

論 文

異なったスポーツ種目が女子大学生の骨密度に及ぼす影響について

Effects of different sports on bone mineral density in female college students

中谷 昭*¹, 吉田 輝代*², 清水智佳子*³, 吉岡 哲*¹, 山口 幸一*¹

要約: 骨密度が一定以上低下すると骨折の危険性が增大するため、20～30歳までに骨密度を高めておくことが望ましいと考えられる。そこで本研究ではバスケットボール、バレーボール、水泳及びダンスに参加する大学女子スポーツ選手を対象にスポーツ種目の違いが骨密度に及ぼす影響について検討した。骨密度は超音波骨密度測定装置（Lunar社製、Achilles 1000）を用い右足踵骨において測定し得られた Stiffness を指標として用いた。その結果、対照群（C群）の骨密度が 90.7 ± 11.5 に対しバスケットボール群（B群）では 111.6 ± 13.9 、バレーボール群（V群）では 113.5 ± 10.5 、水泳群（S群）では 94.2 ± 7.4 、ダンス群（D群）では 99.5 ± 12.5 とC群に比較しB群及びV群が有意に（B群： $P < 0.01$ 、V群： $P < 0.001$ ）高い値を示した。全対象者の体重及び除脂肪体重と骨密度との間には有意（ $P < 0.001$ ）な相関関係（体重： $r = 0.475$ 、除脂肪体重： $r = 0.500$ ）が認められたが、体脂肪率やカルシウム摂取量と骨密度の間には有意な相関関係が認められなかった。

以上のことより、女子大学生においてジャンプ動作など骨に対する機械的刺激が大きいバスケットボールやバレーボールは骨密度を増大し、無重力状態での運動が多い水泳では効果が得られないことが分かった。また、スポーツによる除脂肪体重の増加は骨密度を増大する効果があるものと考えられる。

Key Words: 骨密度, 大学女子スポーツ選手, 除脂肪体重, カルシウム摂取量

I. 緒言

ヒトには200個以上の骨があり、体を支える支柱としてまた大切な臓器を守る保護としての重要な働きをするとともに、無機塩類の調節や造血などの機能を有している。骨は主にカルシウムやリンなどの無機塩類とコラーゲンなどの有機質によって構成され、骨の強さは単位面積当たりの無機塩類の量である骨密度により示すことができる¹⁰⁾。骨密度は成長とともに増大し、20～30歳における最大骨量をピークに加齢とともに低下していくことが知られている⁸⁾。骨密度が一定以上低下すると骨粗鬆症と言われ、骨折の危険性が高まる。従って、骨粗鬆症を予防するためには骨密度を常に高い状態に保っておく必要がある。

骨は骨芽細胞の働きにより作られ、破骨細胞の働きにより壊されることにより常に生まれ変わっている。骨芽細胞は重力などの機械的刺激によりその働きが活性化され、コラーゲンを作り、カルシウムを付着することにより新しい骨が作られる¹⁾。従って、骨密度を高めるためには骨芽細胞を刺激する運動やスポーツなどを行うとともに材料であるカルシウムを十分摂取することが重要であると考えられる。Hamdyら⁵⁾はウエイトリフティング、ランニングや軽度のレクリエーション運動を行う成人男性の骨密度を調べたところ、ウエイトリフティングが最も高く、ランニングや軽度のレクリエーション運動では対照群との間に差が無かったことを報告している。従って、実施する運動種目により骨密度に及ぼす影響が異なるものと考えられる。

そこで、本研究ではプレー中ジャンプ動作の多いバスケットボールやバレーボール、水中で重力刺激の少ない水泳競技及び柔軟性や調整力が求められるダンスを実施する女子大学生を対象に、異なったスポーツ種目が骨密度に及ぼす影響について検討した。

2019年12月3日受付／2020年1月23日受理

*¹ Akira NAKATANI
Akira YOSHIOKA
Koichi YAMAGUCHI
関西福祉大学 教育学部

*² Teruyo YOSHIDA
元奈良教育大学

*³ Chikako SHIMIZU
奈良教育大学附属幼稚園

表 1 各群の身体特性

	C群 (n=11)	B群 (n=11)	V群 (n=14)	S群 (n=10)	D群 (n=13)
年齢(歳)	21.6 ± 1.0	19.3 ± 1.0a	19.1 ± 0.6a	19.7 ± 0.7a	19.6 ± 1.2a
身長(cm)	157.4 ± 3.4	164.3 ± 8.0b	163.9 ± 3.6b	160.7 ± 4.0	160.2 ± 4.2
体重(kg)	51.2 ± 4.7	59.8 ± 6.7c	61.9 ± 6.6d	57.4 ± 7.2	56.6 ± 5.3
体脂肪率(%)	25.3 ± 3.8	24.5 ± 0.9	23.1 ± 4.1	25.9 ± 2.9	25.4 ± 2.3
体脂肪量(kg)	12.9 ± 2.5	14.6 ± 2.0	14.6 ± 3.7	15.0 ± 3.4	14.4 ± 2.1
除脂肪体重(kg)	38.3 ± 3.8	45.2 ± 4.8e	48.1 ± 4.2a	42.4 ± 4.1f	42.3 ± 3.8g

C群:対照群, B群:バスケットボール群, V群:バレーボール群, S群:水泳群, D群:ダンス群.
 a; C群との有意差, P<0.01, b; C群との有意差, P<0.05, c; C群との有意差, P<0.05, d;
 C群との有意差, P<0.01, e; C群との有意差, P<0.01, f; B群との有意差, P<0.05, g; V群との有意差

II. 方法

A. 対象

被検者として女子大学生を対象とした。運動群はバスケットボール部 (B群:11名),バレーボール部 (V群:14名)、水泳部 (S群:10名) 及びダンス部 (D群:13名) の4群で、ほぼ全員中学校から同種目の運動を継続してきており、全国大会に出場可能な競技レベルである選手を対象とした。対照群 (C群:11名) は現在運動系クラブまたはサークルに所属しておらず、定期的な運動を行っていない女子大学生を対象とした。本研究は「ヘルシンキ宣言」で承認された倫理基準に従って実施し、対象者には研究の趣旨や測定方法について説明し、同意を得て行った。

B. 形態測定

身長、体重、体脂肪率及び除脂肪体重を計測した。体重はデジタル精密体重計 (UC-300, 株式会社エー・アンド・デイ社製) を用いて測定した。体脂肪率は体脂肪測定装置 (バイオインピメーター SS-103, 積水化学工

業株式会社製) を用い、BI法 (Bioelectrical Impedance Analysis) により測定した。電極を右手首と右足のくるぶしに装着し、四電極法で生体インピーダンス (Ω) を測定し、推定式より体脂肪率を求めた。除脂肪体重は得られた体脂肪率を用い計算により求めた。

C. 骨密度の測定

骨密度は超音波骨密度測定装置 (Lunar社製, Achilles 1000) を用い測定した。右足踵骨に低周波 (100 ~ 300kHz) の超音波を照射し、得られた超音波伝播速度 (SOS:Speed of Sound) と超音波伝播減衰係数 (BUA: Broadband Ultrasound Attenuation) から算出される Stiffness Index を計算し骨密度の指標とした。なお、対象者と同一年齢の推定骨密度との比率を示す % Age Matched は、(各対象者の骨密度 ÷ 各対象者と同一年齢の日本人の平均骨密度) × 100 で求めた。

D. 栄養調査

栄養調査は3日間の食事記録法により行った。朝食、

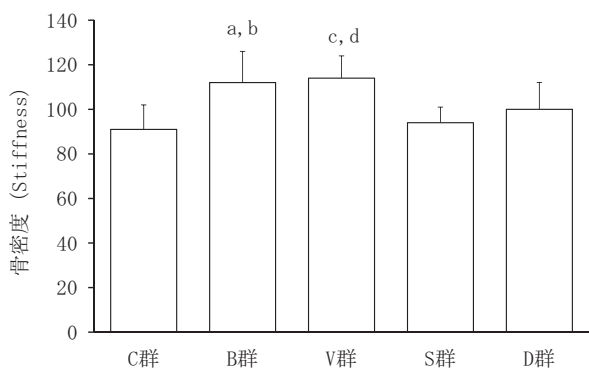


図 1 運動種目の違いが骨密度 (Stiffness) に及ぼす影響

C群:対照群, B群:バスケットボール群, V群:バレーボール群, S群:水泳群, D群:ダンス群. a; C群との有意差, P<0.001, b; S群との有意差, P<0.05, c; C群との有意差, P<0.001, d; S群との有意差, P<0.01.

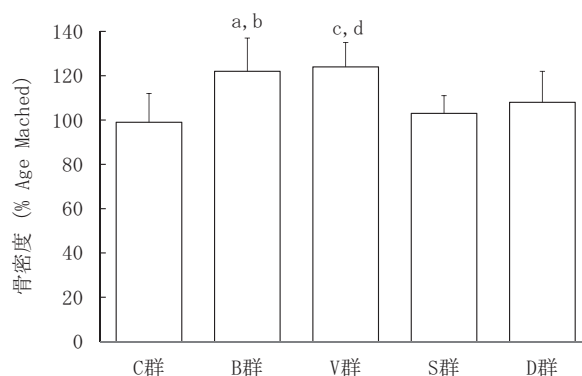


図 2 運動種目の違いが骨密度 (% Age Matched) に及ぼす影響

C群:対照群, B群:バスケットボール群, V群:バレーボール群, S群:水泳群, D群:ダンス群. a; C群との有意差, P<0.01, b; S群との有意差, P<0.05, c; C群との有意差, P<0.001, d; S群との有意差, P<0.01.

表2 各群の栄養摂取量

	C群	B群	V群	S群	D群
総摂取カロリー (kcal)	1928 ± 325	2054 ± 342	2358 ± 526	2009 ± 317	1973 ± 735
糖 質 (g)	263 ± 39	301 ± 46	320 ± 74	268 ± 46	247 ± 96
タンパク質 (g)	67 ± 13	67 ± 15	76 ± 16	73 ± 12	58 ± 17a
脂 質 (g)	63 ± 17	69 ± 27	81 ± 24	67 ± 16	62 ± 22
カルシウム (mg)	374 ± 171	402 ± 176	508 ± 200	547 ± 186	364 ± 166
鉄 (mg)	7.9 ± 2.0	8.4 ± 2.2	8.9 ± 2.5	9.2 ± 2.1	6.8 ± 2.1

a: V群との有意差, P<0.05

昼食, 夕食及び間食のそれぞれに記載された献立, 材料及び目安量をもとに, ジャミック栄養リポートソフト(日本医療情報センター)を用い, 1日の総摂取カロリー, 糖質, 脂質, タンパク質, カルシウム及び鉄の摂取量を算出した。

E. 統計処理

統計処理は統計ソフト Stat View (株式会社ヒューリングス) を使用し行った。測定項目は平均±標準偏差で算出し, 各群間の比較は一元配置分散分析を用い, 有意差検定には Scheffe 法を用いた。なお, 有意水準は 5% 未満とした。

III. 結果

対象者の年齢及び身体特性は表1に示した。C群の平均年齢が 21.6 ± 1.0 歳に対して B群 19.4 ± 1.0 歳, V群 19.1 ± 1.0 歳, S群 19.7 ± 0.7 歳, D群 19.6 ± 1.2 歳と運動群が約 2 歳若く, C群と比較し有意 (P<0.001) に低い値であった。身長及び体重は B群及び V群が C群に比

較し有意 (P<0.05) に高い値を示した。体脂肪量及び体脂肪率は全ての群間において有意な差は認められなかったが, 除脂肪体重は B群及び V群が C群と比較し有意 (B群; P<0.01, V群; P<0.001) に高く, V群が S群及び D群より有意 (P<0.05) に高かった。

各群の骨密度 (Stiffness Index) は図1に示した。C群の 90.7 ± 11.4 に対して, B群 111.6 ± 13.9, V群 113.5 ± 10.5 と C群と比較し B群及び V群は有意 (B群; P<0.01, V群; P<0.001) に高い値を示した。S群の骨密度は 94.2 ± 7.4, D群は 99.5 ± 12.5 であり, S群は B群及び V群と比較し有意 (B群; P<0.05, V群; P<0.01) に低かった。同一年齢の推定骨密度との比率を示す % Age Matched は図2に示した。C群の 99.5 ± 12.9% に対して, B群 121.8 ± 15.3%, V群 123.7 ± 11.2% と C群と比較し B群及び V群は有意 (B群; P<0.01, V群; P<0.001) に高く, S群の % Age Matched は 103.0 ± 7.9%, D群は 108.7 ± 13.6 と C群との間に有意差が認められなかった。

各群の栄養摂取量は表2に示した。1日のエネルギー

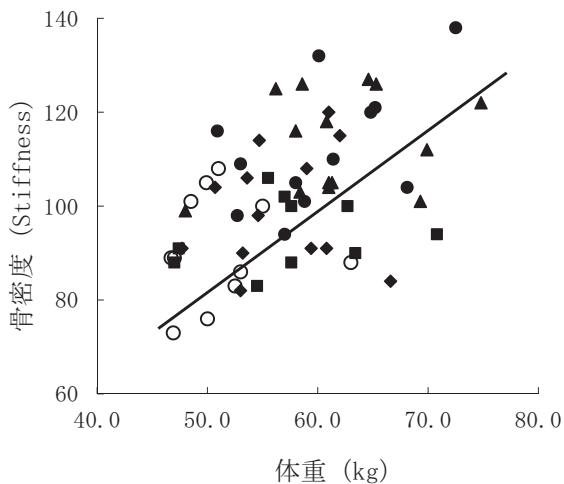


図3 体重 (kg) と骨密度 (Stiffness) との関係

○: 対照群, ●: バスケットボール群, ▲: バレーボール群, ■: 水泳群, ◆: ダンス群. $Y = -0.982X + 46.171, r = 0.475$ (P<0.001)

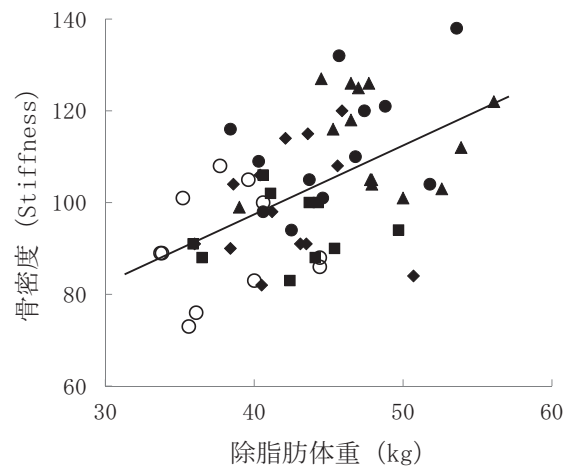


図4 除脂肪体重 (kg) と骨密度 (Stiffness) との関係

○: 対照群, ●: バスケットボール群, ▲: バレーボール群, ■: 水泳群, ◆: ダンス群. $Y = 1.384X + 42.601, r = 0.500$ (P<0.001)

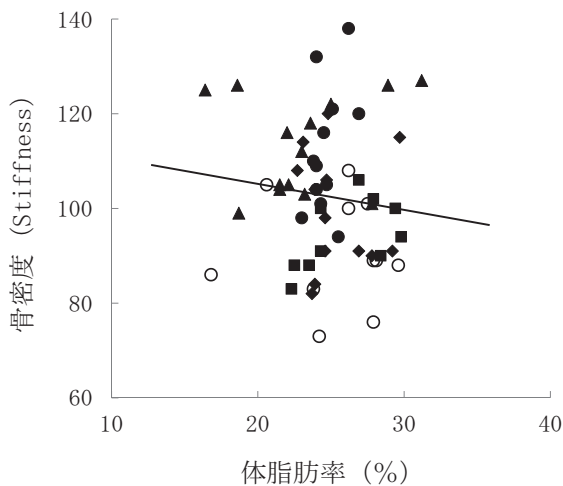


図5 体脂肪率 (%) と骨密度 (Stiffness) との関係

○：対照群, ●：バスケットボール群, ▲：バレーボール群, ■：水泳群, ◆：ダンス群. $Y = -0.363X + 111.849, r = 0.078$

摂取量はV群がやや高く、カルシウム摂取量及び鉄摂取量はV群及びS群がやや高い値を示したが各群間に有意な差は認められなかった。

図3は全被検者の体重と骨密度との関係を示したものである。両者の間には有意 ($P < 0.001$) な正の相関関係 ($Y = 0.982X + 46.171, r = 0.475$) が認められた。図4は除脂肪体重と骨密度との関係を見たもので、両者の間には体重同様有意 ($P < 0.001$) な正の相関関係 ($Y = 1.384X + 42.601, r = 0.500$) が認められた。図5は体脂肪率と骨密度の関係を見たものであるが、両者の間には有意な相関関係が認められなかった。図6は1日のカルシウム摂取量と骨密度との関係を見たもので、両者の間には有意な相関関係が認められなかった。

IV. 考察

骨密度が一定以上に低下し骨折の危険性が高まった状態を骨粗鬆症という。我が国でも急速な高齢化により骨粗鬆症の患者数が急増している¹⁰⁾。このためアメリカスポーツ医学会⁸⁾では骨折のリスクを軽減するため、30歳までの最大骨量を高めておくことや40歳以降の加齢に伴う骨密度の低下を少なくしておくことを推奨している。骨は常に新陳代謝を繰り返し、古い骨が壊され(骨吸収)新しい骨が作られる(骨形成)ことにより骨の強度が保たれている¹⁰⁾。無重力²⁾やベッドレスト⁶⁾は骨密度を低下するが、逆に重力刺激やレジスタンストレーニングのような機械的刺激は骨密度を増大することが知られている³⁾。骨に重力や機械的刺激を与えるものとしては運動があるが、実施する運動種目や強度により骨に

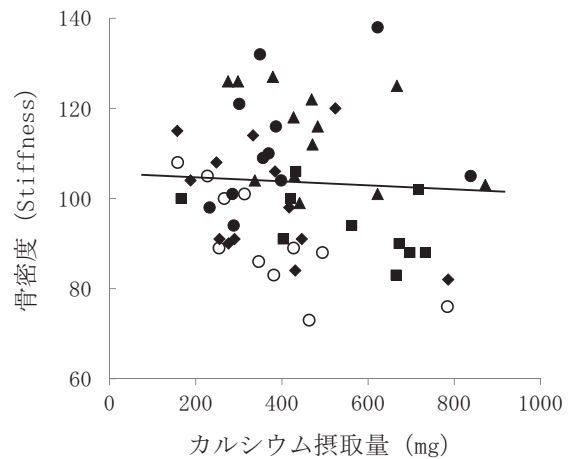


図6 1日のカルシウム摂取量 (mg) と骨密度との関係

○：対照群, ●：バスケットボール群, ▲：バレーボール群, ■：水泳群, ◆：ダンス群. $Y = -0.007X + 105.833, r = 0.098$

加わる重力刺激や機械的刺激の大きさが異なるため、骨密度に与える影響が異なるものと考えられる。

そこで、本研究では全国的レベルにあるバスケットボール部、バレーボール部、水泳部及びダンス部に所属する女子学生の骨密度について検討した。その結果、バスケットボール部及びバレーボール部の骨密度は一般学生と比較し有意に高く、水泳部やダンス部では一般学生と比較しやや高いものの有意な差が認められなかった(図1および図2)。Leeら¹¹⁾はバスケットボール、バレーボール、サッカー及び水泳を行う大学女子選手の骨密度を調べたところ、バスケットボール選手とバレーボール選手の骨密度が高かったことを報告している。Risserら¹²⁾もバスケットボール選手、バレーボール選手、水泳選手の骨密度を測定し、バスケットボール選手やバレーボール選手の骨密度は一般学生より有意に高く、水泳選手は一般学生よりも低い値を示したことを報告している。バスケットボール選手やバレーボール選手では、ジャンプ動作により骨格に対して垂直方向で重力を受けるため骨密度が増加し、水泳選手では長時間重力刺激の少ない状態で練習をするため骨密度が低くなったものと考えられる¹²⁾。

Heinonenら⁷⁾はエアロビックダンサー、サッカー選手、スカッシュ選手、スピードスケート選手の骨密度を測定し、スカッシュ選手では対照群と比較し骨密度が有意に高かったが、エアロビックダンサーでは対照群との間に大きな差がみられなかったことを報告している。本研究においてダンス部の骨密度は一般学生とほぼ同じ値を示したが、これはダンスがバレーボールやバスケット

ボールと比較し、着地動作における重力刺激が小さかったためと考えられる。

骨密度は体重や除脂肪体重にも影響されることが報告されている。図3及び図4に示すように、本研究においては体重や除脂肪体重と骨密度との間に有意な相関関係が認められた。一方、体脂肪率が骨密度との間に有意な相関関係が認められなかったことから(図5)、単に体重が大きいのということより、トレーニングによる除脂肪体重の増大が骨密度に影響を及ぼしたものと考えられる⁸⁾。

厚生労働省が示す日本人の推定エネルギー必要量⁹⁾は身体活動レベルの低い女性で1,650kcal/日、高い女性で2,200kcal/日とされている。表2に示すように本研究の対象者においてはC群及びV群での平均エネルギー摂取量は必要量を満たしているが他の群では満たしていない。エネルギー不足はカルシウムや鉄の摂取不足を引き起こし、貧血や骨粗鬆症の原因になると言われている⁴⁾。また、カルシウムの摂取推奨量は660mg/日、鉄の摂取推奨量は10.5mg/日であるが、いずれも各群の平均摂取量は推奨量を下回っている(表2)。従って、今回の対象者が運動を休止した場合は著しく骨密度を低下させる可能性もあり、適正な栄養指導を行う必要があると考えられる。

30歳までに骨密度を高めておくことは骨粗鬆症を予防する上で重要である⁸⁾。そのため、アメリカスポーツ医学会⁸⁾では、『①バレーボールやバスケットボールのようにジャンプを含む運動やウエイトトレーニングのようなレジスタンス運動で、②強度が中等度から高強度の運動を、③持久的運動では週3～5回、レジスタンス運動では週2～3回の頻度で、④1回について30～60分実施すること』を推奨している。また、Goolsby and Boniquitは⁴⁾以上に加えて、『適切な栄養サポートを受けることと十分なカルシウムおよびビタミンDを摂取すること』を推奨している。一方、30歳以降には加齢により骨密度が低下するため、今後、中高年者において骨密度を維持するための運動種目やトレーニング条件を明らかにするための検討が必要であると考えられる。

本研究では、異なった種目の運動を実施する女子大学生の骨密度について検討したところ、ジャンプ運動を伴うバスケットボール選手やバレーボール選手で骨密度が高かったが、水泳選手やダンサーでは対象群との間に差がみられなかった。以上のことより、骨密度の増大にはジャンプを含む運動が有効であるものと考えられる。ま

た、多くの選手においてカルシウム摂取量が日本人の食事摂取基準における推奨量を満たしていないため、適正な食事指導を行う必要があると考えられる。

文献

1. 阿部和厚, 橋都裕哉, 牛木辰男. 骨芽細胞, 骨細胞, 破骨細胞の形と働き - 骨形成・骨吸収の走査電顕解剖学. *電子顕微鏡* 33(3):179-185,1998.
2. Demontis GC, Germani MM, Caiani EG, Barravecchia I, Passino C, Angeloni D. Human pathophysiological adaptations to the space environment. *Front Physiol* 8:547,1-17, 2017.
3. Frost HM. Bone "mass" and the "mechanostat": a proposal. *Anat Rec* 219(1):1-9,1987.
4. Goolsby,MA,Boniquit,N. Bone health in athletes: the role of exercise, nutrition, and hormones. *Sports Health*. 9(2):108-117,2017.
5. Hamdy,RC,Anderson,JS,Whalen,KE,Harvill,LM. Regional difference in bone density of young men involved in different exercises. *Med.Sci.Sports Exerc*. 26(7):884-888,1994.
6. Hargens AR, Vico L. Long-duration bed rest as analog to microgravity. *J Appl Physiol* 120:891-903,2016.
7. Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievänen H, Haapasalo H,Mänttari A, Vuori I. Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone Miner* 17(3):197-203,1995.
8. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 36(11):1985-1996,2004.
9. 厚生労働省. 日本人の食事摂取基準 2015.
10. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2015年版 2-3ページ 第1章 骨粗鬆症の定義・疫学および成因 A. 骨粗鬆症の概念および定義
11. Lee EJ,Long KA,Risser WL,Poindexter BW,Gibbons WE,Goldzieher J. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic women. *Med.Sci.Sports Exerc*. 27(10):1354-1361,1995.
12. Risser WL, Lee EJ, Leblanc A, Poindexter HBW, Risser JMH, Schneider V. Bone density in eumenorrhic female college athletes. *Med.Sci.Sports Exerc*. 22(5):570-574, 1990.