

血清全脂肪酸分析を行った。

3) 栄養摂取状況の評価

初診時に、佐々木式小児用BDHQを用いた栄養調査を行い、専用ソフトウェアで栄養分析を行った。小学生にはBDHQ 10yを中学生にはBDHQ 15yを用いた。

3. 統計学的検討

統計学的検討には、Stat View 5.0Jを用い、相関関係の検討にはPearsonの相関係数、二群間の比較にはUnpaired t-testを用い、 $p < 0.05$ を有意とした。

(倫理面への配慮)

当研究は、事前に患児と保護者に栄養評価の必要性やBDHQによる具体的方法を十分説明し希望者のみに実施した。データの取り扱いの際には、匿名化を行い、個人情報の漏洩がない様に配慮した。

C. 研究結果

対象の平均年齢は 10.9 ± 2.4 歳。平均肥満度は $+47.3 \pm 13.5\%$ であった。腹囲や腹囲身長比は男児が高値であったが、生化学指標や主要な血清脂肪酸には性差はなかった(表1.2)。年齢性別から求めた推定エネルギー必要量(EER)の平均値は 2076 ± 342 kcal/day、BDHQで推定したエネルギー摂取量(EN)の平均値は 2183 ± 562 kcal/dayで有意差はなかった。蛋白エネルギー比率には性差がないが、脂肪エネルギー比率は男児より女児が高値 ($23.4 \pm 4.8\%$ vs $30.3 \pm 3.8\%$)、炭水化物エネルギー比率は男児が女児より高値 (61.7 ± 6.0 vs $54.3 \pm 6.4\%$)であった(表3)。GCで測定した各種血清脂肪酸の重量%とBDHQで推定した脂肪酸の相関は、飽和脂肪酸(SFA)や一価不飽和脂肪酸(MUFA)、n-6系多価不飽和脂肪酸(n-6PUFA)では相関関係がないが、n-3系多価不飽和脂肪酸(n-3PUFA)や、n3/n6では有意な正相関が認められた。(図)

D. 考察

食事調査法には、食事記録法、思い出し法、摂取頻度法、食事歴訪、陰膳法、生体指標を用いる方法などがある。臨床現場では、多くの場合には食事記

録法が用いられる。しかし、この方法では労力が莫大で、専門職(栄養士)による解析が必要なため、健診などで多くの対象児を調査するには不向きである。

佐々木式DHQは、大規模疫学調査における栄養評価を目的として1996年に開発が始まり、成人では妥当性や有用性が証明されている。その後、DHQの簡易版であるBDHQが開発され、小児にも応用されている。BDHQはA4版4ページから構成される質問にマークシート方式で回答するだけで、専用の解析プログラムによって、30種類の栄養素、50種類の食品数の摂取量の解析が可能である。

今回、単純性肥満小児とその保護者にBDHQを用いた食事調査を行ったところ、全員で評価可能であった。BDHQに対する保護者の評価は、時間がかからないこと、食事バランスガイドに準拠した個別結果が得られる点が好評であった。

多くの食事調査法では、エネルギー摂取量の過小評価が問題となるが、BDHQを用いた評価では、極端な過小評価とはならなかった。また、脂肪エネルギー比率や炭水化物エネルギー比率に性差が認められた事は、今後の介入法を構築する上で興味深い。

単純性肥満小児に対するBDHQの妥当性を評価するため、血中脂肪酸の実測値とBDHQから推定した値の相関関係を検討した。BDHQは調査日以前の1ヶ月間の食品摂取頻度調査であり、脂肪酸分析に用いた検体は、直前の食事内容の影響を受けやすい血清であるという制約はあるものの、肥満に伴う種々の健康障害を抑制する必須脂肪酸として知られているn-3PUFAで⁵⁾、有意な正相関が認められたことは、肥満小児に対するBDHQシステムの妥当性の一部を反映していると思われた。

E. 結論

肥満小児に対するBDHQを用いた食事調査は有用であり、今後、小児生活習慣病予防検診の際の疫学研究や、個別指導のツールとして応用できる可能性がある。

文献

- 1) Sasaki S, Yanagibori R & Amano K. Self-administered diet history questionnaire developed for health education: a relative validation of the test-version by comparison with 3-day diet record in women. J Epidemiol 1998; 8, 203-215.
- 2) Sasaki S, Yanagibori R & Amano K Validity of a selfadministered diet history questionnaire for assessment of sodium and potassium: comparison with single 24-hour urinary excretion. Jpn Circ J 1998; 62, 431-435.
- 3) Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, et al.: Reproducibility and relative validity of dietary glycaemic index and load assessed with a self-administered diet-history questionnaire in Japanese adults. British J of Nutr. 2008; 99, 639-648.
- 4) 小田原市 BDHQを用いた栄養調査報告：
<http://www.city.odawara.kanagawa.jp/field/welfare/health/brain/p14436.html>
- 5) 中村 学：Feds2ノックアウトマウスによるアラキドン酸とドコサヘキサエン酸の新機能の発見. J Lipid Nutr. 2013; 22, 53-58.
- 3) 原 光彦、大関武彦、堀川玲子：小児肥満予防対策のための生活習慣アンケート調査（第2報）第60回日本小児保健協会学術集会 東京 平成25年9月28日
- 4) 原 光彦、斉藤恵美子、岡田知雄、他：小児肥満とアレルギー疾患の関連性について. 第34回日本肥満学会 東京 平成25年10月11日
- 5) 原 光彦：DOHaDと小児肥満症との関係 第24回日本臨床スポーツ医学会学術集会 熊本 平成25年10月25日
- 6) Hara M: Nutritional aspects on childhood obesity and metabolic syndrome. 13th APPSPGHAN Tokyo 平成25年11月1日

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 著書・総説

- 1) 原 光彦 小児生活習慣病の診断と治療. 小児保健研究 2013; 72, 633-637.
- 2) 原 光彦 食事療法・栄養サポート 小児・思春期 診断と治療 2013; 101, 1527-1531.
- 3) 原 光彦 子どもの欠陥病変とその対策 成人病と生活習慣病 2014; 44, 63-69.
- 4) 原 光彦 NAFLDとNASHの病態・診断・治療 小児科診療 UP-to-DATE 2014; 4, 12-16.

3. 学会発表

- 1) 原 光彦、斉藤恵美子、岡田知雄、他：肥満小児における血中脂肪酸と心血管病危険因子との関係. 第116回日本小児科学会 広島 平成25年4月21日
- 2) 原 光彦：小児生活習慣病 日本のこどもの未来のために環境を整える 一病院での取り組み 第23回外来小児科学会年次集会 福岡 平成25年8月31日

表1. 対象の特徴と性差

	全体 (n=21)	男児 (n=15)	女児 (n=6)	p値
年齢 (歳)	10.9 ± 2.4	11.1 ± 2.3	10.7 ± 3.1	ns
肥満度 (%)	+47.3 ± 13.5	+ 53.3 ± 26.2	+32.4 ± 14.7	ns
腹 囲 (cm)	89.9 ± 13.9	93.9 ± 12.5	79.9 ± 12.9	0.03
腹囲身長比	0.60 ± 0.06	0.61 ± 0.06	0.55 ± 0.04	0.04
収縮期血圧 (mmHg)	106.5 ± 13.4	109.7 ± 13.9	98.5 ± 8.1	ns
拡張期血圧 (mmHg)	59.7 ± 8.9	60.1 ± 9.53	58.5 ± 7.6	ns
TG (mg/dl)	110.6 ± 46.5	107.6 ± 52.1	118.2 ± 30.6	ns
HDLC (mg/dl)	52.1 ± 8.7	53.3 ± 8.9	49.0 ± 7.9	ns
FPG (mg/dl)	93.4 ± 6.3	93.6 ± 6.4	93.0 ± 6.7	ns
IRI (μU/L)	22.5 ± 21.3	25.5 ± 24.4	15.1 ± 7.4	ns
MetS RF数 (個)	1.7 ± 0.9	1.7 ± 0.8	1.8 ± 0.9	ns
Adiponectin (μg/ml)	6.1 ± 2.4	6.3 ± 1.8	5.7 ± 3.7	ns
Leptin (ng/ml)	19.3 ± 10.0	18.4 ± 10.0	21.96 ± 10.5	ns
hs-CRP (mg/dl)	0.16 ± 0.21	0.18 ± 0.24	0.09 ± 0.09	ns

平均値±標準偏差

表2. 各種血清脂肪酸重量%の性差

	全体 (n=21)	男児 (n=15)	女児 (n=6)	p値
血清-SFAs (vol %)	29.9± 1.2	29.8 ± 1.1	30.2 ± 1.3	ns
血清-MUFAs (vol %)	22.9± 1.2	22.8 ± 2.6	23.1 ± 1.5	ns
血清-n6 PUFAs (vol %)	36.0± 2.7	36.0 ± 2.6	35.9 ± 3.1	ns
血清-n3 PUFAs (vol %)	6.1± 1.9	6.2 ± 2.0	5.9 ± 1.7	ns

SFAs : パルミチン酸+ステアリン酸、MUFAs : パルミトレイン酸+オレイン酸、
n-6 PUFAs : リノール酸+γリノレン酸+ジホモγリノレン酸+アラキドン酸、
n-3 PUFAs : αリノレン酸+EPA+DHA

平均値±標準偏差

表3. BDHQで推定した栄養摂取状況

	全体 (n=21)	男児 (n=15)	女児 (n=6)	p値
推定エネルギー必要量(EER kcal/day)	2076 ± 342	2153 ± 320	1884 ± 345	ns
エネルギー摂取量(EN kcal/day)	2183 ± 562	2309 ± 591	1868 ± 346	ns
EN/EER	1.06 ± 0.26	1.08 ± 0.3	1.01 ± 0.2	ns
蛋白エネルギー比率 (%)	13.3 ± 2.1	13.0 ± 1.9	14.1 ± 2.7	ns
脂肪エネルギー比率 (%)	25.4 ± 5.5	23.4 ± 4.8	30.3 ± 3.8	0.005
炭水化物エネルギー比率 (%)	59.6 ± 6.9	61.7 ± 6.0	54.3 ± 6.4	0.02
Ass-SFAs (vol %)	32.1 ± 4.9	32.4 ± 4.8	31.4 ± 5.5	ns
Ass-MUFAs (vol %)	35.0 ± 2.1	34.7 ± 1.8	35.7 ± 2.8	ns
Ass-n6 PUFAs (vol %)	17.6 ± 2.8	17.8 ± 3.0	16.9 ± 2.4	ns
Ass-n3 PUFAs (vol %)	3.6 ± 2.8	3.5 ± 0.8	3.8 ± 1.0	ns
Ass- n6 / n3	5.1 ± 1.1	5.3 ± 1.1	4.7 ± 1.1	ns

SFAs : パルミチン酸+ステアリン酸、MUFAs : パルミトレイン酸+オレイン酸、
n6 PUFAs : リノール酸+γリノレン酸+ジホモγリノレン酸+アラキドン酸、
n3 PUFAs : αリノレン酸+EPA+DHA

平均値±標準偏差

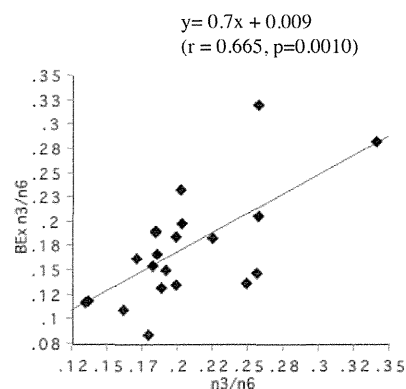
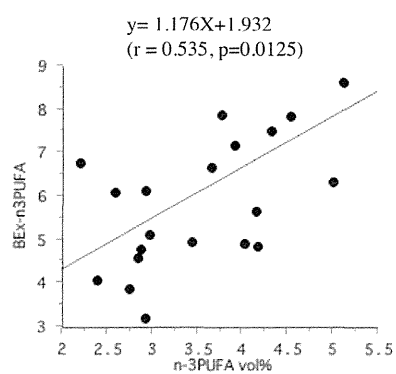


図. 実測値とBDHQによる推定値の相関 (血清-n3PUFA・n3/n6)

小児における体格と重心動揺性の関係

分担研究者 伊藤善也¹⁾
研究協力者 山本憲志²⁾、尾山とし子³⁾、山本美紀⁴⁾、吉田理恵⁴⁾、前田陽子⁵⁾
所属 日本赤十字北海道看護大学臨床医学領域¹⁾、健康科学領域²⁾、成人看護学領域³⁾、基礎看護学領域⁴⁾、小児看護学領域⁵⁾

研究要旨

【目的】立位姿勢を保持する制御機構の機能的発達を重心動揺性という観点から分析し、体格との関連を考察する。【対象と方法】K 市で実施した生活習慣病検診に参加した児童 39 名を対象に立位姿勢における重心動揺に関する指標（総軌跡長、矩形面積、外周面積と単位面積軌跡長）を重心動揺計（GP-5000, ANIMA. TOKYO）を用いて測定した。【結果】開眼時には総軌跡長、矩形面積と外周面積は年齢が進むにつれ低下する傾向、逆に単位面積軌跡長は増加傾向であった。BMI との関連をみると全ての指標が BMI の増加に対して低下傾向となった。閉眼時でも開眼時と同様な年齢による変化を示した。また BMI に対する変化も開眼時と同様であった。開眼・閉眼時における BMI に対する片足立ち測定時の脚の接地回数をみると開眼時よりも閉眼時により多くなった。また、BMI が 20～25 の範囲内で接地回数は低い傾向であった。【結論】体格と小児の重心動揺には関連性があることが示唆された。体格は小児およびその保護者の生活習慣の影響を受けることから重心動揺性は健常児および肥満児に運動療法を進めるときの効果判定の指標になりうる可能性を示していると考えられる。

A. 研究目的

立位姿勢は感覚系と運動系から成る制御機構により維持されている。すなわち、迷路、視覚や固有受容器からの入力が中枢神経系により統合・制御され、骨格筋に出力されることにより立位は維持される。その入出力は常に変動しているため身体は動揺しながら立位姿勢を保持しなければならない。動揺しながらも安定した立位姿勢を保持するため、つまり平衡を保つためには空間における身体の重心（center of mass: COM）からの垂線を安定化させる必要がある。立位姿勢では身体の重心（COM）が空間において絶えず動いており、その度合いは身体を支える支点となる足底圧中心（center of pressure: COP）の軌跡として表現される。すなわち足底圧中心（COM）の軌跡を分析することにより平衡性とその維持する能力を判定することができる。

身体の重心（COM）の動揺からみた立位姿勢における静的平衡性は、幼児期の 5～6 歳までに完成する。その背景には立位姿勢の保持に寄与する神

経機能及び効果器としての体幹の背筋群と下肢筋群の発達がある。また、筋群の発達には生活習慣や体格が大きく影響することから、肥満児では平衡機能の特性が健常児と異なる可能性がある。そこで本研究では、6-12 歳児に焦点を当て、重心動揺と体格との関連について検討した。

B. 研究方法

1. 対象

北海道 K 市の 2 つの小学校（A 小学校と B 小学校）に在籍する 656 名の児童（A 小学校 348 名（男 170 名、女 178 名）、B 小学校 308 名（男 147 名、女 161 名））に小児生活習慣病検診に関する説明書を配布し、89 名（男 45 名、女 44 名）が同意した。当日までに 3 名が辞退し、1 名が欠席したため 85 名（男 42 名、女 43 名）に検診を実施した。その中から無作為に選択した 6 歳から 12 歳の小学生 39 名（男 17 名、女 22 名、身長 110.6-157.6 cm、体重 17.8-67.4 kg、BMI 13.6-29.2 kg・m⁻²）を本研究の

対象とした。

2. 重心動揺測定

立位姿勢における重心動揺の測定には、重心動揺計 (GP-5000, ANIMA. TOKYO) を用いた。50msのサンプリングタイムで重心動揺を測定し、重心動揺距離、重心動揺面積 (矩形および外周)、単位面積軌跡長を記録した。

重心動揺の測定は Kitamura, et al. (1999) の方法に従い、1辺が45cmの三角形のフォースプレート上の指定された場所に立たせて行った。両手は体側に自然に垂らし、足底面は踵をつけさせ、爪先を約30度開脚させた。いわゆる「気をつけの姿勢」を保持させた。静かで明るさが均等な部屋に測定器を設置し、開眼及び閉眼での重心動揺を30秒間測定した。なお、開眼時測定の際には被検者に2m前方の眼の高さに固定した目標を注視させた。さらに同様の方法で片足立ちでの測定も行った。片足立ちは開眼・閉眼とも両腕を垂らし、軸足で立たせ、上げている方の脚が接地した場合は直ちに片足立ちにさせ30秒間持続して行わせた。また、脚が接地した被検者は、その回数を記録した。

(倫理面への配慮)

なお、本研究は日本赤十字北海道看護大学研究倫理委員会の審査を受け、承認されて (日赤北看第392号) 実施した。

C. 研究結果

図1には開眼時における年齢に対する総軌跡長 (A)、単位面積軌跡長 (B)、矩形面積 (C)、外周面積 (D) の変化を示した。有意な相関は認められなかったが、総軌跡長 (A)、矩形面積 (C)、外周面積 (D) とともに年齢が進むにつれ低下する傾向であった。単位面積軌跡長 (B) は年齢に伴い増加傾向であったが有意な関係は見られなかった。

図2には開眼時におけるBMIに対する総軌跡長 (A)、単位面積軌跡長 (B)、矩形面積 (C)、外周面積 (D) の変化を示した。全ての項目で有意な相関は認められなかったがBMIの増加に対して低下傾向であった。

図3には閉眼時における年齢に対する総軌跡長

(A)、単位面積軌跡長 (B)、矩形面積 (C)、外周面積 (D) の変化を示した。有意な相関は認められなかったが、総軌跡長 (A)、矩形面積 (C)、外周面積 (D) とともに年齢が進むにつれ低下する傾向であった。単位面積軌跡長 (B) は年齢に伴い増加傾向であったが有意な関係は見られなかった。

図4には閉眼時におけるBMIに対する総軌跡長 (A)、単位面積軌跡長 (B)、矩形面積 (C)、外周面積 (D) の変化を示した。全ての項目で有意な相関は認められなかったがBMIの増加に対して低下傾向であった。

図5には開眼・閉眼時におけるBMIに対する片足立ち測定時の脚の接地回数の変化を示した。接地回数は開眼時よりも閉眼時により多くなった。また、BMIが20~25の範囲内で低い傾向であった。

D. 考察

本研究では6-12歳の児童に開眼・閉眼時の両足、片足立位姿勢の重心動揺を測定した。その結果、開眼・閉眼時とも総軌跡長、矩形面積、外周面積は年齢が進むにしたがい低下する傾向であった。さらに単位面積軌跡長では年齢に伴い増加する傾向であった。単位面積軌跡長は1cm²あたりの軌跡長であり、この値が増加することは重心の大きな揺らぎが少ないことを示す。

重心の動揺は、年齢と共に減少し、特に動揺距離はその減少が認められ、6歳前後の変化が大きいとされている (Shumway-Cook A et al, 1985, Usui N et al. 1995)。またRival C et al. (2005) は、立位閉眼時の測定圧中心の動揺速度は6歳から10歳まで直線的に減少し、重心動揺の変位については各年齢層において動揺範囲の減少傾向を認めたという。

Hayes KC et al. (1985) と Lebieowska MK et al. (2002) の重心の動揺に関する報告によると、重心動揺面積は5歳以降から減少傾向を示し、6歳頃には著しく安定するなどの結果から、6歳頃には立位姿勢の制御が完成することが示唆されている。

本研究の結果も先行研究と同様の傾向を示す結

果となった。しかしながら、児童における片足立ちを検討した報告は見当たらない。本研究ではBMI に対する30秒片足立ちテストの脚接地回数との関係を検討した。その結果、BMI 20から25の間で接地回数が少ない傾向であった。このことは低体重群では筋力・筋量が、過体重群では体脂肪量が片足立ちを妨げる要因となったと推察される。

Shintaku Y. et al (2007) は5歳児の片足立ち持続時間が運動能力に関係することを示唆している。本研究では運動能力テストを行っていないが発育発達に伴う重心動揺に運動能力、特に下肢の筋力が関与することが推察される。

幼児の立位姿勢に関する研究は、垂直方向の床反力やその位置関係などについて報告されてきた。立位姿勢における平衡性の指標である重心動揺については年齢と共に減少すること、特に動揺距離の減少は6歳前後が顕著に変化するといわれる(Shumway-Cook A et al, 1985, Usui N et al, 1995)。この時期は神経筋機能の発達が著しいことから、平衡性の発達と、立位姿勢を保持する体幹や下肢筋群の発達との関連性が示唆される。

以上のことから、6-12歳の児童における重心動揺は年齢が進むにつれて安定する傾向にあり、片足立ち能力の獲得には一定の体重範囲が必要であること、特に下肢の筋力・筋量が重要であることが示唆された。成長期には身体機能の健全な発育のために運動・食事習慣の適正化による体重管理と筋力獲得が重要であると考えられる。

E. 結論

小児の重心動揺性は生活習慣や体重の影響を受けることが示唆された。運動療法の進め方や体重の増減と重心動揺性の関係性を今後明らかにしていかねばならない。

文献

1) Berg KO, Maki BE, Williams JI, Holliday PJ, Wood-Dauphinee SL. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. Arch Phys Med

Rehab 1992; 73: 1073-1080
2) Rival C, Ceyte H, Olivier I. Developmental changes of static standing balance in children. Neurosci Lett 2005;376: 133-136.
3) Era P, Heikkinen E. Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. J Gerontol 1985;40:287-295.
4) Hayes KC, Spencer JD, Riach CL, Lusy SD, Kirshen AJ. Age-related changes in postural sway. In: D Winter, Hayes KC, Patla A, eds. Biomechanics IX-A. Human Kinetics Publishers, Champaign. 1985; 383-387.
5) 長谷公隆. 立位姿勢の制御. リハビリテーション医学 2006;43:542-553.
6) 福田 精. 運動と平衡の反射生理. 木村書店. 東京. 1957;72-82.
7) 猪飼道夫. 直立姿勢の研究(第1) 一直立時動揺曲線の分析一. 日本生理学雑誌 1960;9:197-199.
8) Kitamura J, Yamaguchi A, Sunohara N, Masuda K, Takagi A. Gait analysis of patients with Parkinson's disease and spinocerebellar degeneration disease using a gravity pedoscope. In: Shimamura M, Grillner S, Edgerton VR, eds. Neurobiological Basis of Human Locomotion. Japan Scientific Societies Press. Tokyo. 1991;305-310
9) Lebedowska MK, Syczewska M. Invariant sway properties in children. Gait Posture 2002;12:200-204.
10) Odenrick P, Sandstedt P. Development of postural sway in the normal child. Hum Neurobiol 1984;3:241-244.
11) Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of stability, postural control from a developmental perspective. J Motor Behav 1985;17:131-147.
12) Shintaku Y, Fujinaga H, Yabe K. Performance of dynamic motor tasks in 5-year-old children with different levels of static standing balance. Int J Fitness 2007;3:61-67.
13) 政二慶. 他. 身体運動と筋腱複合体の構造的機能的特性(4) 筋トルク生成過程で生じる伝達遅れが静止立位姿勢に及ぼす影響. バイオメカニクス研究 2007; 11:159-166.
14) Usui N, Maekawa K, Hirasawa Y. Development of the upright postural sway of children. Dev Med Child Neurol. 1995;37:985-996.

F 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 宮崎あゆみ、吉永正夫、青木真智子、濱島崇、長嶋正實、堀米仁志、高橋秀人、篠宮正樹、緒方裕光、伊藤善也、徳田正邦、久保俊英、立川俱子、郡山暢之、原光彦：幼児および小中学校の生活習慣病基準値作成に関する研究、第34回日本肥満学会、平成25年10月11日-12日、東京都

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし

図 1 開眼時における年齢に対する総軌跡長 (A)、単位面積軌跡長 (B)、矩形面積 (C)、外周面積 (D) の変化

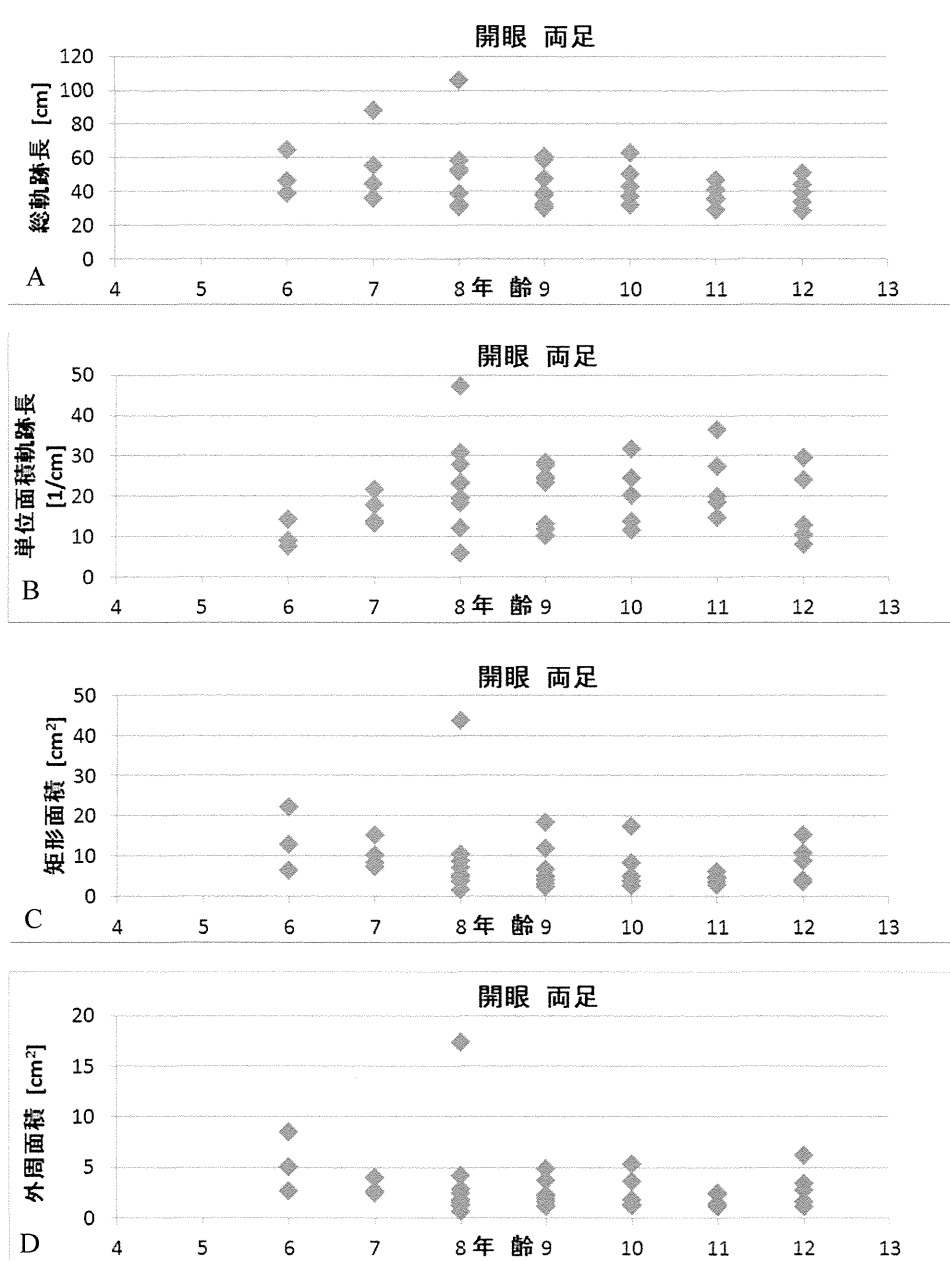


図 2 閉眼時における年齢に対する総軌跡長 (A)、単位面積軌跡長 (B)、矩形面積 (C)、外周面積 (D) の変化

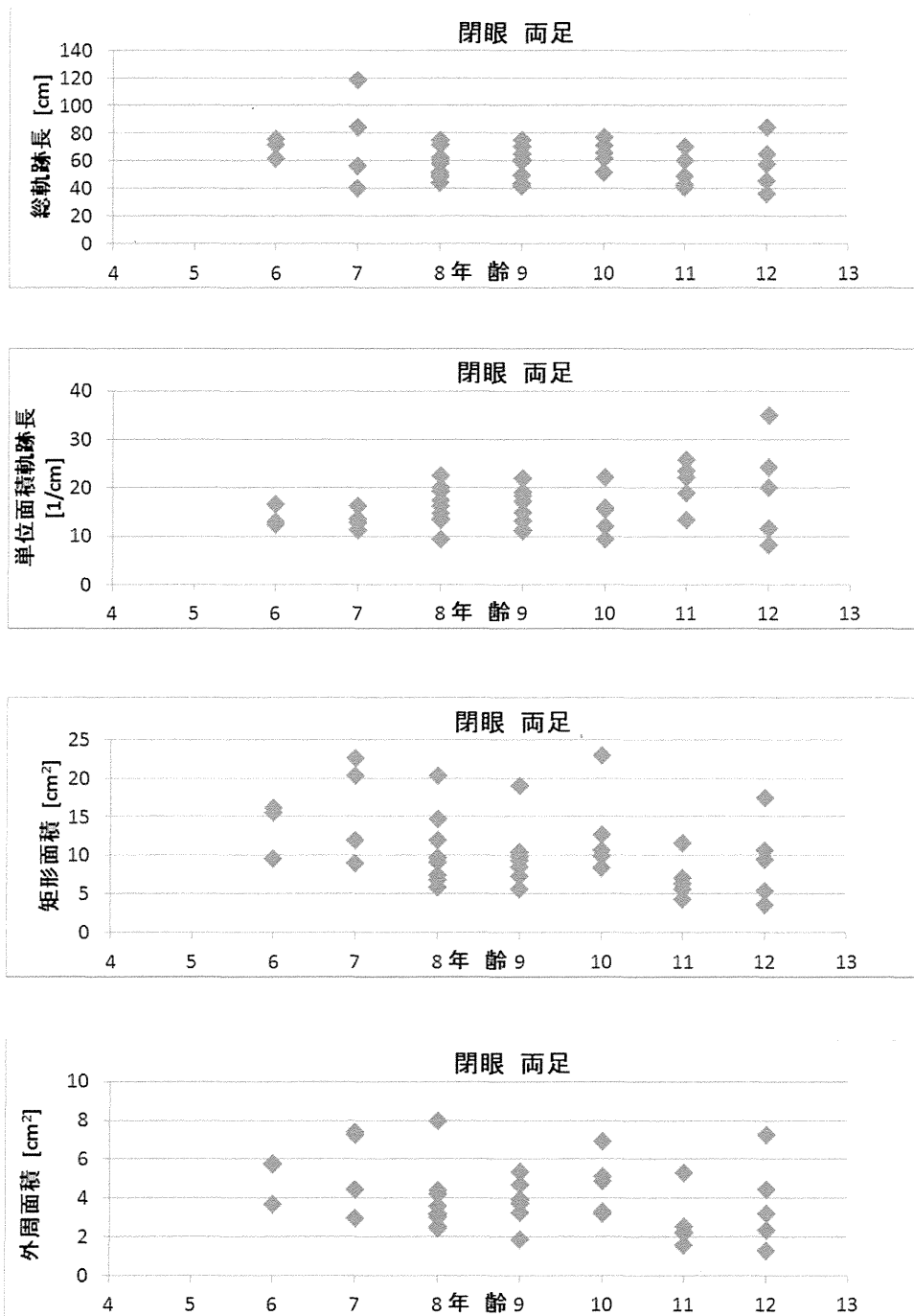


図3 開眼時における BMI に対する総軌跡長 (A)、単位面積軌跡長 (B)、矩形面積 (C)、外周面積 (D) の変化

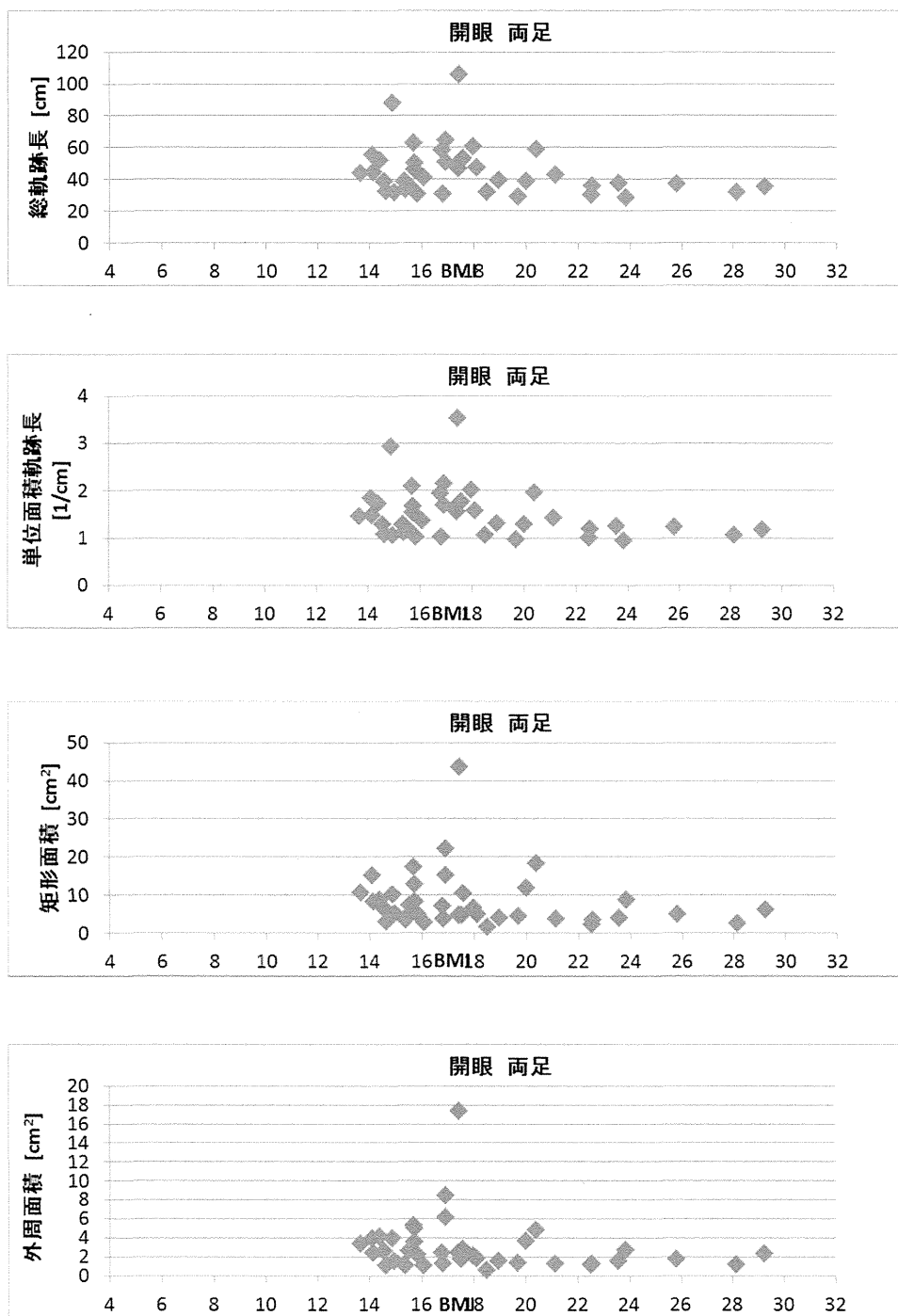


図4 閉眼時におけるBMIに対する総軌跡長(A)、単位面積軌跡長(B)、矩形面積(C)、外周面積(D)の変化

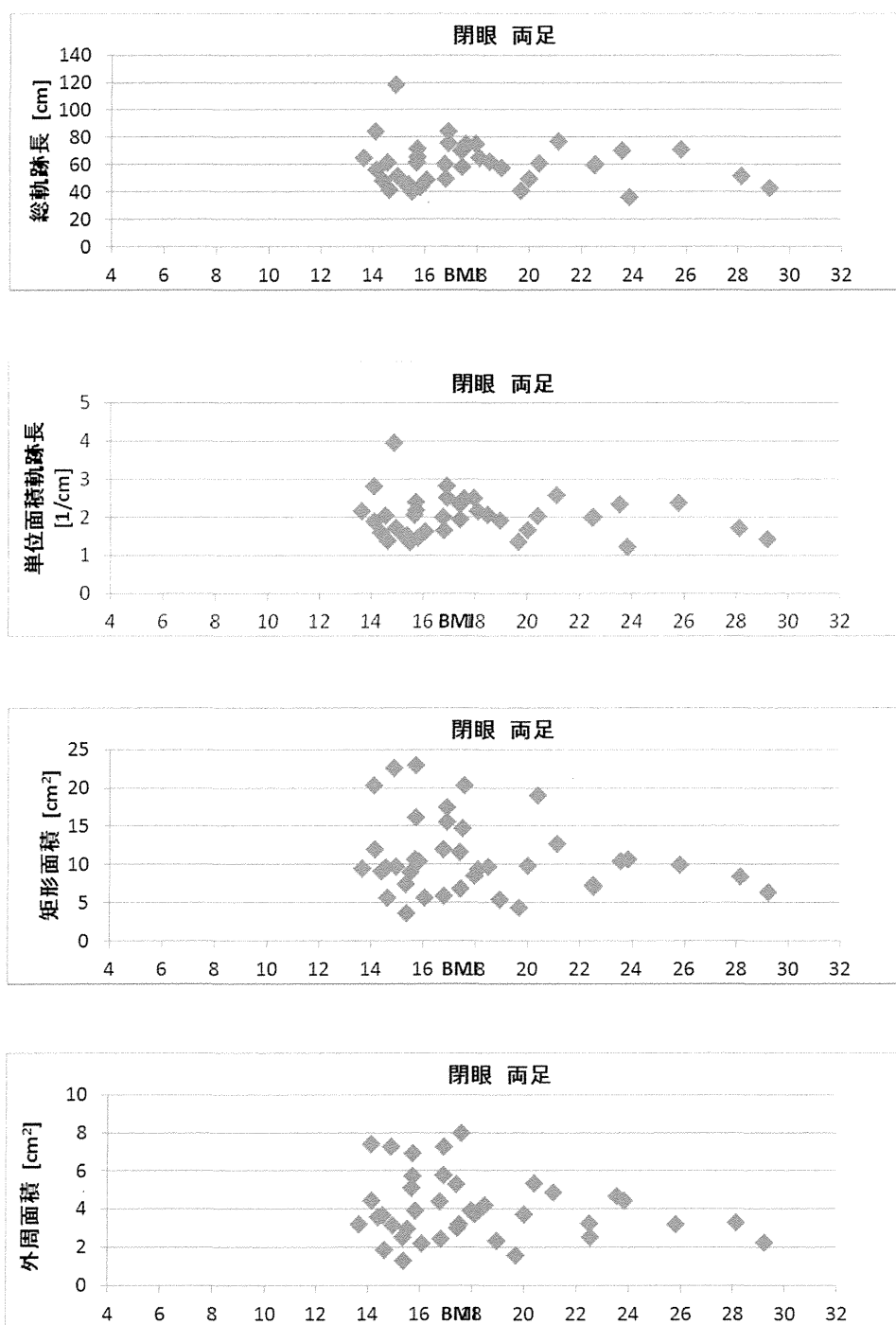
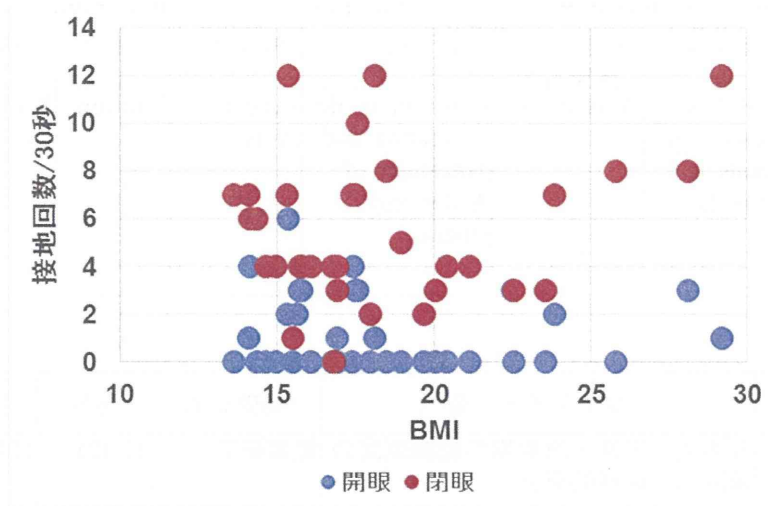


図5 開眼・閉眼時におけるBMIに対する片足立ち測定時の脚の接地回数の変化



研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
Yoshinaga M, Miyazaki A, Shinomiya M, Aoki M, Hamajima T, Nagashima M.	Impact of Sex and Lifestyle of Adolescents and Their Parents on Obesity	Watson RR	Nutrition in the Prevention and Treatment of Abdominal Obesity	Academic Press	London	2014	207-215

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
崎向幸江、吉永正夫.	日本人小児期・思春期の肥満頻度の横断的・縦断的研究	肥満研究	19 (2)	101-110	2013
有働舞衣、吉永正夫、崎向幸江、橋本有吏、渡邊和美.	生活習慣改善による小児肥満治療効果と効果の予測因子に関する研究.	肥満研究	19 (2)	111-117	2013
吉永正夫.	思春期（高校生）の生活習慣病予防に関する提言.	Clinician	625 (61)	100-106	2014
宮崎あゆみ、小栗絢子、市田露子	小児生活習慣病予防健診におけるnon-HDLコレステロール	日本小児循環器学会雑誌	3 (1)	66-73	2014

Impact of Sex and Lifestyle of Adolescents and Their Parents on Obesity

Masao Yoshinaga^a, Ayumi Miyazaki^b, Masaki Shinomiya^c, Machiko Aoki^d, Takashi Hamajima^e, and Masami Nagashima^f

^aDepartment of Pediatrics, National Hospital Organization Kagoshima Medical Center, Kagoshima, Japan; ^bDepartment of Pediatrics, Japan Community Health Care Organization Takaoka-Fushiki Hospital, Takaoka, Toyama, Japan; ^cDepartment of Internal Medicine, Nishifuna Naika, Funabashi, Chiba, Japan; ^dDepartment of Pediatrics, Aoki Clinic of Internal Medicine, Cardiovascular Medicine & Pediatrics, Fukuoka, Japan; ^eDepartment of Endocrinology and Metabolism, Aichi Children's Health and Medical Center, Motiokamachi, Obu, Aichi, Japan; ^fDepartment of Rehabilitation, Aichi Saiseikai Rehabilitation Hospital, Nishi-ku, Nagoya, Japan

INTRODUCTION

The prevalence of overweight or obese children has increased since the late twentieth century in most industrialized countries [1]. This prevalence doubled or trebled between the early 1970s and late 1990s in Australia, Brazil, Canada, Chile, Finland, France, Greece, Japan, the UK, and the USA [2]. However, recent data have shown that this increase in childhood obesity might be declining [1].

Cross-sectional analysis has shown that the prevalence of obesity has gradually decreased since the early 2000s, with the highest prevalence in the late 1990s to early 2000s in Japan [3]. Longitudinal studies have shown that the critical periods for developing obesity are in late infancy (between 5 and 6 years of age) and during the high school period in boys, and is mainly in late infancy in girls [3]. Another issue to be solved in Japan is the rapid increase in severe obesity in senior high school adolescents [4].

The development of cardiovascular disease (CVD) risk factors, including obesity, is associated with adverse behavioral patterns, such as decreased physical activity [5,6,8,9]; increased sedentary lifestyle, in particular television watching [5–10]; and unhealthy dietary habits [5,6,9]. Parental obesity is also strongly associated with CVD risk factors in children and adolescents [5,6,9].

Therefore, the present chapter aims to evaluate the effect of lifestyles of adolescents and their parents on the levels of CVD risk factors in adolescents based on data obtained from adolescent volunteers.

METHODS

Subjects

Two studies have been conducted in Japan. The first study was conducted from 2006 to 2008 and was announced through the local boards of education in three areas: Toyama, Chiba, and Kagoshima prefectures. The background of the first study has been described in detail elsewhere [9]. The study included 1358 healthy adolescent volunteers (587 males and 771 females), comprising senior high school students aged 15 to 18 years. All of the subjects gave written informed consent. The study consisted of a medical examination and a questionnaire. Volunteers were asked to complete the questionnaires before their medical examination. The questionnaire collected data on the lifestyles of both the subjects and their parents. Of the 1358 subjects, 54 participated in the study twice, and only data from the first visit were used. Of the remaining 1304 subjects, 549 did not complete the questionnaire and were excluded. Therefore, a total of 755 volunteers were included in the study (331 males and

424 females). Subjects of both sexes included in the study had lower mean levels of several CVD risk factors than those who were excluded (data not shown), suggesting that adolescent volunteers with more healthy lifestyles were more likely to completely answer the questionnaire. We obtained permission from the ethics committee of the National Hospital Organization Kagoshima Medical Center to use and analyze the data under the condition that the confidentiality would be maintained for all subjects.

The second study was conducted from 2012 onwards. The subjects in this study were children and adolescents in kindergartens, elementary schools, and junior high schools in Japan. This ongoing study was conducted in Kagoshima, Toyama, Fukuoka, and Aichi areas, and a total of 954 children and adolescents participated during 2012. Of these, 200 adolescents aged 12–15 years in junior high schools were the final subjects of the study. All subjects in the second study also gave written informed consent. The second study was done using the same methods as the first study. Volunteers were asked to complete questionnaires before their medical examination. All subjects in the second study completed the questionnaires.

Physical and Blood Biochemistry Parameters

Height was measured to the nearest 0.1 cm and weight was measured to the nearest 0.1 kg. Body mass index (BMI) was calculated as (weight in kg)/(height in m)². Blood pressure was measured three times using a TM-2571 automated oscillatory system (A&D Co. Ltd, Tokyo, Japan) after subjects had rested for 10 min in a seated position, and the mean value of the second and third measurements was used. Waist circumference was measured at the umbilical level to the nearest 0.1 cm.

Blood samples were collected the morning after an overnight fast. Levels of high-density lipoprotein (HDL) cholesterol were determined using a direct quantitative assay. Triglyceride and fasting plasma glucose (FPG) levels were measured using enzymatic assays and analyzed using a JCA-BM9030 automated analyzer (JEOL Ltd, Tokyo, Japan). Insulin levels were measured using a chemiluminescence immunologic assay and an automated Lumipulse PrestoII analyzer (Fujirebio Inc., Tokyo, Japan). All assays were performed by SRL Inc, Tokyo, Japan). The homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) was used as a surrogate marker for insulin resistance [11], and calculated as fasting insulin (in $\mu\text{U}/\text{mL}$) \times fasting glucose (in mg/dL)/405.

Levels of adiponectin, leptin, and high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) were measured at the same laboratory (SRL Inc). These adipocytokines and/or inflammatory markers are hereafter collectively referred to as biomarkers. Adiponectin was measured using the

Human Adiponectin ELISA kit (Otsuka Pharmaceutical Inc, Tokyo, Japan), leptin measurement was done using the Human Leptin RIA KIT (Linco Research Inc, St. Charles, MO, USA), and hs-CRP was measured using the N-Latex CRP II (Dade Behring Inc, Marburg, Germany).

Definition of Cardiovascular Disease Risk Factors, Metabolic Syndrome, and Obesity

Abdominal obesity, hypertension, elevated triglyceride levels, decreased HDL cholesterol levels, and hyperglycemia were used as CVD risk factors in the present study. The definition of CVD risk factors was based on that of the International Diabetes Federation for the ages of 10–16 years as follows [12]: triglycerides, $\geq 150 \text{ mg}/\text{dL}$; HDL cholesterol, $< 40 \text{ mg}/\text{dL}$; blood pressure, $\geq 130 \text{ mmHg}$ systolic or $\geq 85 \text{ mmHg}$ diastolic; and FPG, $\geq 100 \text{ mg}/\text{dL}$. Preliminary 90th percentile values in male and female junior high school adolescents for waist circumference were $\geq 80 \text{ cm}$ and $\geq 75 \text{ cm}$, respectively, based on data from the participants of the present study. The definition of CVD risk factors for ages > 16 years was based on that for adults as follows [13]: triglycerides, $\geq 150 \text{ mg}/\text{dL}$; HDL cholesterol, $< 40 \text{ mg}/\text{dL}$ in males and $< 50 \text{ mg}/\text{dL}$ in females; blood pressure, $\geq 130 \text{ mmHg}$ systolic or $\geq 85 \text{ mmHg}$ diastolic; and FPG, $\geq 100 \text{ mg}/\text{dL}$. Preliminary 90th percentile values in male and female high school adolescents for waist circumference were $\geq 80 \text{ cm}$ based on data from the participants of the present study. The definition of metabolic syndrome was based on that of the International Diabetes Federation [12,13].

The Examination Committee of Criteria for Obesity Disease in Japan recommended a BMI $\geq 25 \text{ kg}/\text{m}^2$ as the definition of obesity in the adult Japanese population [14]. Therefore, adolescent obesity in the present study was defined using the age- and sex-specific International Obesity Task Force standard corresponding to a BMI cut-off of $25 \text{ kg}/\text{m}^2$ at the age of 18 years [15].

Assessment of the Lifestyles of Adolescents and Their Parents

Self-reported lifestyle parameters for all subjects included regular times of going to bed and waking up; participation in school-based extracurricular (EC) physical activities; time spent in exercise, including walking, jogging, cycling, and EC physical activities on weekdays and holidays; time spent watching a screen, including watching television, non-school-related computer use, and games on weekdays and holidays; and score for eating breakfast (1, seldom; 2, occasional; 3, regular). Age, height, weight, and the following lifestyle information for both parents were also recorded: regular times for going to bed and waking up; time spent taking exercise,

TABLE 20.1 Characteristics of Adolescents^{a,b}

Characteristic	Junior High School Adolescents			Senior High School Adolescents		
	Males	Females	P value	Males	Females	P value
Number	99	101	–	337	442	–
Age (years)	14.0 (0.9)	14.0 (1.0)	0.88	16.5 (0.8) ^{***}	16.7 (0.9) ^{***}	0.01
Height (cm)	162.5 (8.4)	155.7 (5.5)	<0.001	170.5 (6.1) ^{***}	158.3 (5.3) ^{***}	<0.001
Weight (kg)	50.9 (10.7)	47.4 (6.7)	0.006	60.8 (10.3) ^{***}	51.1 (6.5) ^{***}	<0.001
Body mass index (kg/m ²)	19.1 (2.8)	19.5 (2.4)	0.32	20.9 (3.1) ^{***}	20.4 (2.3) ^{***}	0.01
Waist circumference (cm)	68.0 (8.1)	68.1 (6.5)	0.89	72.3 (8.2) ^{***}	71.2 (5.9) ^{***}	0.03
Systolic BP (mmHg)	106 (9)	100 (9)	<0.001	116 (10) ^{***}	106 (10) ^{***}	<0.001
Diastolic BP (mmHg)	58 (8)	56 (7)	0.02	63 (9) ^{***}	62 (9) ^{***}	0.02
Total cholesterol (mg/dL)	161 (23)	170 (30)	0.03	161 (28)	174 (27)	<0.001
LDL cholesterol (mg/dL)	89 (20)	97 (26)	0.02	89 (24)	96 (23)	<0.001
HDL cholesterol (mg/dL)	61 (12)	61 (11)	0.95	59 (12)	65 (13) ^{**}	<0.001
Triglycerides (mg/dL)	54 (39, 79)	63 (46, 84)	0.13	53 (41, 74)	52 (39, 69) ^{***}	0.23
FPG (mg/dL)	87 (6)	85 (5)	0.004	88 (7)	86 (6)	<0.001
Insulin (μ U/mL)	7.2 (5.3, 10.7)	87 (5.7, 11.2)	0.07	6.4 (4.3, 9.1) [*]	7.0 (5.1, 9.5) ^{**}	0.07
HOMA-IR	1.6 (1.1, 2.3)	1.8 (1.2, 2.5)	0.16	1.4 (0.9, 2.0)	1.5 (1.1, 2.1) ^{**}	0.26
No of CV risks	0.2 (0.4)	0.2 (0.4)	0.65	0.7 (0.9) ^{**}	0.6 (0.8)	0.11
Adiponectin (μ g/mL)	10.0 (4.1)	9.9 (4.6)	0.89	10.5 (4.0)	12.0 (4.6) ^{***}	<0.001
Leptin (ng/mL)	2.3 (1.8, 4.3)	7.9 (5.7, 12.8)	<0.001	1.1 (0.8, 2.2) ^{***}	6.2 (4.2, 8.6) ^{***}	<0.001
Hs-CRP (ng/mL)	82 (52, 177)	69 (25, 147)	0.053	111 (152, 268) [*]	58 (50, 137) [*]	<0.001
Birth weight (g)	3036 (533)	3014 (401)	0.74	3154 (425) [*]	3053 (407)	<0.001
Breast feeding (mo)	10.3 (4.3)	8.3 (4.9)	–	7.3 (5.5) ^{***}	7.8 (5.2)	0.29
Lifestyle factor						
EC activities (%)	73	47	<0.001	62	35	<0.001
Exercise (w, m)	90 (58, 120)	60 (30, 120)	0.16	120 (35, 150)	40 (10, 120)	<0.001
Exercise (h, m)	120 (30, 218)	60 (0, 180)	0.006	120 (30, 210)	30 (0, 120)	<0.001
Exercise (av, m)	90 (51, 150)	73 (25, 137)	0.04	120 (39, 167)	40 (13, 129)	<0.001
Screen (w, m)	90 (60, 150)	90 (60, 120)	0.46	120 (60, 180)	90 (60, 150)	0.70
Screen (h, m)	180 (120, 278)	180 (120, 240)	0.48	180 (120, 240)	180 (120, 240)	0.10
Screen (av, m)	118 (77, 177)	120 (77, 171)	0.92	120 (77, 184)	120 (69, 180)	0.21
Regular breakfast (%)	96%	93%	0.54	96%	92%	0.05

^aData are expressed as the mean (standard deviation). ^bStatistical analysis was performed for each sex between junior and high school adolescents; significance levels are shown as: * $P < 0.05$. ** $P < 0.01$. *** $P < 0.001$.

Variables with highly skewed distribution (triglycerides, insulin, HOMA-IR, leptin, high-sensitive CRP, exercise time, and screen time) are expressed as the mean (95% confidence interval). BP, blood pressure; CVD, cardiovascular; EC activities, extracurricular physical activities; exercise, exercise time; FPG, fasting plasma glucose; HOMA-IR, homeostasis assessment of insulin resistance; hs-CRP, high-sensitivity C-reactive protein; LDL, low-density lipoprotein; screen, screen time; (w, m), (weekday, minutes); (h, m), (holiday, minutes); (av, m), (average value per day, minutes).

TABLE 20.2 Characteristics of Parents^a

Characteristics	Junior High School Adolescents		Senior High School Adolescents	
	Males	Females	Males	Females
Characteristics and lifestyle of fathers				
Age (years)	44.1 (5.4)	45.3 (6.7)	47.5 (4.6)	48.1 (5.2)
Body mass index (kg/m ²)	24.0 (3.4)	23.8 (3.2)	23.7 (3.2)	23.5 (2.6)
Exercise (av, m)	14 (0, 43)	17 (0, 51)	10 (0, 39)	17 (0, 43)
Screen (av, m)	150 (93, 197)	150 (77, 214)	129 (77, 180)	137 (94, 206)
Having a regular breakfast (%)	76	69	80	81
Smoking rate (%)	39	40	42	42
Characteristics and lifestyle of mothers				
Age (years)	44.1 (5.4)	43.5 (5.2)	44.8 (3.7)	45.4 (4.1)
Body mass index (kg/m ²)	24.0 (3.4)	22.3 (4.2)	21.7 (2.8)	21.7 (3.0)
Exercise (av, m)	0 (0, 21)	0 (0, 21)	9 (0, 30)*	15 (0, 30) ^b
Screen (av, m)	124 (75, 180)	120 (60, 184)	120 (77, 180)	137 (77, 194)
Having a regular breakfast (%)	90	89	89	89
Smoking rate (%)	6	8	11	8

^aData are expressed as the mean (standard deviation). ^bMothers of male and female senior high school adolescents had a longer exercise time than those of junior high school adolescents.

Highly skewed variables in distribution (exercise time and television-watching time) were log-transformed before analysis to yield unimodal symmetry. These data are expressed as the median (interquartile ranges). Exercise (av, m), exercise time (average value per day, minute); screen (av, m), screen time (average value per day).

including walking, jogging, and cycling on weekdays and holidays; time spent watching a screen, including watching television and playing television- and/or computer-based games on weekdays and holidays; score for eating breakfast (1, seldom; 2, occasional; 3, regular); and history of smoking. Information on birth weight of the adolescents and duration of breastfeeding during infancy was obtained from the mothers.

Statistical Analysis

Data are expressed as the mean and standard deviation. Data for highly skewed variables in distribution are expressed as the median and interquartile range. Differences in mean values were examined using unpaired Student's *t*-tests. To determine the effect of lifestyles of adolescents and their parents on the levels of adolescent CVD risk factors, multivariate regression analyses were performed using each CVD risk level as a dependent variable, and the significant variables (*P* value <0.05) in previous simple regression analyses as independent variables. Highly skewed variables were log-transformed to yield unimodal symmetry, and these are indicated by ln(variable) hereafter to indicate the transformation. In regression analysis, dependent variables

included BMI, waist circumference, systolic blood pressure, HDL cholesterol, ln(triglycerides), ln(insulin), ln(HOMA-IR), the number of CVD risk factors, adiponectin, ln(leptin), and ln(hs-CRP). Independent variables include age, presence or absence of participation in EC physical activities, ln(exercise time), ln(screen time), presence or absence of a regular breakfast for adolescent volunteers, age, BMI, ln(exercise time), ln(screen time), and the presence or absence of smoking habits of parents. Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics version 21.0 (Tokyo, Japan). Results with a two-sided *P* value <0.05 were considered to be significant.

RESULTS

Characteristics of Subjects

Sex differences were present in junior and senior high school adolescent volunteers. Sex differences in height, weight, systolic and diastolic blood pressure, total cholesterol, FPG, and leptin were found in junior high school adolescents. Sex differences in age, height, weight, BMI, waist circumference, systolic and diastolic blood pressures, total cholesterol, and HDL cholesterol, FPG, insulin, adiponectin, leptin, hs-CRP, and birth weight were

TABLE 20.3 Effect of Lifestyle on Cardiovascular Risk Factors in Junior High School Adolescents by Simple Regression Analysis

	BMI	WC	SBP	HDLc	ln(TG) ^a	FPG	ln (insulin) ^a	ln (HOMA-IR) ^a	No of risk factors	AN	ln(leptin) ^a	ln (hs-CRP) ^a
Males (n = 99)												
Age	3.66***	3.99***	2.44*	-2.36*	2.09*	-	2.18*	2.15*	-	-	-	-
EC activities ^b	-4.34***	-4.69***	-3.14**	3.73***	-2.81**	-	-2.30*	-2.16*	-2.86**	-	-4.08***	-
ln(screen time) ^a	-	-	-	-	-	-	2.63*	2.46*	-	-	-	-
ln(paternal exercise time) ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.31*	-	-
Maternal BMI	3.19**	3.89**	-	-	-	-	-	-	-	-	3.52***	-
Females (n = 101)												
Age	2.09*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EC activities ^b	-2.86**	-2.95**	-	3.60***	-2.24*	-	-	-	-	-	-5.30***	-
ln(exercise time) ^a	-3.66***	-3.49***	-2.85**	3.16**	-	-	-	-	-	-	-3.80***	-
Paternal BMI	3.21**	3.27**	-	-2.26*	-	-	-	-	2.39*	-	2.40*	-
Maternal BMI	3.10**	4.04***	-	-2.07*	-	2.08*	-	-	3.33**	-	2.42*	-

* $P < 0.05$. ** $P < 0.01$. *** $P < 0.001$. ^aHighly skewed variables in distribution (levels of triglycerides, insulin, HOMA-IR, leptin, hs-CRP, exercise time, and screen time) were log-transformed before analysis to yield unimodal symmetry, which are indicated by ln(variable) to indicate the transformation. ^bAdolescents were asked whether they participated in EC activities (1, participated; 0, did not participate).

Values are expressed as t-values obtained by simple regression analysis. Data without significance were not included in the table. -, Variables that were not significant in simple or multivariate regression analyses. AN, adiponectin (in $\mu\text{g}/\text{mL}$); BMI, body mass index (in kg/m^2); EC activities, extracurricular physical activities; exercise or screen time, average time spent (in min) per day for exercise or watching a screen; FPG, fasting plasma glucose (in mg/dL); HDLc, high-density lipoprotein cholesterol (in mg/dL); HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance; hs-CRP, high-sensitivity C-reactive protein (in ng/mL); regular breakfast, regular breakfast consumption; SBP, systolic blood pressure (in mmHg); TG, triglycerides; WC, waist circumference.

found in senior high school adolescents (Table 20.1). Female adolescents showed a significantly lower rate of participation in EC physical activities and spent significantly less time on exercise than did male adolescents in junior and senior high school. In contrast, the amount of screen time was similar for both sexes (Table 20.1). No junior high school volunteers fulfilled the criteria of metabolic syndrome; four senior high school volunteers fulfilled the criteria.

Parental BMIs and time spent watching a screen were similar for both sexes (Table 20.2). Mothers of male and female senior high school adolescents participated in more exercise than did those of junior high school adolescents.

Effect of Lifestyle on Cardiovascular Disease Risk Factor Levels in Junior High School Adolescents

The effect of lifestyle on CVD risk factor levels determined by simple and multivariate regression analysis is shown in Tables 20.3 and 20.4. Multivariate regression analysis showed that the effect of adolescent lifestyle on BMI or waist circumference was different between sexes.

In male adolescents, BMI and waist circumference were associated with maternal BMI, but not with paternal BMI. Participation in EC physical activity greatly decreased with worsening BMI and waist circumference. In female adolescents, BMI and waist circumference were associated with paternal and maternal BMI. Participation in EC physical activity was widely associated with improved CVD risk factors, except for obesity, including lowering systolic blood pressure, increasing HDL cholesterol levels, decreasing the level of ln(triglycerides), and decreasing the accumulation of CVD risk factors.

Effect of Lifestyle on Cardiovascular Disease Risk Factor Levels in Senior High School Adolescents

The effect of lifestyle on CVD risk factor levels determined by simple and multivariate regression analysis is shown in Tables 20.5 and 20.6. Multivariate regression analysis showed that the effect of adolescent lifestyle on BMI or waist circumference was sex dependent and was different between junior and senior high school adolescents. In male adolescents, higher paternal and maternal BMI were independently associated with a high BMI and

TABLE 20.4 Effect of Lifestyle on Cardiovascular Risk Factors in Junior High School Adolescents by Multivariate Regression Analysis

	BMI	WC	SBP	HDLc	ln(TG) ^a	ln(insulin) ^a	ln(HOMA-IR) ^a	No of risks	AN	ln(leptin) ^a
Males (n = 99)										
EC activities ^b	-3.09**	-3.40**	-2.4*	2.99**	-2.14*	-	-	-2.86**	-	-3.74***
ln(screen time) ^b	-	-	-	-	-	2.68**	2.51*	-	-	-
ln(paternal exercise time) ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	2.31*	-
Maternal BMI	2.87**	3.64***	-	-	-	-	-	-	-	3.43***
Females (n = 101)										
EC activities	-	-	-	-	-2.24*	-	-	-	-	-3.18**
ln(exercise time) ^b	-	-	-2.85**	-	-	-	-	-	-	-
Paternal BMI	3.08**	3.03**	-	-	-	-	-	2.48*	-	-
Maternal BMI	2.65**	3.92***	-	-	-	-	-	3.17**	-	2.29*

* $P < 0.05$. ** $P < 0.01$. *** $P < 0.001$. ^aHighly skewed variables in distribution (levels of triglycerides, insulin, HOMA-IR, leptin, hs-CRP, exercise time, and screen time) were log-transformed before analysis to yield unimodal symmetry, which are indicated by ln(variable) to indicate the transformation. ^bAdolescents were asked whether they participated in EC activities (1, participated; 0, did not participate).

Values in the table are expressed as the t-value by multivariate regression analysis. Data without significance were not included in the table.

greater waist circumference. Paternal BMI had a stronger effect on male adolescent BMI and waist circumference than did maternal BMI. Having a regular breakfast was associated with a lower BMI and smaller waist circumference. Conversely, higher maternal BMI, but not higher paternal BMI, was associated with a high BMI and greater waist circumference in female adolescents.

Participation in EC physical activity had a large effect on the following risk factors in male and female senior high school adolescents: levels of HDL cholesterol, ln(triglycerides), ln(insulin), ln(HOMA-IR), adiponectin, and ln(leptin) in both sexes; and systolic blood pressure and the total number of CVD risk factors in male senior high school adolescents. Time spent watching a screen was negatively associated with HDL cholesterol levels for both sexes. Additionally, a longer time spent watching a screen was associated with high levels of ln(triglycerides) and ln(leptin) and low levels of adiponectin in female senior high school adolescents.

Concerning the association between ln(screen time) and obesity in junior and senior high school adolescents, ln(screen time) was weakly associated with a higher waist circumference (abdominal obesity) only in female senior high school adolescents. Screen time of >120 min/day was not associated with the presence of obesity, as defined by international cut offs, or with the presence of abdominal obesity defined by increased waist circumference (data not shown).

Birth weight and duration of breastfeeding were not significant for either sex (data not shown).

DISCUSSION

The present study shows that participation in school-based EC physical activities and parental BMI are strongly associated with the levels of one or more CVD risk factors in adolescents. We also show sex differences and age-specific effects on adolescent BMI and waist circumference, indicating that strategies to prevent the development of CVD risk factors in adolescents should account for sex and age.

Physical activity, especially moderate-to-vigorous physical activity, is associated with beneficial metabolic profiles [8,16]. Participating in EC activities to experience sports or liberal arts are encouraged in junior and senior high schools in Japan. In the present study, multivariate regression analysis showed that participation in EC physical activities is highly associated with improving levels of CVD risk factors in male and female adolescents. Especially in male adolescents, participating in EC physical activities is associated with improvements in many CVD risk factors, such as abdominal obesity, hypertension, low HDL cholesterol levels, and high triglyceride levels in the junior high school period, and hypertension, low HDL cholesterol levels, high triglyceride levels, and insulin resistance in the senior high school period. In female senior high school adolescents, participating in EC activities is associated with improvements in levels of CVD risk factors. The United States Department of Health and Human Services has called for an expansion of school-based EC sports