

## 二重エネルギー吸収法からみた青年期男女の身体組成研究

宮元章次

A Study of Adolescent Body Composition: the Implementation of Dual Energy Absorptiometry.

SHOJI MIYAMOTO

骨塩量の低下が主な原因である骨粗鬆症による骨折のうち最も大きな問題は大腿骨部骨折である。大腿骨部骨折は米国において人口の6.1%に発症し、中でも女子における頻度は、90歳までに32%にのぼるとされている<sup>2)</sup>。これに対して、わが国の大腿骨部骨折の件数は0.03%であり、米国と比較すると極めて低い発症率であるが、入院患者の総数では2番目に多い疾患である<sup>16)</sup>。骨粗鬆症の予防としては青年期までに骨塩量の獲得を最大にすることと、中高年以降において骨塩量の減少を抑えることが述べられている<sup>19)</sup>。特に、運動をして青年期までに骨塩量の獲得を高めておくことが骨粗鬆症の積極的な予防策として注目されている<sup>9)</sup>。しかし、運動は骨格を丈夫にすることは理解されても青年期までの運動と骨塩量に関する研究は少なく、人を対象にした報告はほとんどみられない<sup>8)</sup>。したがって、成長期の運動が青年期の身体組成にどのような効果を与えているかを調べることは意義あるものと思われる。そこで、この研究では最近の子ども・青年における骨折の状態および体について調査して、青年期男女の身体組成の特徴から検討を加える。

次に、二重エネルギー吸収法は身体組織を通過する二重のエネルギーが軟部組織、骨に吸収されて減弱される性質を利用して、体脂肪量の測定に加えて骨塩量の測定を可能にしたことから、この方法からみた青年期男女の身体組成研究の必要性について明らかにする。

子どもについての骨折件数は年々増加傾向にあることが報告<sup>9)</sup>されているが、小学生から大学生までの負傷の発生状況は、日本体育・学校健康センター（日本学校安全会）<sup>20, 21)</sup>と内外学生センター<sup>17, 18)</sup>により調査がなされている。これらの統計を基に1972年度と20年後の1993年度について小・中・高・大学生の骨折率を男女別に図1に示した<sup>17, 18, 20, 21)</sup>。骨折率は、災害共済加入者において、その負傷者に対する骨折者の割合を表している。20年前と最近の骨折率とを比較すると、小学校においては変動が小さい（20%台前半にある）のに対して、中・高・大学生においては、増加傾向が続き30%に近づきつつある。日本学校健康会<sup>10)</sup>は児童、生徒の骨折に関する報告書にて、小学生にみられる弱い外力での骨折の対策は幼児期からの身のこなしの訓練が必要であると提案している。身体各部の発育発達はスキヤモンの発育曲線にもみられるように、身のこなしの主な背景である脳・神経系は6歳時に成人の90%以上の発育を遂げている。発育発達に添った運動刺激が十分に与えられることによって、平衡性、敏捷性、巧緻性および柔軟性などに代表される行動を調整する能力が向上するものと推察される。体力の構成要素である行動を調整する能力が向上することは、ひいては体力が高まることである。

体力とは人間の活動や生存の基礎となる身体能力である。体力の構成要素とされている運動を調整する能力とは、運動の目的にそって筋収縮によって生じた力を有効に使えるように身体動作を調節する能力である。したがって、運動を調整能力を適度に身につけることは健康にとって大切であるばかりでなく、骨折の予防のためにも重要である。

一方、中・高・大学生において骨折率が増加していることについては、身長・体重などの発育が促進される思春期までに行動を調整する能力が身につけていないことと、思春期およびそれ以降で筋力、筋パワーに関する能力が身につけていないことに起因するものと推察される。運動以外に骨代謝に影響を与える重要な因子には、栄養、ホルモン、加齢、遺伝がある<sup>19)</sup>。これらの因子と骨は、骨のmechanoreceptorの働きによるminimum effective strain（以下、MES）に対応して骨代謝を調整している<sup>10)</sup>。strainとは物理的な負荷が加わって骨に発生する歪みである。したがって、思春期およびそれ以降の骨折率を減少させるには、思春期を中心とする発生期において行動を起こす能力を高めることが重要な課題となる。特に、思春期ではカルシウム代謝を促すホルモンの分泌が盛んであること<sup>9)</sup>、筋収縮による物理的な負荷の増加による骨の活性化が骨塩量の獲得を促すこと<sup>5, 16)</sup>が

ら、骨塩量を効率よく増大させるものと考えられる。

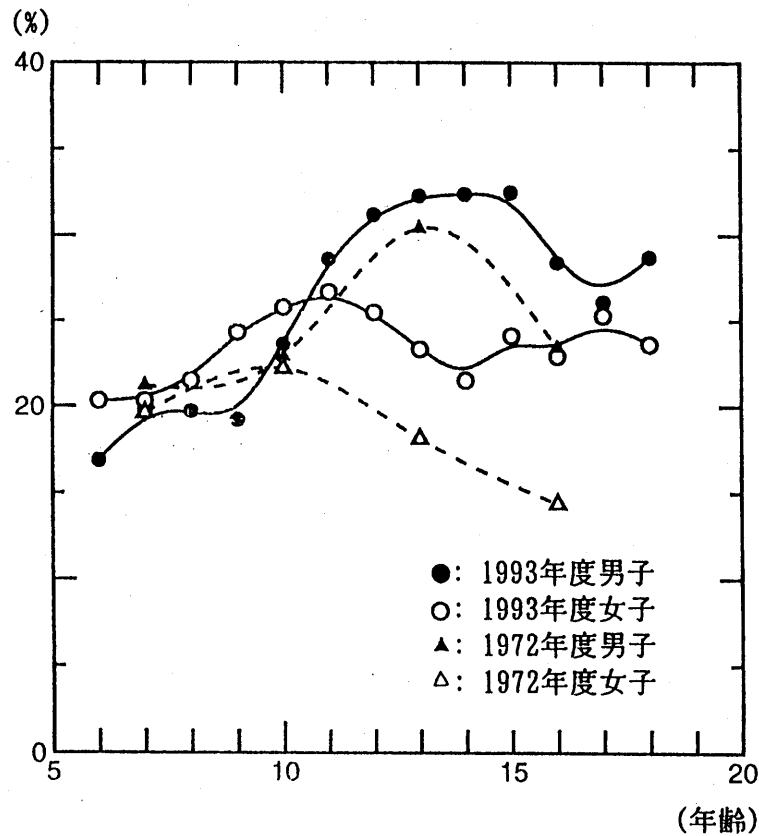


図1 骨折率の推移（日本体育・学校保健センター、内外学生センター）

図2・3・4 は1964年度から1992年度までの18歳男女の身長、座高および下肢の長さの推移を示したものである。これらの図から青年期男女の身長は伸びている（図2）が、座高はほとんど変わらない（図3）ために、下肢が長くなる傾向にあり（図4）、下肢の長さの増加が身長に影響していることが分かる。次に、Body Mass Index（以下、BMI）は体脂肪量との相関が高いことから肥満の判定法として使用されている。図5 は青年期男女のBMIの経年的推移を示したものである。図から明らかなように、青年期男女のBMIは1970年代前半に21を示してから、男子においてその後増加を示して22に近づいていることと、女子において減少傾向にあり20.5を下回る傾向がみられる。徳永らによると22（N=3000、平均年齢40代）が、morbidity indexの最小点であり、22となる体重が標準体重とされている。BMIから青年期の肥満を判定すると男子は標準体重に近い状態にあることが明らかになった。これに対して、女子では身長の伸びに比べて体重の増加が伴わないために痩身化していることが明らかになった。

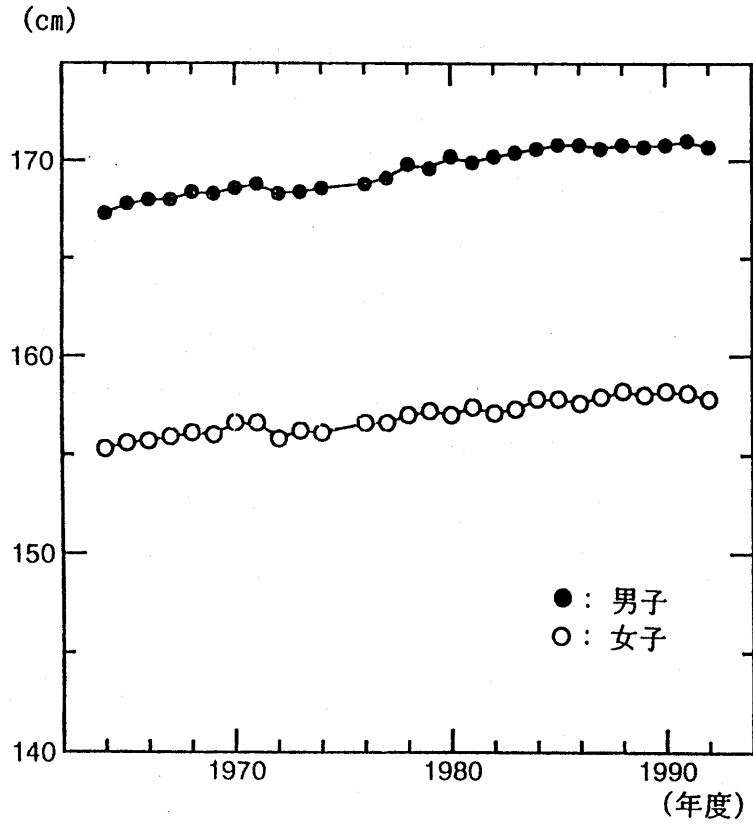


図2 18歳男女の身長の変遷 (文部省)

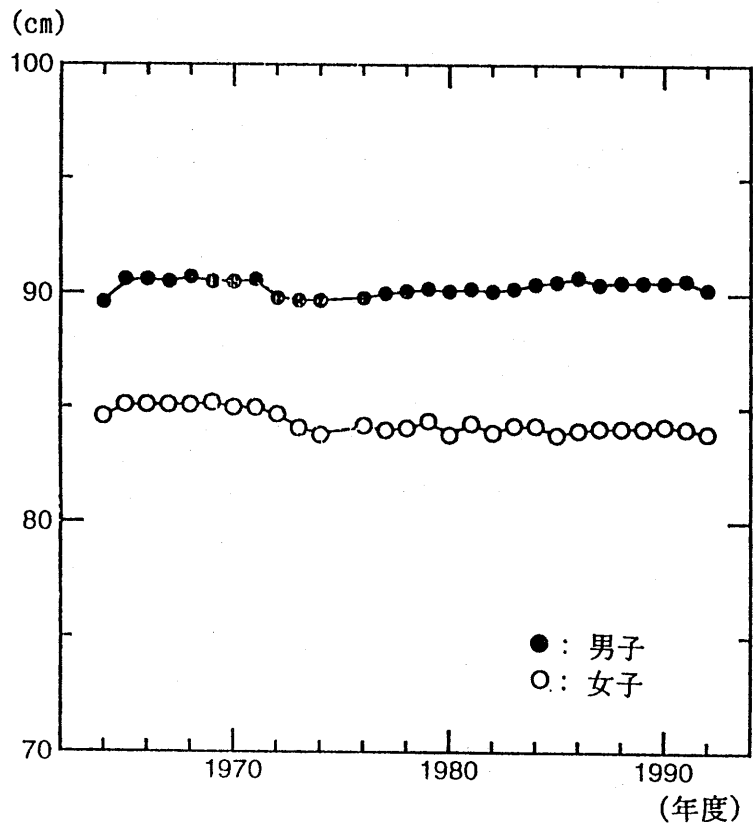


図3 18歳男女の座高の変遷 (文部省)

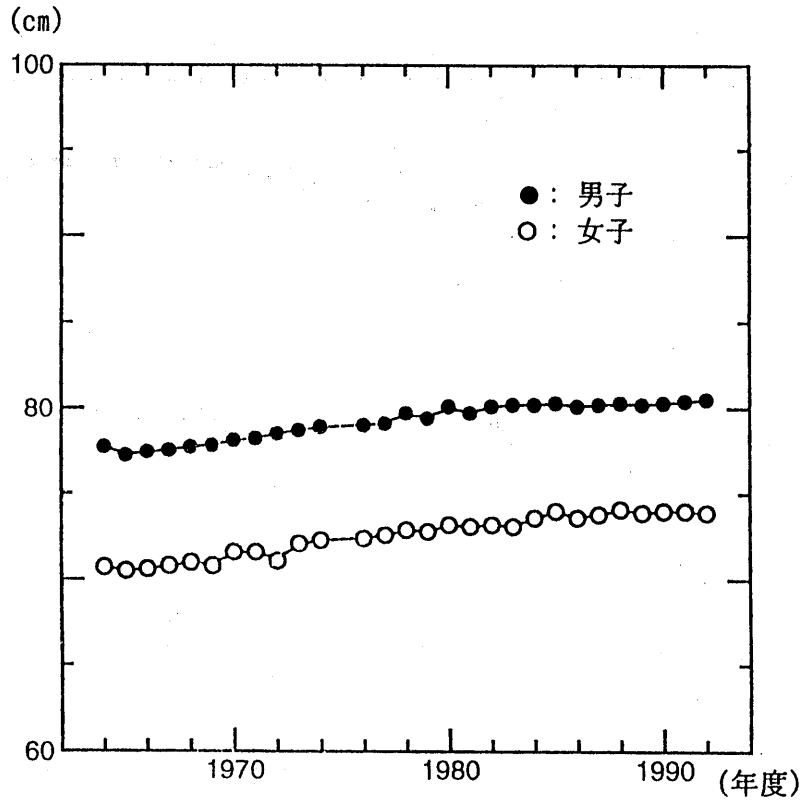


図4 18歳男女の身長から座高を差し引いた値の経年的推移 (文部省)

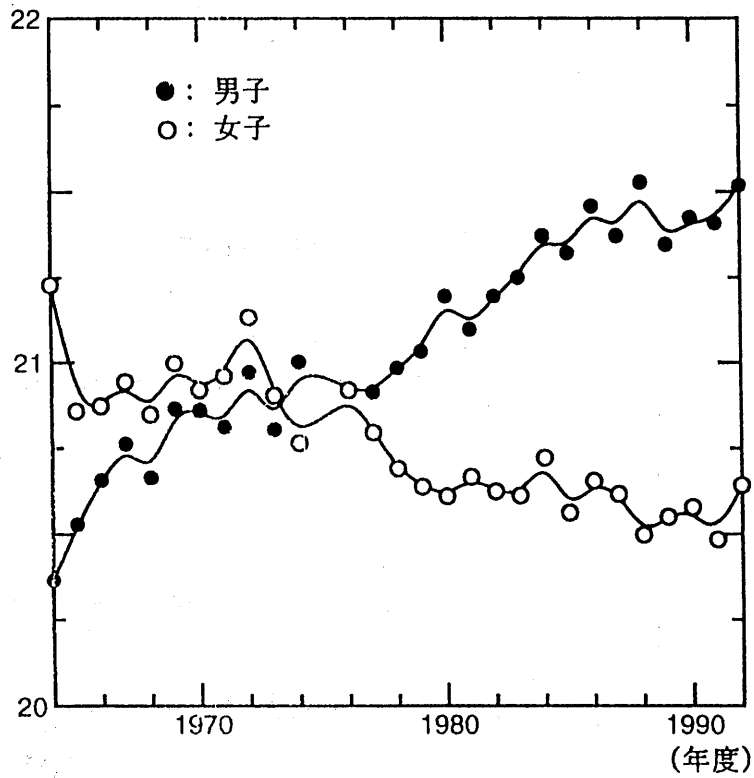


図5 18歳男女のBMIの経年的推移 (文部省)

最近の子ども・青年における体の変化の1つは早熟化にあることが述べられている<sup>13)</sup>。したがって、発育途中の年代の体を調査することは早熟化による青年期の体の変化を明らかにするものと考えられる。文部省の学校保健統計<sup>14)</sup>の中には子どもの体格を表す指標として体重を性別・年齢別・身長別に分けて、120%以上の者を肥満傾向児として、80%以下の者を痩身傾向児として6歳から14歳までを分類している。

図6は14歳における肥満傾向児の出現率を経年的に示している。肥満傾向児の出現率は男女共に資料が発表された1978年から毎年増え続けて1993年度には男子8.6%、女子7.2%であり過去最高値を示している。

図7は14歳における痩身傾向児の出現率を経年的に示している。女子についてみると1978年度から1986年度までの出現率は2%代でほぼ横這い状態であるが、1987年度頃より増加して1993年度には3%に近づいている。男子の痩身傾向児は1990年度から2%を越えており、増加率からみると女子に迫る勢いである。このように、統計からみる子どもの体の特徴は肥満と痩身の割合が増加している点である。

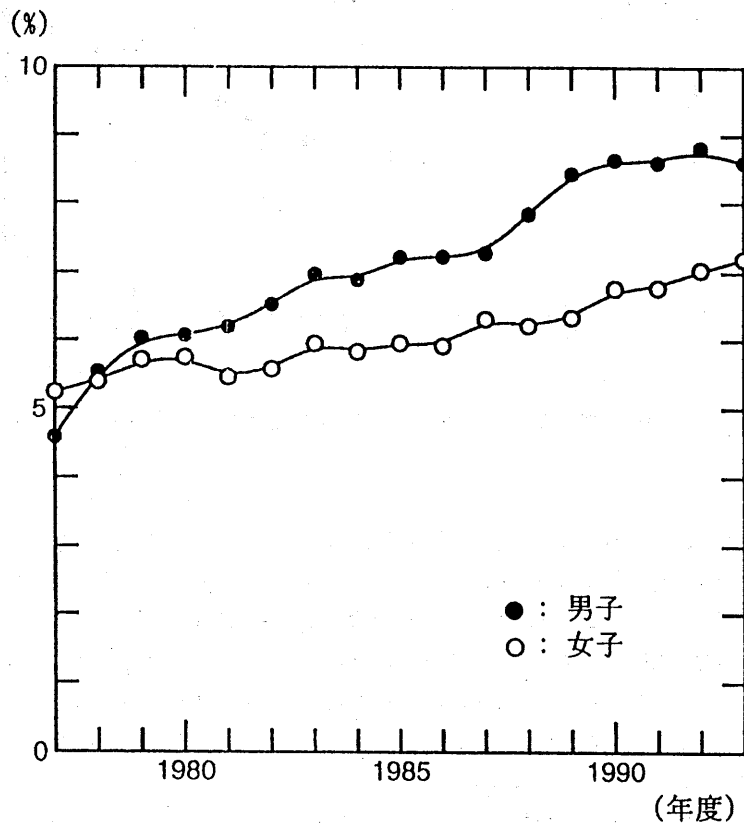


図6 14歳男女における肥満傾向児の出現率の経年的推移(文部省)

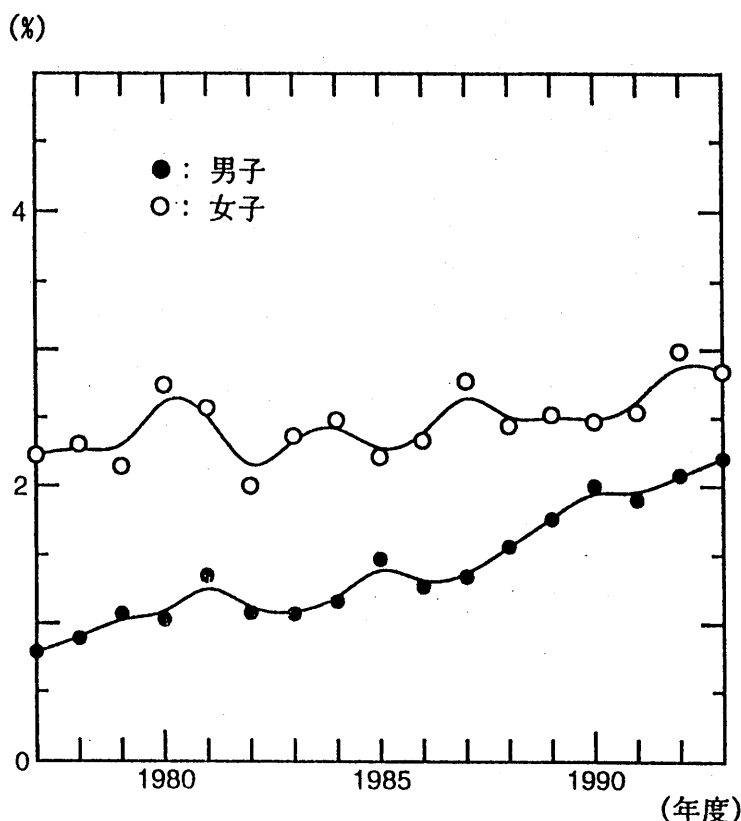


図7 14歳男女における痩身傾向児の出現率の経年的推移 (文部省)

文部省が肥満度を公表した背景については、肥満傾向児において小児成人病に罹患する率が高いことと、痩身傾向児において成熟への支障が予測されるためであると推察される。学童期におけるこれらの疾患の原因としては食事と運動とがあげられている<sup>23)</sup>が、食事と運動は成人病と骨粗鬆症の予防においても重要視されている因子である。すなわち、成人病に罹りやすい人は体脂肪率が高いのに対して、骨粗鬆症になりやすい人は痩身かつ骨塩量が低い傾向にあるからである。肥満と痩身とが増加しているのが子どもの体の特徴であるが、この特徴は青年期の体格にも反映していることが考えられる。したがって、成人病や骨粗鬆症の予防のためには青年期を対象として骨塩量と体脂肪量の調査が重要になると思われる。

次に、図8は密度法を用いて求めた体脂肪率 (以下、 $\%Fat_D$ ) および二重エネルギー吸収法を用いて求めた体脂肪率(以下、 $\%Fat_R$ )と、除脂肪部分に占める骨塩量の割合(以下、 $BMC\%LBM$ )との関係をMazessら<sup>24)</sup>のデータを基に作成したものである。図から明らかなように、 $\%Fat_D$ と $\%Fat_R$ とは必ずしも一致していない。健康者において $\%Fat_D$ と $\%Fat_R$ との相関係数は0.87である。また、 $BMC\%LBM$ は4%から8%の範囲にある。成人を対象にして算出された体脂肪量を二重エネルギー吸収法と密度法とで比較すると相関係数は0.80から0.94の範囲にある<sup>24, 25)</sup>。二重エネルギー吸収法を用いて測定した全質量は体質量との相関が非常に高く( $R=0.99$ ,  $N=165$ )<sup>26)</sup>、骨塩量とカルシウムとの相関は高いこと( $r=0.97$ )が述べられている<sup>27)</sup>。これより、 $\%Fat_R$ と $\%Fat_D$ との偏差は $BMC\%LBM$ に起因しており、 $BMC\%LBM$ の異なる者では除脂肪部分の密度が異なるものと推察される。

今日まで広く用いられている密度法による算出式は標準的な成人男子の $BMC\%LBM$ を基準に作成されている。そのために、骨や骨格筋の大きく発達した競技者や除脂肪部分が発達していない成人女子においても、その $BMC\%LBM$ が成人男子と等しいと考えられて標準的な成人男子の算出式が用いられるのが通例である。しかし、前述したように、そうした算出式の使用には問題がある。この問題を解決するには二重エネルギー吸収法にて競技者や成人女子の $BMC\%LBM$ および除脂肪部分の密度を算出することである。

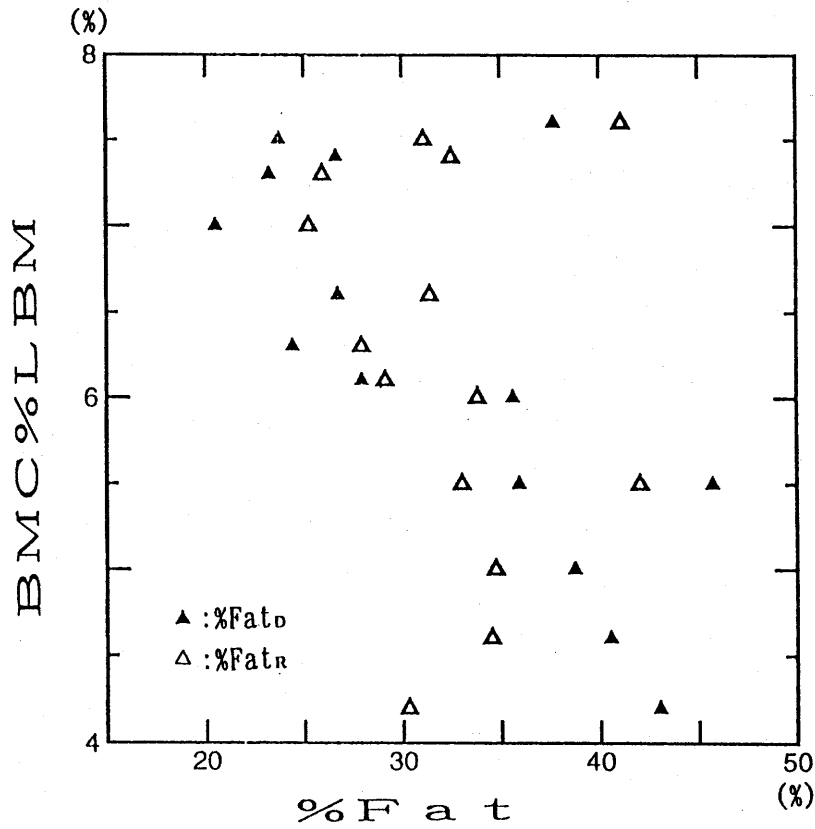


図8 体脂肪率と除脂肪部分に占める骨塩量の割合との関係(Mazessら)  
 %Fat: 体脂肪率、%Fat<sub>D</sub>: 密度法を用いて算出した体脂肪率、  
 %Fat<sub>R</sub>: 二重エネルギー吸収法を用いて算出した体脂肪率、  
 BMC%LBM: 除脂肪部分に占める骨塩量の割合

さらに、身体組成の分析に二重エネルギー吸収法を用いる場合には、全身および各部位に分けて骨塩量と体脂肪量が得られるためこれらの資料を個人にフィードバックできる。最近の中老年の女子においては骨粗鬆症が増加していること<sup>9)</sup>や肥満に伴う成人病の発症は低下の兆しがみえない。子ども達がこれらの疾病の予備群にならないようにするためには二重エネルギー吸収法から得られるデータを提示して活用することが大切である。

文献

- 1) Drinkwater, B. L., Nilson, K., Ott, S. and Chesnut, C. H. (1986) Bone mineral density after resumption of menses in amenorrheic athletes. *JAMA* 256:380-382.
- 2) 江原茂(1990) Osteoporosis のスクリーニングについて。臨床放射線 35:89-91.
- 3) Friedl, K. E., DeLuca, J. P., Marchitelli, L. J. and Vogel, J. A. (1992) Reliability of body-fat estimations from a four compartment model using density, body water and bone mineral measurements. *Am. J. Clin. Nutr.* 55:764-770.
- 4) Fuller, N. J., Laskey, M. A. and Elia, M. M. (1991) Assessment of the composition of major regions by DEXA with special reference to limb muscle mass. *Clin. Physiol.* 12:253-266.
- 5) 藤田拓男(1988):運動と骨に対する物理的刺激。わかりやすい骨粗鬆症。協和企画通信 : 東京, pp8-35
- 6) Gilsanz, V., Gibbens, D. T., Roe, T. F., Carlson, M., Senac, M. O., Boechat, M. I., Huang, H. K., Schulz, E. E., Libanati, C. R. and Cann, C. C. (1988) Vertebral bone density in children: effect of puberty. *Radiology* 166:847-850.
- 7) Gilsanz, V., Gibbens, D. T., Carlson, M., Boechat, M. I., Cann, C. E. and Schulz, E. E. (1988) Peak trabecular vertebral density: A comparison of adolescent and adult females. *Calcif. Tissue Int.* 43:260-262.
- 8) 井本岳秋、西山宗六、友枝新一、中根樵武、米満弘之、松田一郎、澤田芳男(1993) 子どものスポーツ活動と骨折、骨密度。体育の科学。43:696-701.
- 9) 井上修二(1994) 肥満と肥満症: 肥満症の考え方と成因。臨床スポーツ医学 11:257-263.
- 10) 子どものからだと心・連絡会議 (1994年) 子どもをもっと骨太にする体育の工夫をしよう。体育科教育。42(7):47.
- 11) 子どものからだと心・連絡会議 (1992) 子どもの下肢は伸びて強いのか。体育科教育。40(6):57.
- 12) 子どものからだと心・連絡会議 (1992) 肥満とやせすぎの両極分解。体育科教育。40(8):55.
- 13) Mazess, R. B., Peppler, W. W. and Gibbons, M. (1984) Total body composition by dual-photon (<sup>153</sup>Gd) absorptiometry 1 - 3. *Am. J. Clin. Nutr.* 51:1106-1112.
- 14) 宮元章次(1991) 習慣的な運動が青年期の骨塩量に及ぼす影響に関する研究。日本学校保健研究 33:24-32.
- 15) 文部省(1978-1993) 学校保健統計調査報告書。
- 16) 武藤芳照、谷本廣道、伊藤春夫(1992) 骨粗鬆症予防のための効果的運動療法の研究開発事業報告書: II。身体運動と骨粗鬆症との関係に関する資料調査研究。日本エアロビックフィットネス協会: 東京, pp.1-36.
- 17) 内外学生センター(1994) 学生教育研究災害傷害保険事故概要。東京, pp18-19.
- 18) 内外学生センター(1972) 学生教育研究災害傷害保険事故概要。東京, pp8-9.
- 19) 乗松尋道 (1988) Osteoporosisの予防: 栄養、運動の面から。臨床スポーツ医学 5:1325-1331.
- 20) 日本学校安全会 (1969) 「学校の管理下」の災害-(4)。文唱堂: 東京, pp.1-153.
- 21) 日本体育・学校健康センター (1993) 「学校の管理下」の災害-(14)。文唱堂: 東京, pp.1-174.
- 22) Tokunaga, K., Matsuzawa, Y. (1991) Ideal body weight estimated from the body mass index with the lowest morbidity. *Int. J. Obes.* 15:1-5.
- 23) Wellens, R., Roche, A. F., Guo, S., Chumlea, W. C. and Siervogel, R. M. (1992) Assessing percent body fat and fat-free mass by dual energy x-ray absorptiometry and densitometry. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:S58.