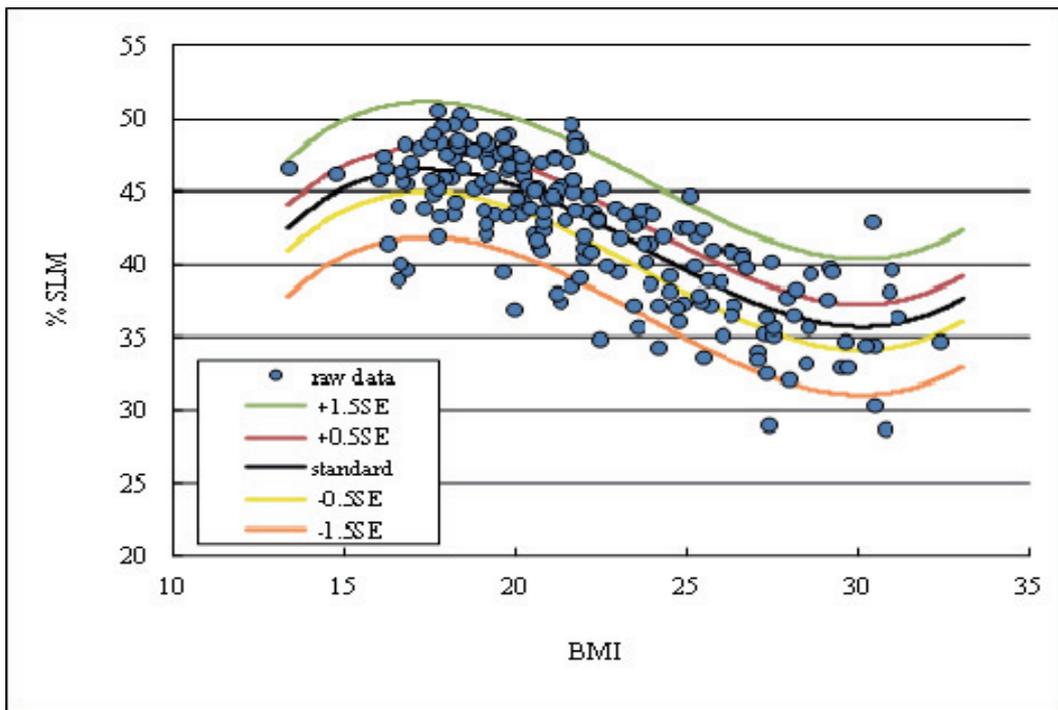


図 9-5 3次多項式を適用した BMI に対する筋肉率の標準回帰評価チャート

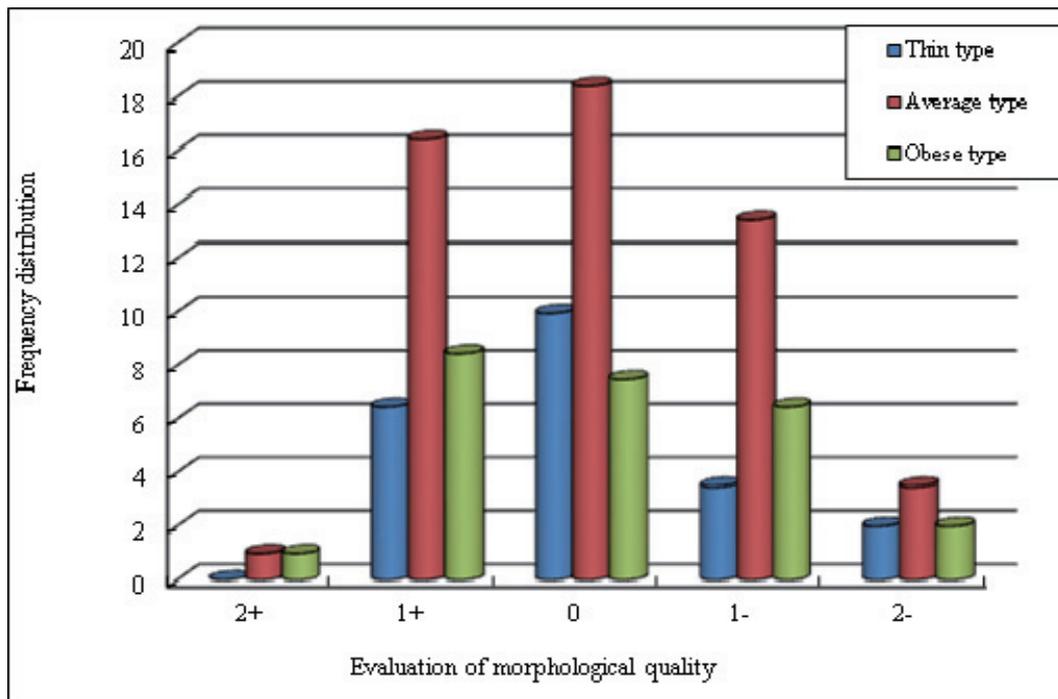


図 9-6 BMI に対する筋肉率の標準回帰評価チャートに基づき分類された形態の質群の度数分布

第十章

検討課題Ⅶ

企業労働者に対する
身体健康度指標のフィードバ
ック戦略の模索

第1節 本章の目的

我が国では、平成18年に「健康づくりのための運動指針2006：生活習慣病予防のために～エクササイズガイド2006～」が策定された。これは、健康な成人を対象に、運動基準の内容に基づいて安全で有効な運動を広く国民に普及することを目的としており、個人の身体活動・運動量の評価と目標設定の方法、個人の身体的特性および状況に応じた運動の選択、それらを達成するための方法を具体的に示したものである(下光, 2006)。久野(2006)は、国民の健康づくりにおける運動の役割がこれほど国レベルで認識され、具体的な施策として遂行されようとしているのは、初めてのことであろうと述べており、これまでの研究者や健康運動に関わる現場指導者の努力によるものであることを明示した。このことは、運動の生活習慣病予防や健康増進への関与が科学的に明らかにされ、現代社会において多くの人に運動実施が求められている結果と言えるであろう。近年のわが国は、科学技術の発展により労働形態が変化し、労働負担の増大が労働者の心身の健康にかかわる問題として取り上げられている。大西(2007)は、労働は械化され、エネルギー消費量的には著しく軽減されたが、神経的緊張の継続する細分化された労働負担は、疲労回復を容易にしない側面があることを指摘している。さらに、このような労働の機械化の他にも雇用形態の多様化や長時間労働、高年齢労働者の増加、成果主義や業績主義のような労働環境も労働者の心身の健康保持を阻害する要因となっている。また、労働形態や環境の変化だけでなく高度経済成長以降の日常生活習慣における省力化は、日常生活における身体活動量を減少させ体力低下(佐々木ら, 1995)、生活習慣病の増加を招いている。特に、労働者の高齢化が進み若年労働者の労働力は重要な位置を占めると考えられる中で、若年者の体力低下は食い止めなければならない課題であろう。Ohtaら(2004)は余暇を活用した生活習慣修正指導は体力を改善することを通じてワークアビリティを増加させることに寄与すると考えられると述べて生活習慣や身体活動に対する改善指導の有効性を示しており、この知見からは日常の身体活動や余暇の活動の充実が職場における能力の向上につながることを示唆していると考えられる。

厚生労働省が平成19年に発表した労働者健康状況調査結果では、1000人未

満の事業所においては労働者の健康保持・増進の取り組みが進んでおらず、特に体力テストを実施している事業所は1割を切ることを示された。健康保持・増進のための第1歩は、現状の健康状態を自分自身が把握することであると考えられる。現状を知ること、改善に必要な情報を求め、個々に必要な情報を得て、自身での改善への取り組みの実施が欠かせない。心身の健康管理を効果的かつ効率的に推進し、定着させていくためには、健康測定、健康指導、健康情報提供による健康保持増進プロセスにおけるフィードバックのシステム化が必要となると考えられるが、このようなフィードバックシステムには、科学的根拠に基づく介入が必要であり、特に個人の健康状態に合わせた個別のプログラム提供が必須なことからも研究機関が果たせる役割は大きいのではないかと推測する。

本研究は、研究機関から発信した健康管理情報を如何に企業に就労する労働者の健康に役立たせるか、つまり、身体健康度指標のフィードバックシステム構築を模索したいと考えた。しかしながら、従来までに現場への有効なフィードバックシステムを構築したモデルがない。そこで、流通システムの考え方の核となるロジスティクス理論から、フィードバックシステムをサプライチェーンプロセスと見なせば、研究機関から企業内の労働者にスムーズなフィードバックモデルを模索することができると考えた。そして、戦略的な視点に立った効果的かつ効率的な健康保持増進指導の確立を目指すことを目的とした。

第2節 身体健康度指標構築の模索

本研究における身体健康度は、健康と体力の関連の観点から、体力、運動能力を一つの軸に、また、近年の肥満増加や若年者の体力低下の観点から、体格指数である BMI(Body mass index)、体脂肪率をもう一つの軸にすることとした。そして、BMI および体脂肪率と体力、運動能力との関係から身体健康度の指標を構築した。

1. 対象

高校生の被験者は、岐阜県の男子高校1年生146名であった。測定は平成19年10月に実施した。被験者およびその保護者には事前に調査および測定の内容を説明し、これに対するインフォームドコンセントを得た。

2. 測定項目

身長測定は、タニタ製デジタル身長計を使用した。BMIは体重(kg)を身長(m)の2乗で除して算出した。身体成分は、segmental bioelectrical impedance analysis & multi-frequency bioelectrical impedance analysis法によるボディコンポジションアナライザー(InBody3.2, Biospace)を用いて、体重、体水分量(Total body water: TBW)、筋量(Soft lean mass: SLM)、骨量(Bone mass)、体脂肪率および体脂肪量(Fat mass)を測定した。SLMは除脂肪量からミネラル量を減じて算出され、体脂肪量は体重からSLMおよびミネラル量を減じて算出されている。

3. 身体健康度指標の作成

- 1) BMIから体型の判定を行い、肥瘦度の影響による体力を解析する。
- 2) BMIに対する体脂肪率の回帰分析を行い、1次から3次までの回帰多項式を算出し、AIC、決定係数、残差平方和から妥当な次数の回帰多項式を決定

する。

3)決定された回帰多項式による評価チャート(10-1)を構築し、形態的な質の違いを判定する。

第3節 身体健康度指標のフィードバックシステムの模索

経営活動では、生産者から消費者に製品やサービスなどの商品を供給することで様々な価値が生み出されるが、消費者の立場からは、消費者が要求する商品を、要求するときに要求する場所まで供給することが重要である。本研究では、苦瀬(2003)が示したロジスティクスの基本的な考え方である「必要な商品や物資を適切な時間に、場所に、価格で、品質と量をできるだけ少ない費用で供給すること」を参考に、ロジスティクスにおける効率化や最適化を目指した活動をモデルとして、労働者の効果的な健康保持増進に役立つフィードバックシステムを模索した。

手塚(2001)が示した Lambert, D M, Stock and Ellram, L M を引用したロジスティクス・マネジメントの諸要素を参考に、まず、本研究におけるロジスティクスのインプット、ロジスティクスのアウトプットへの適用を検討した。本研究においてはロジスティクス・マネジメントの要素における「供給者」は研究機関、「顧客」は企業に就労する従業員になるであろう。また、ロジスティクスのインプット要素である、「物的資源」には身体組成、体力測定、骨密度測定等の各種機器や研究機関が保有するコンピュータ等が含まれると考えられる。また、「人的資源」には研究者および研究補助者が、「資金」については研究助成費が、「情報資源」には、これまでに蓄積されたエビデンスや研究成果が該当すると考えられる。一方、アウトプットに関しては、「顧客に対する効率的な財の提供」は健康促進のための方策や知識、「無形資産の創出」は健康そのものが該当すると考えられる。これらのことを踏まえ、身体健康指標のフィードバックシステムは、「広報システム」、「測定システム」、「分析・評価システム」、「健康改善システム」の4つのシステムをベースに考えることとした。各システムの内容は表1に示した。また、それぞれのシステムが果たす役割については以下のように考えられる。

「広報システム」: これまでに明らかにされている健康や生活習慣と運動に関する知見や、運動による介入が健康や生活習慣病予防に役立つ知見、さらには研究機関特有の蓄積データに基づいて明らかにされたエビデンスを講演会などにより労働現場に示し、説

明を行う。これは、健康状態や体力測定的重要性と必要性を理解してもらうための第1歩であり、研究機関主導による測定の受け入れにつながる重要な活動である。

「測定システム」: 体力測定や身体組成測定の実施には、測定・評価に関する正確な知識を有した専門家が必要なこと、測定施設や器具が必要なこと、実施のための時間が必要である。つまり、これらの基盤がそろわなければ測定は実施できず、労働者の健康保持増進も推進は不可能である。研究機関は労働者に対して体格、身体組成、体力測定の各種測定と、生活習慣、労働や勤務状況などの質問紙による調査を行い、データを回収する。測定システムにおいては、精密機械を含む測定機器の運搬、測定者の移動をいかに効率よく行うかが検討の課題となる。各種測定については、それぞれの測定方法を熟知し、複数の測定を一挙に行うことに精通している測定者が担当することにより効率的に行うことが可能となるであろう。

「分析・評価システム」: 「測定システム」において実施された各種測定から回収されたデータは、個人の身体的および精神的な健康状態の現状についての把握と健康保持・増進を目的とした個別の目標設定、運動プランおよび運動プログラムの立案に活用される。これらには研究機関による多種の分析が必要となる。ここでは、数値による解析を行った後、個々の特性を明らかにし、それを次の「健康改善システム」に活かすようなデータを得ることが必要である。そこで、「分析・評価システム」は研究機関における活動となるであろう。

「健康改善システム」: 研究機関の「分析・評価システム」において明らかにされた個々の健康状態や体力の現状から、個人に合った健康増進プログラムを立案するとともに生活習慣の改善案を考案する。また、個人の今後の健康改善のための取り組みについて指導する。運動プログラムを継続的に行うために援助をすることも必要であり、定期的な運動効果の確認を行う。よって、

「健康改善システム」は、研究機関と労働現場の直接的および間接的な関わりが必要となる。

これらのシステムの中で、「広報システム」を除く「測定システム」、「分析・評価システム」、「健康改善システム」は一つのサイクルをつくり、「測定」、「分析と評価」、「運動、生活習慣改善プランとプログラムの作成」を繰り返して行うことで、健康保持増進を推進することが可能になると考えられる。(図 10-2)

第4節 身体健康度指標のフィードバックモデルの構築

健康度指標のフィードバックモデルの全体像は図10-3のように考えた。

しかし、これはまだ模索の段階であるために、今後さらなる検討が必要である。久野²⁾は、自治体における健康づくりについてビジネスモデルを提示し、多くの参加者が継続した健康づくりを実現していることを報告した。また、久保ら¹⁴⁾は、中高年が日常生活の中で楽しみながら運動を継続して実施できるシステムの構築を試みている。これらの報告に共通するのは、インターネットをうまく活用して運動継続を実践していることである。久野(2006)の場合は、e-wellnessというシステムを開発している。これは体力テスト結果やそれに基づく運動可否判定、日々のトレーニング記録のモニタリングや個人情報および健診データを集めたデータベースを構築することにより、個別のプログラムの提供や継続支援といった対象者へのサービス提供を行うとともに、管理者によるトレーニング効果の判定や出席率の低い参加者の抽出が可能となるなど、参加者のデータ分析ができるようになっている。一方、久保ら¹⁴⁾は、自宅で体操を実施できるようなウェブサイトを構築し、中高年が自分の自由な時間に運動が実施できるようなシステムを開発している。ロジスティクスの基本的な概念のもとに身体健康度評価をフィードバックする場合、このようなインターネットの活用は欠かせないものとなる可能性も考えられる。しかしそのためには、情報を提供する側と情報を受け取る側の環境の設定が重要となる。今後の課題は、研究機関から現場へのフィードバックに対する評価やフィードバックに関して現場にどのような要求があるかを調査により明らかにし、より効果的で効率的なフィードバックシステムの構築を検討することである。

第5節 図表

表 10-1 健康度指標フィードバックのための各システムの内容

広報システム	・身体組成、体格と健康、体力について
	・身体活動量と健康、体力について
	・食習慣と健康について
	・ストレスと健康について
測定システム	・体格、BMI(Body Mass Index)
	・身体組成(体脂肪率、筋肉量等)
	・骨密度
	・体力
	・血圧
	・蓄積疲労度やストレス、精神健康状態
	・労働状態や勤務状況
分析・評価システム	・身体肥満、痩身状態の把握
	・体力の現状把握
	・生活習慣の問題点の抽出
	・健康保持、改善に向けたプランの考案
健康改善システム	・身体健康状態や体力の現状提示
	・身体健康状態の改善目標、体力の目標設定
	・食時に関する指導および食事内容の指導
	・日常生活身体活動量の目標設定と実施指導
	・余暇時間の活動指導
	・健康改善のためのアドバイス

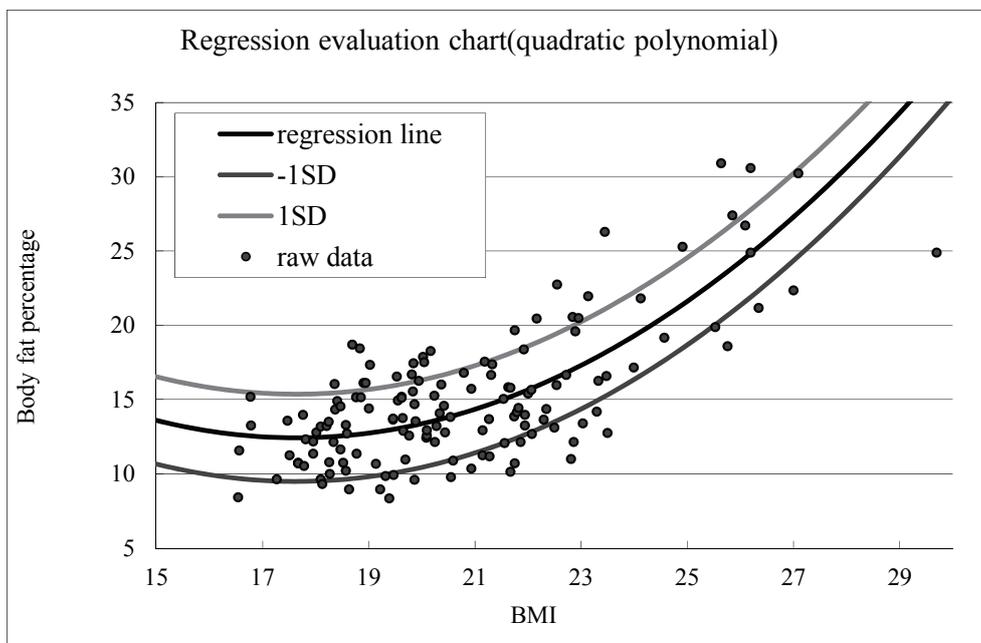


図 10-1 BMI に対する体脂肪率の多項式回帰評価チャート

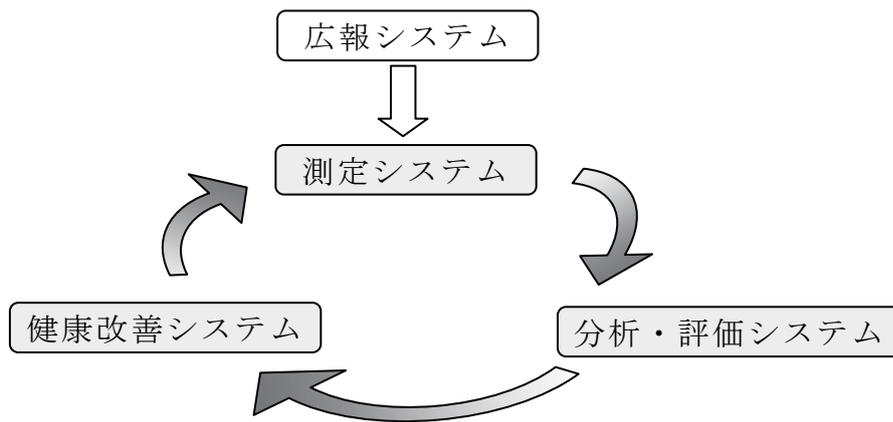


図 10-2 各システムの一連の流れと循環

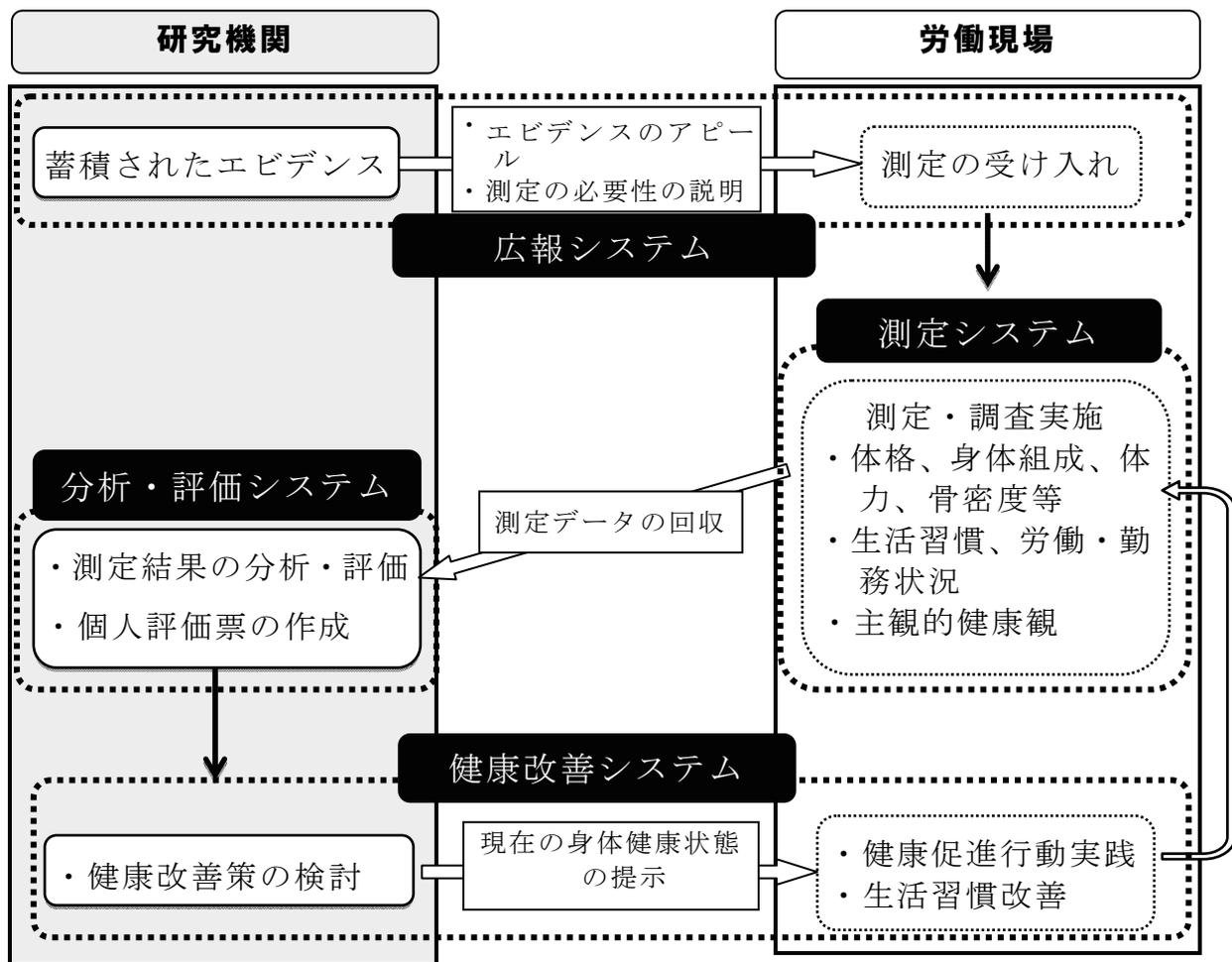


図10-3 身体健康度指標のフィードバックモデル

第十一章

検討課題Ⅷ

健康管理促進システム活用の 実際

－実業団スポーツ選手・大学生女子
への活用－

第1節 本章の目的

近年、労働負担の増大が労働者の心身の健康にかかわる問題として取り上げられている。労働の機械化や日常生活における省力化は、筋力や心肺持久能力の低下など身体機能の低下につながると考えられる。また、労働環境の変化だけでなく、日常生活環境の変化や高齢化により我が国の疾病構造は変化し、肥満や生活習慣病が増加している。厚生労働省は平成12年に「健康日本21」を策定し、健康を増進し、疾病を予防するという概念を打ち出した。生活習慣病における指導には、個別評価、個別介入が重要であり、また、個人が自身の健康状態を把握するための調査や測定を受けることのできる環境が必要となる。さらに調査、測定結果については科学的根拠に基づく情報提供が有効であると考えられる。

我々はこれまでに学齢期の生徒に対して、体格および身体組成データを用いた最小二乗近似多項式による標準回帰評価チャートを構築し、個人の身体健康度を評価する指標としての提案を行ってきた。これらの身体健康度指標はBMI(Body Mass Index)を基準として、BMIの割に体脂肪の蓄積が多いか少ないか、もしくはBMIの割に筋肉の割合が多いか少ないかを評価できるものであり、。このような手法を企業で働く労働者に応用させ、フィードバックすることができれば、労働者の健康保持・増進を促進させることが可能になると考えた。我々は、身体健康度指標のフィードバックシステムに関して、ロジスティクスモデルを参考に「広報システム」をスタートに設定し、「測定システム」「分析・評価システム」「健康改善システム」の3つのシステムの循環により構築できるのではないかと提案を行った。本研究では、「測定システム」により労働者の実際の測定データを回収し、「分析・評価システム」により身体健康度評価を行うことにより、健康保持・増進に有用な情報が得られるか検討するとともに、身体健康度指標のフィードバックシステムの活用可能性を探ることを目的とした。

第2節 測定の概要

1. 対象

身体健康度評価指標の構築は、愛知県内のフィットネスクラブに通う20代の一般女性94名を対象とした。また、身体健康度の評価は、愛知県内の20代の実業団女子ソフトボール選手15名と青森県の某短期大学生女子89名に対して行った。実業団女子ソフトボール選手には、2007年3月から2009年6月にかけて計8回の測定を行い、個人の縦断的測定データを得た。また、大学生女子に対しては、2011年12月に測定を行った。

測定対象者には事前に測定の内容について説明し、これに対する同意を得た。

2. 測定項目

20代一般女性の身体成分は、segmental bioelectrical impedance analysis & multi-frequency bioelectrical impedance analysis 法によるボディコンポジションアナライザー(InBody 3.2, Biospace)を用いて、体重、体水分量、筋肉量、体脂肪率および体脂肪量を測定した。また、体格項目として身長を測定し、身長(m)の2乗を体重(kg)で除してBMIを算出した。測定は、2007年7月から2008年10月に行った。

実業団女子ソフトボール選手には、皮脂厚計(栄研式, 明興社製)を用いて上腕後部、肩甲骨下部、腹部、側腹部、大腿部の皮下脂肪厚の測定を行った。体脂肪率は、長嶺と鈴木の式を用いて身体密度を算出し、Brozekらの体脂肪率換算式によって求めた。また、体格項目として身長と体重の測定を行い、 $\text{体重(kg)} \div \text{身長(m)}^2$ の式からBMIを算出した。

女子短期大学生には、マルチ周波数体組成計(MC-190, タニタ社製)を用いて体重、身体組成を測定した。身長は体組成測定の前直前に測定し、申告させた。

第3節 身体健康度評価指標の模索

20代一般女性におけるBMIと体脂肪率の相関分析を行ったところ、 $r=0.87(P<0.01)$ を示し、明らかな有意性が認められた。BMIに対する体脂肪率の1次から3次の回帰多項式は、表11-1に示すとおりである。導かれたBMIに対する体脂肪率の回帰多項式について、妥当性を検討するためにそれぞれのAICを算出したところ、AICは1次多項式で減少した(表11-1)。よって、AICの算出結果より、1次多項式において最も当てはまりが良いことが確認された。20代一般女性のBMIに対する体脂肪率の評価チャートは1次の回帰平面と標準誤差(SE:3.02)を適用して構築した(図11-1)。身体健康度評価の指標は標準曲線 $\pm 0.5SE$ の範囲を「標準」、標準曲線 $+0.5SE$ から $+1.5SE$ の範囲を「やや脂肪過多」、標準曲線 $+1.5SE$ 以上を「脂肪過多」、標準曲線 $-0.5SE$ から $-1.5SE$ の範囲を「やや脂肪過少」、標準曲線 $-1.5SE$ 以下を「脂肪過少」と設定した。

第4節 身体健康度評価の活用

構築された一般女性の身体健康度評価指標に、ソフトボール選手の8回目(最終)の測定データを当てはめた結果を図 11-2 に示した。この結果をみると、一般女性に対してソフトボール選手は BMI に対する体脂肪率が低いことが明らかに示された。ソフトボール選手が一般女性に比べて BMI に対する体脂肪率が低いことは、実業団女子選手のトレーニングの量、質、時間を一般女性と比べれば妥当な判定であると考えられる。身体健康度の評価は、15人のうち14名が「脂肪過少」、1名が「やや脂肪過少」と評価された。一方、8回目の測定結果では、15名のうち、14名が「脂肪過少」、1名が「標準」という評価であった。1回目の測定から8回目の評価結果を表 11-2 に示した。1回目の測定と8回目の測定で身体健康度の評価が変わった選手は、2名であり、1名は「標準」から「脂肪過少」へ、もう1名は「脂肪過少」から「やや脂肪過少」への変化であった。一方、2年3ヶ月に渡る計8回の測定での評価の変動を見ると、6名が「脂肪過少」と「やや脂肪過少」の間で変動を繰り返し、3名が「標準」、「やや脂肪過少」、「脂肪過少」間での変動を繰り返していることが明らかとなった。また、「脂肪過少」から「やや脂肪過多」の比較的広範囲で変動するものも1名いた。測定期間中の身体健康度評価に変動が全くない選手は、15名中5名であった。

一般に、肥満や生活習慣病予防の観点からは、体脂肪は少ない方が良いとされている。しかし、女性の健康という観点からは、必ずしも脂肪が少ないことが良いこととは限らない。つまり、女性においては、体脂肪が性ステロイドホルモンの代謝と関連して性機能の面においても重要であることを考えなければならない。本研究における「脂肪過少」の判定に該当する選手の中には、女性の月経異常など身体機能に異常をもたらす危険性が高くなる者もいると考えられ、女子スポーツ選手特有のスポーツ障害を引き起こさないよう個々の健康管理には十分な配慮が求められる。また、多くの選手の体脂肪率は年間を通して変動しており、その選手に求められる身体的条件を明確にし、それを適正にコントロールできるよう、フィードバックすることの重要性が示唆された。

次に、女子短期大学生 89名の個人データを身体健康度評価チャートに当ては

めた。図 11-3 に示される女子短期大学生の身体健康度評価結果を見ると、脂肪過少が 1% (1 名)、やや脂肪過少が 5% (4 名)、標準が 22% (20 名)、やや脂肪過多が 48% (43 名)、脂肪過多が 24% (21 名) となり、本研究で対象とした女子短期大学生は、脂肪蓄積が多い傾向を持つ集団であることが明らかにされた。これについては若い年齢からの適正体重の保持と脂肪蓄積量の減少に対する指導の必要性が考えられる。また、BMI が低い者ほど脂肪過多傾向にあることが示され、隠れ肥満者の多さも身体健康度評価チャートにより、簡易に把握することが可能であった。

第5節 まとめ

本研究において構築された一般女性の身体健康度評価チャートから、実業団女子選手個人の脂肪蓄積度合いの妥当性が明確にされた。これは、今後の選手の競技活動を含め、選手らの健康管理に関わる重要な指標として位置づけられる。特に、本研究における継続的な測定による縦断的データが得られれば、個人の身体的な変化が評価でき、その知見が選手の競技成績や健康評価に有効な情報となりうるであろう。したがって、身体健康度評価としてのフィードバック活用の可能性がここに提唱されたと言えよう。

第 5 節 図 表

表 11-1 20 代一般女性の BMI に対する体脂肪率の 1 次から 3 次の回帰多項式と AIC、残差平方和、決定係数

次数	多項式	AIC	残差平方和	決定係数
1 次	$y=2.17722x - 19.45467$	478.6	840.1	0.753
2 次	$y=-0.03401x^2 + 3.68321x - 35.85513$	479.7	831.4	0.756
3 次	$y=-0.01436x^3 + 0.95074x^2 - 18.48515x + 128.18814$	479.3	810.8	0.762

表11-2 実業団女子選手の身体健康度評価の縦断的变化

	2007年3月	2007年6月	2007年12月	2008年3月	2008年6月	2008年12月	2009年3月	2009年6月
選手A	標準	標準	やや脂肪過多	やや脂肪過少	やや脂肪過少	やや脂肪過少	標準	脂肪過少
選手B	脂肪過少		脂肪過少	脂肪過少	やや脂肪過少	脂肪過少	やや脂肪過少	脂肪過少
選手C	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少
選手D	脂肪過少		脂肪過少	脂肪過少		脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少
選手E	脂肪過少		やや脂肪過少			標準	やや脂肪過少	脂肪過少
選手F	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少
選手G	脂肪過少	脂肪過少	やや脂肪過少	やや脂肪過少	標準	脂肪過少	標準	脂肪過少
選手H	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	やや脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少
選手I	脂肪過少		やや脂肪過少	やや脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	標準	やや脂肪過少
選手J	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少
選手K	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少	脂肪過少
選手L	脂肪過少	標準	やや脂肪過少	やや脂肪過少	やや脂肪過少	脂肪過少	やや脂肪過少	脂肪過少
選手M	脂肪過少		脂肪過少	脂肪過少		脂肪過少	やや脂肪過少	脂肪過少
選手N	やや脂肪過少	やや脂肪過少	標準	やや脂肪過少	標準	標準	標準	脂肪過少
選手O	脂肪過少		標準	脂肪過少	やや脂肪過少	やや脂肪過少	やや脂肪過少	脂肪過少

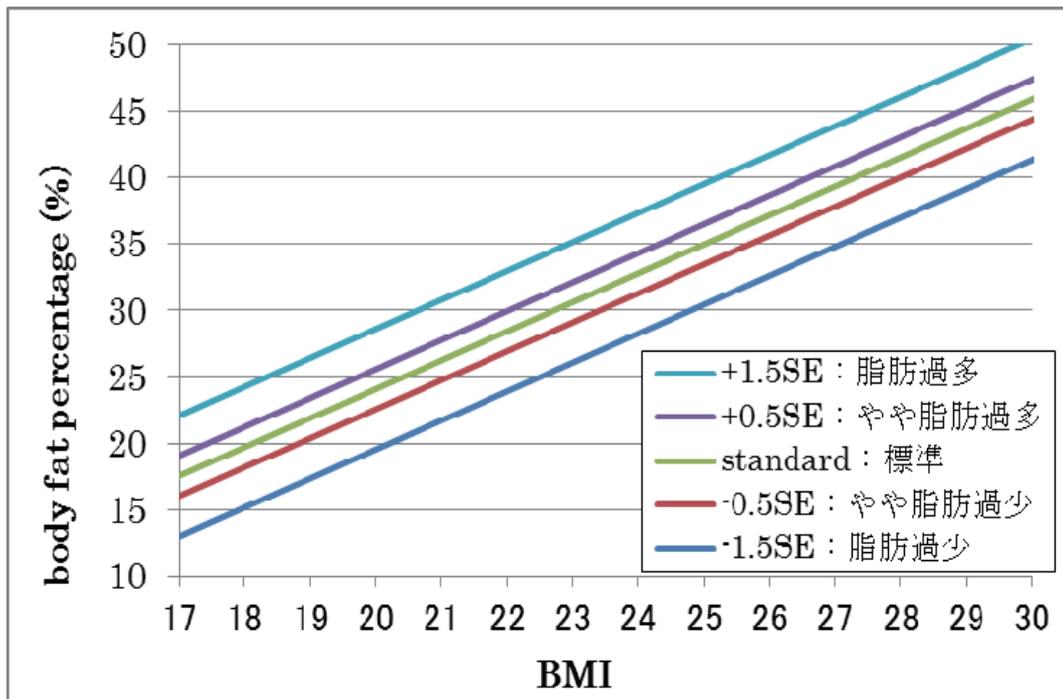


図 11-1 20代一般女性の身体健康度評価チャート

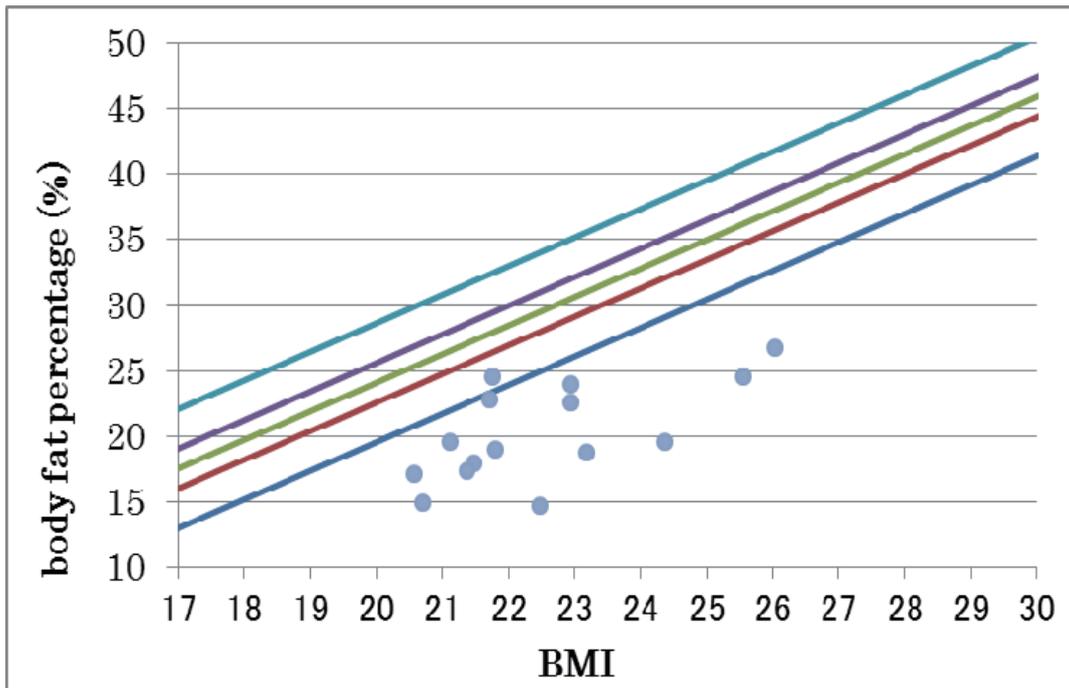


図11-2 実業団女子選手の8回目の身体健康度評価

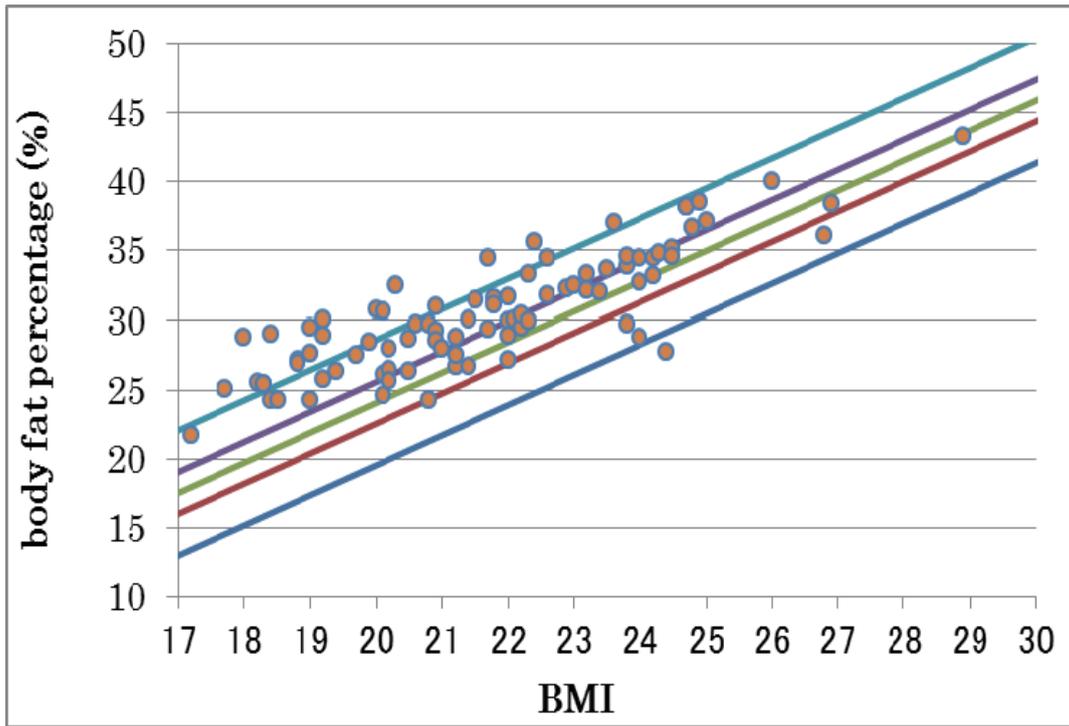


図11-3 大学生女子の身体健康度評価

第十二章

総括

第1節 要 約

1. 基礎研究

基礎的研究では、乳幼児および青少年の身体発育研究および身体健康度指標の評価チャート構築を行った。

まず、厚生労働省から 10 年ごとに発表される乳幼児身体発育調査結果から、身長、体重、頭囲、胸囲の 0 から 6 歳までの 0.5 歳刻みの横断的測定値資料を得た。得られた資料の 1960 年度と 2000 年度のそれぞれのデータにウェーブレット補間法を適用し、描かれた発育現量値曲線と発育速度曲線から各年齢時における発育現量値と LPV、LPV 年齢、FLPV、FLPV 年齢の出現を明らかにした。現代日本の乳幼児の身体発育状態を明らかにするために、両年度の発育現量値と LPV、LPV 年齢、FLPV、FLPV 年齢を比較し、現代日本の乳幼児における身体発育について検証した。

次に、一般女子における初経発来と初経時の BMI の関係を検証するために、韓国の一般高等学校に通う女子高校生を対象に 7 歳から 17 歳までの身長、体重の縦断的調査および初経年齢のアンケート調査を行った。また、BMI の加齢現量値にウェーブレット補間法を適用して描かれた BMI の加齢現量値曲線および加齢速度曲線から MPV および MPV 年齢を特定した。さらに BMI の MPV 年齢と初経年齢との差 (interval) から韓国人女子の初経臨界期について検証した。

次に、学齢期の生徒に対して身体健康度評価を構築するために、韓国ソウルの中学生男女の身長、体重、BMI、体脂肪率、筋肉率の測定資料を得て、BMI に対する体脂肪率もしくは筋肉率の多項式回帰分析を行った。回帰分析から妥当と判断された次数の多項式において標準回帰評価チャートを構築し、個々の身体健康度評価を判定した。

これら基礎的研究より、次に示す結論が導かれた。

(1) 乳幼児期の身体発育の 1960 年度と 2000 年度の比較による時代的变化

- 1) 身長、体重については、1960年と2000年を比較すると男女とも出生時には2000年が減少したが、0.5歳から6歳までは逆に2000年が増大していることが明らかとなった。身長ではLPV年齢は男女とも2000年度でわずかに早まっており、体重でも女兒に同様な傾向が見られた。LPVの数値は、男女ともに2000年度にかけて増大した。
- 2) 胸囲、頭囲では、出生時は2000年度の数値が減少したが、0.5歳時から6歳時には逆に2000年度が増大した。LPV年齢は男女とも変化はなかったが、女兒のみFLPV年齢の若干の早まりが示された。LPVの数値は男女時とも2000年度にかけて増大を示した。
- 3) BMIでは、出生時は1960年度の男子で12.4、女子で12.1、2000年度の男子で12.7、女子で12.6と両年度であまり変わらなかった。加齢変化速度曲線における最凹点をみると、1960年度の男子で0.7歳、2000年度は0.9歳となり年齢が高くなり、女子では0.8歳から0.9歳となり、女子でも若干高くなるようであった。
- 4) 各項目の発育速度曲線をみると、FLPVの後の変動はすべての項目で1960年度には波動の振幅が大きい挙動を示し、2000年度にはほとんど滑らかな挙動を示していた。BMIにおいても加齢変化速度曲線は2000年度には滑らかな挙動を示した。

これらの検証から、現代の乳幼児は40年前と比較すると、出生時の体格が小さくなり、出生後の身体発育が大きいことが明らかとなった。これと同時に成熟の早さも指摘される。また、ウェーブレット補間法による解析から、乳幼児の身体発育は出生直後の1か月が最も顕著であることが明確にされた。

(2) 韓国人女子におけるBMIの加齢変化と初経年齢との関係

- 1) ウェーブレット補間法をサンプルの全体平均値に適用し、BMIの平均的加齢変化を解析したところ、BMIのMPV年齢は13.2歳と特定され、初経年齢の平均値12.34歳と約1年の差が生じた。
- 2) 個々のBMIデータにウェーブレット補間法を適用し、測定日および個人の誕生日を考慮した個人のBMIのMPV年齢を導き、その平均値を

求めたところ、BMI の MPV 年齢は 12.76 歳となり、初経年齢よりも BMI の MPV 年齢がわずかに遅れることが示唆された。初経年齢と BMI の MPV 年齢の正規性を以下の正規分布関数から算出した。

初経年齢

$$f(x) = \frac{0.5 \times 263}{\sqrt{2\pi} \times 1.10} e^{-\frac{(x_i - 12.34)^2}{2(1.10)^2}}$$

BMI の MPV 年齢

$$f(x) = \frac{0.3 \times 263}{\sqrt{2\pi} \times 1.60} e^{-\frac{(x_i - 12.76)^2}{2(1.60)^2}}$$

以上の正規分布関数から両者は正規分布関数に良く適合することが認められた。したがって、初経年齢および BMI の MPV 年齢はばらつきに多少の違いがあるものの、ともに正規性をもった分布を示すことが確認された。

(3) 韓国人女子における BMI の MPV 年齢と初経年齢との差 (interval)

BMI の MPV 年齢と初経年齢との差(interval)は-0.42 (SD=1.6) 歳となり、初経年齢と BMI の MPV 年齢を比較すると有意差が認められた。つまり、初経年齢が BMI の MPV 年齢よりも早いことが示された。そして、このズレにおける分布の正規分布関数を求めると以下のようになる。

BMI の MPV 年齢と初経年齢のズレ(interval)

$$f(x) = \frac{0.3 \times 263}{\sqrt{2\pi} \times 1.60} e^{-\frac{(x + 0.42)^2}{2(1.60)^2}}$$

BMI の MPV 年齢と初経年齢との差(interval)に正規性が認められたことから、韓国人女子の初経発来は BMI の MPV 年齢から判断すると少し早まっていると推測される。

BMI の MPV 年齢時での BMI 値は 19.6 (SD=2.6) 歳、初経年齢時の BMI 値は 19.3 (SD=2.7) 歳であり、両者の平均値の差の検定における有意差は認められなかったことから、両年齢時の BMI 値は変わらないことが示された。

以上のことから、韓国人女子の初経発来は BMI の MPV 年齢から判断すると、少し早まっていることが示唆された。

(4) 男子中学生における BMI に対する筋肉率の多項式回帰分析

BMI に対する筋肉率の最小二乗近似多項式による推定の結果、1 次から 3 次までの以下の回帰多項式を導くことができた。

① 1 次回帰多項式: $y = -0.906x + 62.526$ {但し、y は筋肉率、x は BMI}

(決定係数 $R^2 = 0.5769$ 、残差平方和 1931.80、AIC 1031.26)

② 2 次回帰多項式: $y = -0.0225x^2 + 0.1317x + 50.939$

{但し、y は筋肉率、x は BMI}

(決定係数 $R^2 = 0.5837$ 、残差平方和 1900.51、AIC 1029.97)

③ 3 次回帰多項式: $y = -0.0225x^2 + 0.1317x + 50.939$

{但し、y は筋肉率、x は BMI}

(決定係数 $R^2 = 0.6197$ 、残差平方和 1737.85、AIC 1013.99)

決定係数、残差平方和、AIC から 3 次多項式の妥当性が示され、BMI と筋肉率から判断する身体健康度評価指標には、3 次多項式を適用することが妥当であると判断された。

(5) 男子中学生における BMI と筋肉率から導く身体健康度評価指標の構築

BMI に対する筋肉率の 3 次多項式による 5 段階の身体健康度評価チャートが構築された。評価帯は 3 次多項式の近似曲線を基準とし、基準曲線 $\pm 0.5SE$ の範囲を“標準”、基準曲線 $+0.5SE$ 以上 $+1.5SE$ 未満を“やや筋肉過多”、基準曲線 $+1.5SE$ 以上を“筋肉過多”、基準曲線 $-0.5SE$ 以上 $-1.5SE$ 未満を“やや筋肉過少”、基準曲線 $-1.5SE$ 未満を“筋肉過少”とした。

(6) 男子中学生における BMI に対する体脂肪率の多項式回帰分析

BMI に対する体脂肪率の最小二乗近似多項式による推定の結果、1 次から 3 次までの以下の回帰多項式を導くことができた。

① 1 次回帰多項式： $y=1.8572x - 18.891$ {但し、 y は体脂肪率、 x は BMI}

(決定係数 $R^2=0.852$ 、残差平方和 4167.1、AIC 1185.8)

② 2 次回帰多項式： $y= 0.0125x^2 + 1.2795x - 12.441$

{但し、 y は体脂肪率、 x は BMI}

(決定係数 $R^2=0.853$ 、残差平方和 4157.5、AIC 1187.3)

③ 3 次回帰多項式： $y= -0.0146x^3 + 1.0242x^2 - 21.499x + 154.64$

{但し、 y は体脂肪率、 x は BMI}

(決定係数 $R^2=0.865$ 、残差平方和 3886.8、AIC 1173.8)

決定係数、残差平方和、AIC から 3 次多項式の妥当性が示され、男子中学生における BMI と体脂肪率から判断する身体健康度評価指標には、3 次多項式を適用することが妥当であると判断された。

(7) 男子中学生における BMI と体脂肪率から導く身体健康度評価指標の構築

BMI に対する体脂肪率の 3 次多項式による 5 段階の身体健康度評価チャートが構築された。評価帯は 3 次多項式の近似曲線を基準とし、基準曲線 $\pm 0.5SE$ の範囲を“標準”、基準曲線 $+ 0.5SE$ 以上 $+ 1.5SE$ 未満を“やや脂肪過多”、基準曲線 $+ 1.5SE$ 以上を“脂肪過多”、基準曲線 $- 0.5SE$ 以上 $- 1.5SE$ 未満を“やや脂肪過少”、基準曲線 $- 1.5SE$ 未満を“脂肪過少”とした。

(8) 女子中学生における BMI と筋肉率の多項式回帰分析

BMI に対する筋肉率の最小二乗近似多項式による推定を試みた結果、次のような 1 次から 3 次までの回帰多項式が導びかれた。

① 1 次回帰多項式： $y=-0.7641x + 53.408$ {但し、 y は筋肉率、 x は BMI}

(決定係数 $R^2=0.5886$ 、残差平方和 585.79、AIC 629.6)

② 2 次回帰多項式： $y = 0.0147x^2 - 1.4004x + 60.141$

{但し、 y は筋肉率、 x は BMI}

(決定係数 $R^2=0.5925$ 、残差平方和 580.21、AIC 630.2)

③ 3次回帰多項式： $y = 0.0006x^3 - 0.0273x^2 - 0.4902x + 53.699$

{但し, y は筋肉率, x は BMI}

(決定係数 $R^2 = 0.5926$ 、残差平方和 597.01、AIC 633.0)

決定係数、残差平方和、AIC の結果から総合的に判断し、女子中学生における BMI と筋肉率から判断する身体健康度評価指標の構築には、2次多項式の適用が妥当であると判断した。

(9) 女子中学生における BMI と筋肉率から導く身体健康度評価指標の構築

BMI に対する筋肉率の 2次多項式による 5段階の身体健康度評価チャートが構築された。評価帯は 2次多項式の近似曲線を基準とし、基準曲線 $\pm 0.5SE$ の範囲を“標準”、基準曲線 $+0.5SE$ 以上 $+1.5SE$ 未満を“やや筋肉過多”、基準曲線 $+1.5SE$ 以上を“筋肉過多”、基準曲線 $-0.5SE$ 以上 $-1.5SE$ 未満を“やや筋肉過少”、基準曲線 $-1.5SE$ 未満を“筋肉過少”とした。

2. 応用研究

応用研究においては、企業従業員の身体健康状態の管理と促進のためシステム構築を模索するために、健康管理及び促進に関連する項目を研究機関において実施可能な内容と企業などの労働現場もしくは個人において実施可能な内容とに分けてピックアップし、分類した各項目をまとめた基本的枠組みを作った。さらに研究機関と企業（労働現場）との連携を主眼に置いて一つ一つの枠組みをつなげ、企業従業員の健康管理促進が可能となる一流れのシステム構築を模索した。また、構築されたシステムの活用可能性を探るために、一般成人女性を対象とした身体健康度評価指標の構築と企業従業員（実業団女子スポーツ選手）および女子短期大学生を対象とした身体健康度評価について検証した。一般 20 代女性を対象に身長、体重、BMI、体脂肪率の測定資料を得て、BMI と体脂肪率の多項式回帰分析から身体健康度評価チャートを構築した。構築された評価チャートに実業団女子スポーツ選手および女子短期大学生の BMI および体脂肪率のデータをあてはめ、個々の身体健康度を評価できるか検討した。

これら応用研究より、次に示す結論が得られた。

(1) 健康管理促進のための関連項目の枠組み

研究機関および企業（労働現場）もしくは従業員個人において実施可能な健康管理促進に必要な関連項目の枠組みは、以下のように考えられた。

- 1) 広報関連項目：身体組成、体格と健康、体力との関係
身体活動量と健康、体力との関係について
食習慣と健康との関係について
ストレスと健康について
- 2) 測定関連項目：体格、BMI、身体組成、骨密度、体力・運動能力、血圧、疲労蓄積度やストレス状態、精神健康状態
勤務・労働状況
- 3) 分析・評価関連項目：身体肥満・痩身状態（身体健康度）の評価
体力の現状評価
生活習慣、労働状態の問題点の抽出
健康保持もしくは改善に向けたプランの考案
- 4) 健康改善関連項目：身体健康状態、体力の現状の提示
身体健康状態の改善目標等の目標設定
食事内容や日常生活の活動内容指導

(2) 企業（労働現場）と研究機関との連携による健康管理促進システム構築の模索

「広報システム」：研究機関 → 企業（労働現場）

これまでに明らかにされている健康や生活習慣と運動に関する知見や、運動による介入が健康や生活習慣病予防に役立つ知見、さらには研究機関特有の蓄

積データに基づいて明らかにされたエビデンスを労働現場に示す。自分自身の健康状態の把握や体力測定的重要性と必要性を理解してもらうための第1歩であり、研究機関主導による測定の受け入れにつながる重要な活動である。

「測定システム」:企業(労働現場)

研究機関は労働者に対して体格、身体組成、体力測定の各種測定と、生活習慣、労働や勤務状況などの質問紙による調査を行い、データを回収する。精密機械を含む測定機器の運搬、測定者の移動をいかに効率よく行うかが課題である。各種測定については、それぞれの測定方法を熟知し、測定を一挙に行うことに精通している複数の測定者が担当することにより効率的に行うことが可能になると考えられるため、研究者同士の連携も重要である。

「分析・評価システム」:研究機関

「測定システム」において実施された各種測定から回収されたデータを解析し、個人の身体的および精神的な健康状態の現状についての評価を行う。ここでは、数値による解析を行った後、個々の特性を明らかにし、それを次の「健康改善システム」に活かすようなデータを得ることが必要である。また、わかりやすく評価票にまとめ、アドバイスを入れるなどの工夫が必要である。

「健康改善システム」:研究機関 → 企業(労働現場)

研究機関の「分析・評価システム」において明らかにされた個々の健康状態や体力の現状から、個人への評価票を提示する。また、個人の要望に合った健康増進プログラムを立案や生活習慣の改善案の提案をする。「健康改善システム」は、研究機関と労働現場の直接的および間接的な双方の関わりが必要となる。

これらのシステムの中で、「測定システム」、「分析・評価システム」、「健康改善システム」は一つのサイクルをつくり、「測定」、「分析と評価」、「健康度の評価提示」「運動、生活習慣改善プランとプログラムの作成」を繰り返して行うことで、健康保持増進を推進することが可能になると考えられた。

(3) 健康管理促進システムの活用可能性の検証

- 1) 一般 20 代女性における BMI と体脂肪率の相関分析を行った結果、 $r = 0.87$ ($P < 0.01$) となり、明らかな有意性が認められた。これにより、成人を対象にした身体健康度評価指標の構築が可能であることが確認された。
- 2) 一般 20 代女性の BMI に対する体脂肪率の最小二乗近似多項式の推定による結果、以下の 1 次から 3 次の回帰多項式が導かれた。

① 1 次回帰多項式： $y = 2.17722x - 19.45467$

{但し, y は体脂肪率, x は BMI}

(決定係数 $R^2 = 0.753$ 、残差平方和 840.1、AIC 478.6)

② 2 次回帰多項式： $y = -0.03401x^2 + 3.68321x - 35.85513$

{但し, y は体脂肪率, x は BMI}

(決定係数 $R^2 = 0.756$ 、残差平方和 831.4、AIC 479.7)

③ 3 次回帰多項式： $y = -0.01436x^3 + 0.95074x^2 - 18.48515x + 128.18814$

{但し, y は体脂肪率, x は BMI}

(決定係数 $R^2 = 0.762$ 、残差平方和 810.8、AIC 479.3)

決定係数、残差平方和、AIC から 1 次多項式の妥当性が示され、一般 20 代女性の BMI と体脂肪率から判断する身体健康度評価指標には、1 次多項式を適用することが妥当であると判断された。

- 3) BMI に対する体脂肪率の 1 次多項式による 5 段階の身体健康度評価チャートが構築された。評価帯は 3 次多項式の近似曲線を基準とし、基準曲線 $\pm 0.5SE$ の範囲を“標準”、基準曲線 $+ 0.5SE$ 以上 $+ 1.5SE$ 未満を“やや脂肪過多”、基準曲線 $+ 1.5SE$ 以上を“脂肪過多”、基準曲線 $- 0.5SE$ 以上 $- 1.5SE$ 未満を“やや脂肪過少”、基準曲線 $- 1.5SE$ 未満を“脂肪過少”とした。
- 4) 構築された身体健康度評価チャートに実業団女子スポーツ選手の測定データを当てはめ、個人の身体健康度を評価した結果、8 回の測定のうち「脂肪過少」「やや脂肪過少」の“脂肪過少評価帯”での変動を繰り返す選手が 8 名 (40%)、「脂肪過少」「やや脂肪過少」「標準」の“標準以下評価帯”で変動する選手が 3 名 (20%)、「脂肪過少」から「やや脂肪

過多」の広範囲の評価変動を示す選手が1名（7%）であった。また、「脂肪過少」のまま変動しない選手は5名（33%）であった。

- 5) 女子短期大学生のデータを身体健康度評価チャートに当てはめたところ、脂肪過少が1名（1%）、やや脂肪過少が4名（5%）、標準が20名（22%）、やや脂肪過多が43名（48%）、脂肪過多が21名（24%）となった。
- 6) これらの結果から、一般20代女性を対象とした身体健康度評価チャートは有効に活用できることが示唆された。また、「測定システム」「分析・評価システム」の両システムの手順は、研究機関主導のもとにスムーズに行われる可能性が推察された。

第2節 本研究の結論

以上の結果をまとめると、第四章の検討課題Ⅰでは、ウェーブレット補間法を用いて現代(2000年)の乳幼児の身体発育傾向を40年前(1960年)と比較し、現代の子どもは40年前と比較して小さく産まれるが、発育発達の速度は速いことを明らかにした。このことにより、現代の子どもの身体発育傾向が明らかになり、それ以降の児童期、第2次性徴を含む思春期における身体発育の解析による知見に結びつく結果が得られた。さらに第五章の検討課題Ⅱでは、青少年期女子のBMIと初経発来の関係について検討した。特に本研究における韓国人女子中学生においては、BMIのMPV年齢よりも前に初経発来している傾向が検証され、

第六章から第八章の検討課題ⅢからⅤでは、身体健康度評価指標の構築に関する基礎的研究を行った。ここでは身体健康度の評価指標の構築において、BMIと体脂肪率もしくは筋肉率から導いた最小二乗近似多項式の適用による回帰評価チャートを試案した。また、回帰評価チャートを用いた身体健康度評価から体力の比較検討を行い、身体健康度の違いによる体力に体脂肪蓄積の影響があることを明らかにした。これらの検証により、本研究で構築された身体健康度指標が十分に有効であることが証明され、ここで最小二乗近似多項式を用いた身体健康度評価指標構築の手法が確立された。

第九章と第十章の検討課題ⅥおよびⅦでは、基礎研究において構築した身体健康度評価指標を企業従業員の健康保持・増進に対して活用するための健康管理促進システム構築の検討を行った。健康管理促進システムの構築には、次の4つのシステムが提案された。①研究機関による科学的知見や根拠の提示を行う「広報システム」、②効率的に各種測定を実施する「測定システム」、③研究機関による詳細な分析・評価を行う「分析・評価システム」、④分析・評価結果と改善計画を提示する「健康改善システム」である。これら4つのシステムは「広報システム」→「測定システム」→「分析・評価システム」→「健康改善システム」の順に展開され、特に「測定システム」「分析・評価システム」「健康改善システム」は一つのサイク

ルを作り、これらを循環させスパイラルのように繰り返していくことで個人の健康の保持・増進が可能になると考えられた。

第十一章の検討課題Ⅷでは、健康管理促進システムと身体健康度指標の活用可能性の模索を行った。ここでは「測定システム」と「分析・評価システム」の運用と同時に、身体健康度評価指標の活用可能性を模索した。企業従業員として実業団女子ソフトボール選手、将来の労働現場を担う大学生女子に対する健康管理促進システム活用について検討した。その結果、回帰評価チャートによる身体健康度評価指標は、企業従業員および大学生においても活用可能であることが示された。

以上の検討課題Ⅰ～Ⅷの検証から、本研究では以下のような結論を得た。

1. 身体健康情報であるBMIと体脂肪率、筋肉率を用いて構築した健康度指標の評価は学齢期の青少年のみならず成人においても有効であり、特に成人においては肥満や痩身の進行予防につながる形態的な視点からの健康指導に役立てることが可能である。
2. 健康管理促進システムにおける「測定システム」および「分析・評価システム」の実践において、両システムの運用が可能であることが確認された。また、「測定システム」および「分析・評価システム」では、研究者のネットワークを活用することが作業の円滑化を促進したと考えられる。
3. 研究機関、もしくは研究者によるネットワークの活用と業務分担により各システムは円滑に機能すると考えられる。「測定システム」の実施には、“なぜ測定する必要があるのか”、“測定することによる効果”などの提示により、測定に関する合意を得ていることが前提となる。つまり、「測定システム」をスタートさせるためには「広報システム」が必要不可欠であることが再確認された。
4. 身体健康状態の改善や増進には、長期的な視野での健康行動が必要不可欠であるが、現状から健康的な生活への行動変容やその継続には、前述のサイクルが必須である。つまり、定期的な測定と分析評価、そして、その結果の提示の継続が重要となる。

第3節 今後の課題

本研究における身体健康度評価指標は一つの提案であり、一方向からの評価に過ぎない。測定システムの内容においても提示した通り、その健康を判断する基準は多様であることから、今後は新たな評価指標の構築を行うことで、個人の要望にも応えやすくなると考えられる。また、「健康改善システム」において、評価結果をどのような方法で個人に提示するかについて、より効果的な健康保持・増進の手立てとなる検討を行う必要がある。

個人の健康行動においても、研究機関の健康測定においても大きなステップを設定することは両者の行動そのものを阻害する要因になりかねない。また、生産年齢層を対象とする場合は企業などの事業所の意向や健康保持増進の捉え方、方針、計画なども考慮する必要があり、測定の対象に応じた測定内容、評価の検討は欠かすことができないポイントとなる。

人の健康行動は、その人の健康観や人生観に基づいて行われることが望ましい。このような主観的健康観の重要性を個人が理解し、健康保持・増進に努めるための環境を企業などの事業所や学校といった教育現場が整備することも重要であると考えられる。また、個人に健康管理を任せるとは、企業や学校といった集団全体で健康への意識向上が重要であることから研究機関と企業・学校などの現場との連携の促進が望まれる。

引用・参考文献

- 青山昌二(1994) スポーツテストの結果から, スポーツジャーナル, 16, 2-6.
- 青山友子、浅香明子、石島寿道、河野寛、薄井澄誉子、坂本静男、田端泉、樋口満 (2009) 中高年者における心肺体力とメタボリックシンドローム危険因子との関係 - “健康づくりのための運動指針 2006” を用いた検討 - , 体力科学, 58, 341-352.
- 芦田誠 (2004) 物流の変遷と SCM 戦略, 経営経理研究, 73, 2004, 20-52.
- 安部恵子、三村寛一、鉄口宗弘、勝野眞吾(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.
- 美藤信也 (2010) SCM ネットワークの学説史的研究—近年の欧米における議論展開を中心として—, 大阪産業大学経営論集, 12(1), 127-140.
- Bovet P, Auguste R, and Burdette H (2007) Strong inverse association between physical fitness and overweight in adolescents: a large school-based survey. *Int. J. behav. Nutr. Phys. Act*, 4, 24.
- Chen LJ, Fox KR, Haase A, Wang JM (2006) Obesity, fitness and health in Taiwanese children and adolescents, *Eur. J. Clin. Nutr*, 60(12), 1367-1375.
- Dumith SC, Ramires VV, Souza MA, Moraes DS, Petry FG, Oliveira ES, Ramires SV, Hallal PC (2010) Overweight/obesity and physical fitness among children and adolescents, *Journal of Physical Activity and Health*, 7, 641-648.
- Frisch RE and Revelle R (1970) Height and weight at menarche and a hypothesis of critical body weight and adolescent events, *Science*, 169, 397-399.
- Frisch RE (1976) Fatness of girl menarche to age 18 years, with a nomogram, *Hum Biol*, 48, 353-359.
- 藤井勝紀、川浪憲一 (1995a) Wavelet 補間法による男子胸囲の発育曲線から導き出される速度曲線および PCV 年齢の検討, 学校保健研究, 37, 450-459.
- 藤井勝紀、山本浩 (1995b) 身長 of 成熟別発育速度曲線の解析, 体力科学, 44(3), 431-438
- Fujii K (1996a) A comparative interpolation method of W I M and a cubic spline function to longitudinal height data during adolescence in boy, *Nagoya Journal of Health and Physical Fitness and Sports* 19, 9-17.

- 藤井勝紀・松浦義行 (1996b) 男子体格の平均発育曲線から導き出される速度曲線の解析, 体育学研究, 41, 247-260.
- Fujii K and Kawanami K (1998a) An analysis in regard to relationship between age at MPV of height and weight, and its sex difference, 学校保健研究, 40, 317-331.
- 藤井勝紀(1998b) 身体的発育現象における phase difference effect の検証, 東海保健体育科学, 20, 75-84.
- Fujii K and Matuura Y (1999) Analysis of the velocity curve for height by the wavelet interpolation method in children classified by maturity rate, Am. J Hum. Biol., 11, 13-30.
- 藤井勝紀 (2006a) 発育・発達への科学的アプローチ - 発育・発達と健康の身体情報科学 -, 三恵社, 愛知.
- 藤井勝紀、穠丸武臣、花井忠征、酒井俊郎 (2006b) 幼児の体格・運動能力の発育・発達における年次変化に関する検証 - 身体成熟度から見たアプローチ -, 体力科学, 55, 489-502.
- Fujii K (2006c) Critical Period of Menarche Derived from Changing Velocity Curve of BMI with Aging, ADOLESCENTOLOGY, 24, 193-200.
- Fujii K, Nho H, Kim SH and Hanai T. (2008a) Confirmation Regarding Secular Trend of Physical Growth in Korean School Students by Wavelet Interpolation Method - Analysis from Secular Trend of Age at MPV Height and Weight, The Journal of Education and Health Science, 54(2), 129-140.
- Fujii K, Tanaka N, Ishigaki T, Hanai T, Kim SH and Nho H(2008b) Confirmation regarding Physical Fitness based on Polynomial Regression Evaluation of Body Fat Percentage for BMI in adolescence. The Korean Journal of Growth and Development .43-47.
- 藤井勝紀(編著), 石垣享, 正美智子, 斎藤由美 (2008c) 生涯発達の健康科学 - 生涯にわたる健康への探求, 杏林書院
- 藤井勝紀、斎藤由美、Kim Jundong、花井忠征 (2010) 初経遅延システム適用による思春期女子における初経遅延と初経早経の検証 - 運動実施状況との関係 -, 教育医学, 55, (3), 241-250.
- 藤原寛、井上文夫 (2006) 学校現場における肥満判定とその問題, 肥満研究, 12(3), 214-219.
- 藤瀬武彦、長崎浩爾 (1999) 青年男女における隠れ肥満者の頻度と形態的及び体力的

- 特徴, 体力科学, 48, 631-640.
- 船川幡夫、林路彰、高石昌弘 (1962) 昭和 35 年我が国の乳幼児身体発育状況 第 1 報, 小児保健研究, 21, 19-29.
- 古屋清英、佐藤和雄 (1994) 月経発来の機序, 産科と婦人科, 61(6), 737-741.
- Garrow JS, and Webster J (1985) Quetelet's index (W/H²) as a measure of fatness, *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 9, 147-153.
- Glynn RJ, Christen WG, Manson JE (1995) Body mass index. An independent predictor of cataract, *Arch Ophthalmol*, 113, 1131-1137.
- 八田秀雄 (2002) 大学生の体力の年次推移～東京大学～, 体育の科学, 52, 39-42.
- 服部恒明 (2006) 10-12 歳児童における徐脂肪量と脂肪量の随伴的变化, 学校保健研究, 48, 332-338.
- 服部恒明 (2006) 発育期の Body Mass Index と身体組成, 体力学研究, 51, 435-446.
- Hiller R, Podgor MJ, Sperduto RD, Nowroozi L, Wilson PWF, Agostino RBD and Colton T (1998) A longitudinal study of body mass index and lens opacities, *Ophthalmology*, 105, 1244-1250.
- 引原有輝、笹山健作、沖嶋今日太、水内秀次、吉武裕、足立稔、高松薫 (2007) 思春期前期および後期における身体活動と体力との関係性の相違—身体活動の「量的」および「強度的」側面に着目して—, 体力科学, 56, 327-338.
- 岩崎健二 (2008) 長時間労働と健康問題—研究の到達点と今後の課題, 日本労働研究雑誌, 575, 39-48.
- Johnston, F. E., Malina, R. M., Galbraith, M. A. (1971) Height, weight, and age at menarche and the "Critical weight" hypothesis. *Science*, 174, 1148.
- Johnston, F. E., Roche, A. F., Schell, L. M., Wettenhall, N.B. (1975) Critical weight at menarche Critique of a hypothesis, *Am J Dis Child*, 129, 19-23.
- Jones MA, Hitchen PJ and Stratton G (2000) The importance of considering biological maturity when assessing physical fitness measures in girls and boys aged 10 to 16 years, *Annals of Human Biology*, 27(1), 57-65.
- 加賀谷瀬彦 (1997) 子どもの未来に対する大人の義務, 子どもの現状とこれからの学校体育, 体育科教育, 45(14), 36-39.
- 梶岡多恵子、押田芳治、大沢功、佐藤祐造、鈴木英樹、佐藤和子、吉田正 (1996) 正

- 常体重肥満者（いわゆる『隠れ肥満者』）の疾病発症リスクについて, 体力科学, 45, 752.
- 韓国統計庁(2005) 2004 年度生活時間調査報告書, 韓国統計庁, ソウル.
- 神岡英機、高石昌弘 (1983) 乳幼児の頭囲発育, 小児保健研究, 42, 571-580.
- 加藤則子 (2002) 2000 年の乳幼児身体発育と幼児健康度調査, 小児保健研究, 61, 206-212.
- 加藤則子、奥野晃正、高石昌弘 (2001) 平成 12 年乳幼児身体発育調査結果について, 小児保健研究, 60, 707-720.
- Keys A, Fidanza F, Karvonen M.J, Kimura N, and Taylor H.L.(1972) Indices of relative weight and obesity.J.Chronic.Dis, 25 , 329-343
- Kim HK, Lim HJ, Park HJ, Park JE, Ahn HY and Kim M (2002) Secular trend and gender differences in Korean adolescent physical fitness, Journal of Physical Growth and Motor development, 10, 2002, 9-21.
- Kim J, Must A, Fitzmarurice GM, Gillman MW, Chomitz V, Kramer E, McGowan R and Peterson KE (2005) Relationship of physical fitness to prevalence and incidence of overweight among schoolchildren, Obesity research, 13, 1246-1254.
- 金憲経、松浦義行、田中喜代次、稲垣敦 (1992) 12 歳から 14 歳の生徒の身体組成と関連する生活条件の検討, 教育医学, 38(1), 3-13.
- 金憲経、松浦義行、田中喜代次、稲垣敦 (1993) 肥満生徒の体力・運動能力の特徴－12 歳から 14 歳の男子について－, The Annals of physiological Anthropology, 12(1), 17-23.
- 金憲経、松浦義行、田中喜代次、稲垣敦 (1992) 肥満女子中学生の体力・運動能力の特徴, 体力科学, 38(1), 3-13.
- 北川薫 (1999) 身体組成から見た体力研究. 東海保健体育科学, 21, 1-13.
- 北川薫 (2002) 肥満者の体力.保健の科学, 44(6), 418 - 423.
- 久野譜也 (2006) 指導者における新しい健康づくりのための運動指針～千葉県プロジェクトを例にして～, 体育の科学, 56(8), 621-626.
- 久野譜也(2007)今後 10 年間における運動による健康政策の方向性, 体育の科学, 57(8), 572-579.
- 栗山重信、斎藤潔、船川幡夫 (1953) 本邦小児身体発育の現状(1950 年度), 日本小児学

- 会雑誌, 57, 117-123.
- 苦瀬博仁 (2003) ロジスティクス・システムの変化と最適化のための新たな課題, オペレーションズ・リサーチ, 48(6), 409-416.
- 桑原恒夫 (2004) 教育の質的改善を目的とした e-ラーニングの研究動向, 情報知識学会誌, 14(2), 25-32.
- 小池大輔、谷川智宏、河本晃宏、長尾光城 (2008) スポーツ現場で最適なメディカルチェック項目を満たした CD-ROM から利用するデータ管理システムの開発, 川崎医療福祉学会誌, 18(1), 177-185.
- 厚生労働省 (2008) 事業場における労働者の健康保持増進のための指針
- Komiya, S., Eto, C., Otogi, K., Teramoto, K., Shimizu, F. and Shimamoto, H. (2000) Gender differences in body fat of low-and high-body-mass children : relationship with body mass index, *Eur J Appl Physiol*, 82, 16-23.
- Largo RH, Gasser T, Prader A, Stützle W, and Huber PJ.(1978) Analysis of the adolescent growth spurt using smoothing spline functions, *Annals of Human Biology*, 5, 421-434.
- Maeda Y, Yokoyama N, Takahashi K, Doi T, Matsumoto K, Ueno H, Kuno S (2007) Effect of combined training of resistance and aerobic training with protein on body composition in obese middle-aged women, *Jpn. Phys. Fitness Sports Med.*, 56, 269-278.
- 前田光男、加藤直樹、上市善章、村松祐子、森本泰弘 (2010) 韓国における全国教育行政情報システムの調査, 年会論文集, 26, 50-53.
- Malina RM, Spirduso WW, Tate C and Baylor AM (1978) Age at menarche and selected menstrual characteristics in athletes at different competitive levels and in different sports, *Med Sci Sport*, 10, 218-222.
- Ohta M, Okufuji T, Matsushima Y and Ikeda M (2004) The effect of lifestyle modification on physical fitness and work ability in different workstyles, *J UOEH.*, 26(4), 411-421.
- 小山田英弘、小山智幸、松藤泰典 (2006) 労働者の年齢と死傷労働災害発生率の関係に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 610, 35-40.
- 松河秀哉、北村智、永盛祐介、久松真一、山内祐平、中野真依、金森保智、宮下直子 (2007) データマイニングを活用した学習方略フィードバックシステムの開発, 日本教育工学会論文誌, 31(3), 307-316.
- 松元剛(2002) 大学生の体力の年次推移～筑波大学～, 体育の科学, 52, 48-51.

- Matsuura Y and Kim M.(1991) Analysis of Physical growth by fitting the polynomial to the longitudinal growth distance data of individual - age 6 to 17, 1-153, Research Monograph issued by Growth and Development Research institute of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba.
- 水野忠文(1980) 日本人体力標準表－身長基準の回帰評価法による－, 東京大学出版会, 東京.
- Mesaki N, Sasaki J, Shoji M, Iwasaki H and Eda M (1984) Delayed menarche followed by early onset of athletic sports training, *Acta Obst Gynaec Jpn.*, 36, 49-56.
- Mota J, Guerra S, Leandro C, Pinto A, Ribeiro JC and Duarte JA (2002) Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness, *American Journal of Human Biology*, 14, 707-712.
- 中島平 (2008) レスポンスアナライザによるリアルタイムフィードバックと授業映像の統合による授業改善の支援, *日本教育工学会論文誌*, 32(2), 169-179.
- 西嶋尚彦 (2002) 青少年の体力低下傾向, *体育の科学*, 52, 4-14.
- 西嶋尚彦 (2003) 子どもの体力の現状, 子どもと発育発達, 1, 13-22.
- 大西徳明 (2007) 労働形態の変化にみる労働負担と健康, *東京農大農学集報*, 51(4), 155-166
- 乙木幸道,小宮秀一,寺本圭輔,増田隆,宇部一 : 日本人 3~6 歳児の体脂肪分布に関する性差, *体力科学*,48,641-650,1999.
- Quetelet A (1835) *Sur l'homme et le développement de ses facultés. Essai sur physique sociale*, Vol.2, Bachelier, Paris.
- 労政時報 (2008) 企業の健康管理対策, 第 3727 号, 52-67.
- 労働実務 (2003) 社員の健康管理と企業の責任, No.1398, 2-17.
- 佐々木千恵、馬場園明、津田敏秀、三野善央 (1995) 身体活動の労働者の体力に及ぼす影響, *日衛誌*, 50, 876-885.
- 佐々木玲子 (2002) 大学生の体力の年次推移～慶応義塾大学～, *体育の科学*, 52, 43-47.
- 佐藤博樹 (2008) ワーク・ライフ・バランスと企業の人材活用 (特集 ワーク・ライフ・バランスへの取組み--これからの働き方、職場、そして健康管理), *心とからだのオアシス*, 1(4), 3-7.

- 辛紹熙、出村慎一、金明 (2010) 韓国高校生の健康, 運動および生活習慣に関する研究, 教育医学, 55 (3), 234-240.
- Silventoinen K, Hasselbalch AL, Lallukka T, Bogl L, Pietiläinen KH, Heitmann BL, Schousboe K, Rissanen A, Kyvik KO, Sørensen TI, Kaprio J (2009) Modification effects of physical activity and protein intake on heritability of body size and composition, *Am. J. Clin. Nutr.*, 90(4), 1096-103.
- 白倉賢二、加藤和夫、寺内正紀、高柳聡、高岸憲二、茂原重雄 (2001) 体力測定結果の競技別特徴:レーダーチャートおよび顔型グラフによるフィードバック, 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 21(1), 6-10.
- Tahara Y, Moji K, Aoyagi K, Nishizawa S, Yukawa K, Tsunawake N, Muraki S and Masci-Taylor C C (2002) Age-related pattern of body density and body composition in Japanese males and females, 11 and 18 years of age, *Am. J. Hum. Biol.*, 14 , 327-337.
- Takaishi M, Kato N, Ohmori S and Ohe H (1991) National growth survey of preschool children in 1990, *Child Health Study*, 50, 671-680.
- 竹田透 (2004) 「労働者」にとっての自律的産業保健〈1〉～自律的健康管理と新しい健康概念～, *労働の科学*, 59(10), 34-37.
- 田中享胤、朴香俄、勅使千鶴(2006) 少子化時代の保育問題－挑戦する韓国の幼児教育・保育の現状と課題－, *保育学研究*, 44(2), 184.
- 田中望、藤井勝紀、石垣享、朝内大輔 (2008) 男子中学生における形態的質の違いによる体力・運動能力の検討－回帰評価チャートを用いて－, *東海保健体育科学*, 30, 33-42.
- 田中望、藤井勝紀、石垣享、Nho H、Kim SH、花井忠征 (2009) 韓国人中学生の身体組成と体力との関係構図における発育学的検証, *発育発達研究*, 41 , 44-57.
- 田中望、藤井勝紀 (2010a) 身体健康指標構築におけるフィードバック戦略の基礎的研究－学齢期における形態的質の違いによる体力評価チャートの試案－, *愛知工業大学経営情報科学*, 6(1), 61-69.
- Tanaka N, Fujii K, Kim JD and Nho H (2010b) Confirmation of Physical Fitness Based on Polynomial Regression Evaluation of Muscle Mass Percentage against BMI in Korean Male Junior High School Students” *J.Korean Soc, Living Environ. Sys* 17(6), 638-692

- 田中望、藤井勝紀 (2011) 身体健康指標構築におけるフィードバックシステム構築の基礎的研究 —学齢期を対象とした回帰多項式による体力評価チャートの作成—, 愛知工業大学経営情報科学, 6(1), 61-71.
- Tango T (1988) Estimation of age-specific reference ranges via smoother AVAS, *Statistics in Medicine*, 17, 1232-1243.
- Tanner JM (1962) *Growth at Adolescence*. Blackwell Scientific Publication, Oxford
- Tanner, J. M. (1978) *Foetus into Man*, Open Books, London, and Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts
- 丹下博文 (2009) ロジスティクスマーケティングの概念的融合に関する研究, 経営管理研究所紀要, 16, 21-31.
- Teramoto, K., Otogi, K. and Komiya, S. (1999) Age-related changes body composition of 3-to 6-year-old Japanese children, *Appl Human Sci*, 18, 153-160.
- 手塚広一郎(2001) サードパーティー・ロジスティクスの戦略的活用：その可能性と留意点, 一橋論叢, 126(5), 534-552.
- Tomkinson GR, Olds TS, Kang SJ, and Kim DY (2007) Secular trends in the aerobic fitness test performance and body mass index of Korean Children and adolescents(1968-2000), *Int. J. Sports. Med.*, 28, 314-320.
- 戸田粋子、渡辺丈真、唐誌陽 (2007) 高学年児童における日常身体活動量及び体力 体格との関連, 学校保健研究, 49, 348-362.
- Trussell J (1980) Statical flaws in evidence for the Frisch hypothesis that fatness triggers menarche, *Hum Biol*, 52, 711-720.
- Wang MC. and Bachrach LK (1996) Validity of the body mass index as an indicator of adiposity in an ethnically diverse population of youths, *Am. J. Hum. Biol.*, 8, 641-651.
- 渡辺恭子、上田礼子 (1982) 身長・体重の追跡的研究—カウプ指数を中心に—, 民族衛生, 48, 142-149.
- 綿貫成明、菅田勝也、木村恵子、南澤汎美、森淑江、竹尾恵子、塚本美和子 (1998) 老年期痴呆患者の入院後の体重減少と BMI(Body Mass Index)の低下, 日本看護科学会誌, 18, 51-62.
- Yamamoto N, Hagi Y (2007) Intensity of physical activity and activity time of daily life necessary for decrease in body fat mass, *Journal of Japan Society for the Study of*

Obesity, 13(2), 189-196.

Yamauchi T, Kim SN, Lu Z, Ichimaru N, Maekawa R, Natsuhara K, Ohtsuka R, Zhou H, Yokoyama S, Yu W, He M, Kim SH and Ishii M (2007) Age and Gender differences in the physical activity patterns of urban schoolchildren in Korea and China, *J Physiol Anthropol*, 26(2), 101-107.

横山泰行 (1993) 中・高校における瘦身時と肥満児の体力と運動能力. *学校保健研究*, 35 : 293-303

脇田裕久 (1996) 今、子どもの体力はこんなに低下している, *体育の科学*, 46(4), 286-291.

脇田裕久 (1997) 子どもの危機的状況をみつめる, 子どもの体力・運動能力から, *体育科教育*, 45(14), 26-29.