

·运动人体科学·

## 青少年男排运动员腕骨形态结构的 CT 图像分析

药宏亮<sup>1</sup>, 薛金娟<sup>1</sup>, 刘鸿宇<sup>1</sup>, 翟成竹<sup>2</sup>, 宋晓霞<sup>1</sup>, 贾素素<sup>1</sup>

(1.中北大学 运动医学研究所, 山西 太原 030051; 2.山东省排球运动管理中心, 山东 济南 250002)

**摘 要:** 为了探讨排球运动对手部骨关节形态结构的影响, 分析了青少年男排运动员腕骨 CT 图像的结构特点。选取省级青年队专业排球运动员 9 人(排球组), 非排球运动员 11 人(对照组)。用 64 排螺旋 CT 对手腕部进行扫描并三维重建, 测量各腕骨体积及 CT 值(骨密度)。结果显示: 与对照组各腕骨相比, 排球组右手手舟骨和小多角骨, 左手手舟骨、大多角骨和小多角骨体积均显著增加( $P < 0.05$ ); 排球组右手三角骨、豌豆骨、大多角骨、钩骨以及左手钩骨 CT 值明显小于对照组( $P < 0.05$ ); 排球组左手各腕骨体积及 CT 值与右手相比差异无显著性( $P > 0.05$ )。结果说明: 排球运动可使青少年男性运动员部分腕骨体积增大, 骨密度降低; 排球运动员非扣球手腕骨形态结构与扣球手发生相似的改变。

**关 键 词:** 运动生理学; 骨密度; CT 图像; 腕骨; 排球运动

中图分类号: G804.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2011)06-0134-04

### A CT image analysis of the morphological structures of carpal bones of male teenage volleyball players

YAO Hong-liang<sup>1</sup>, XUE Jin-juan<sup>1</sup>, LIU Hong-yu<sup>1</sup>, ZHAI Cheng-zhu<sup>2</sup>, SONG Xiao-xia<sup>1</sup>, JIA Su-su<sup>1</sup>

(1.Institute of Sport Medicine, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2.Administration Center of Volleyball Sports, Jinan 250002, China)

**Abstract:** In order to probe into the effects of volleyball on the morphological structures of carpal bones of volleyball players, the authors analyzed the structural characteristics of CT images of carpal bones of male teenage volleyball players. The authors selected 9 professional volleyball players (the volleyball group) and 11 non volleyball players (the control group) from provincial teenage teams, and used a 64-row spiral CT scanner to scan the wrists of the players and reconstruct a 3D image of their wrists, measured the volumes and CT values (bone densities) of carpal bones, and revealed the following findings: as compared with carpal bones of the players in the control group, the volumes of the scaphoideums and trapezoideums of the right hands and the scaphoideums, trapeziums and trapezoideums of the left hands of the players in the volleyball group were significantly higher ( $P < 0.05$ ); the CT values of the triquetrums, pisiforms, trapeziums and hamatums of the right hands and the hamatums of the left hands of the players in the volleyball group were significantly smaller than those of the players in the control group ( $P < 0.05$ ); there was no significant difference in carpal bones and CT values between the right hands and left hands of the players in the volleyball group ( $P > 0.05$ ). The said findings indicate the followings: volleyball can increase the volumes and lower the densities of some carpal bones of male teenage players; the morphological structures of carpal bones of the hands of non spiker volleyball players have changes similar to those occurring to spikers.

**Key words:** sports physiology; bone density; CT image; carpal bones; volleyball

青少年体育运动训练是否会使受力骨关节形态结构发生某些特征性改变, 尚无系列研究报道, 针对不

同运动应力状态下骨结构变化的研究不多, 排球运动有关的报道更少。根据 Wolff<sup>[1]</sup>骨转化定律学说, 长期

收稿日期: 2011-04-25

基金项目: 山西省体育局科研课题(08yb621)资助。

作者简介: 药宏亮 (1970-), 男, 副教授, 研究方向: 运动训练学、运动解剖生理学。

力学刺激在一定程度上会使骨内部结构和外部形态发生适应性变化,从而改变应力骨的物理特性,即外部应力可影响骨骼的形状和结构。为了探讨排球运动对手部骨关节形态结构的影响,本研究选择省级专业青少年男排运动员为研究对象,用计算机断层扫描成像(CT)和数字图像处理技术,定量观察腕骨体积和密度的适应性改变。本研究不仅为排球运动员腕部骨骼运动的解剖学分析提供基础,而且可为青少年运动员骨发育、选材、科学训练及生物力学研究提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

选择山东省青少年男排专业运动员9人作为实验组,均为右手扣球者;选择其它项目非专业运动员11人作为对照组,均为右利手者。

### 1.2 图像扫描

使用GE公司LightSpeed 64排螺旋CT(山东省医学影像学研究所)。受试者取俯卧位,掌心向下置于头部上方;扫描范围为两手腕掌部;扫描视野:30 cm × 30 cm;管电压120 kV、管电流250 mA;探测器:64 mm × 0.625 mm,螺距:0.984:1;床速度:9.84 mm/s;扫描层厚0.6 mm,扫描间距0.3 mm。

### 1.3 数据采集与测量

获得两组腕部原始数据,用Analyze AW4.3\_0.5中3D重建工具进行图像后处理,通过阈值分割,三维重建,再手动分割,分割出各个腕骨,空洞填充之后,获得各腕骨体积及平均CT值。

骨密度(Bone mineral density, BMD)为骨单位面积所含的骨矿物量,是反映人体骨骼代谢状况的一项重

要指标。由于CT值与骨组织表观密度近似线性关系,能够较精确反映骨量信息<sup>[2]</sup>,故选用CT值代表骨密度大小。CT值由组织的X线吸收系数换算而来,单位Hu(Hounsfield unit),常省略。

### 1.4 统计学处理

计算排球组 and 对照组各腕骨体积、CT值平均数和标准差,用独立样本t-检验计算两组间的差异,显著性水平为0.05。所有统计计算方法均使用SPSS11.5软件包完成。

## 2 结果及分析

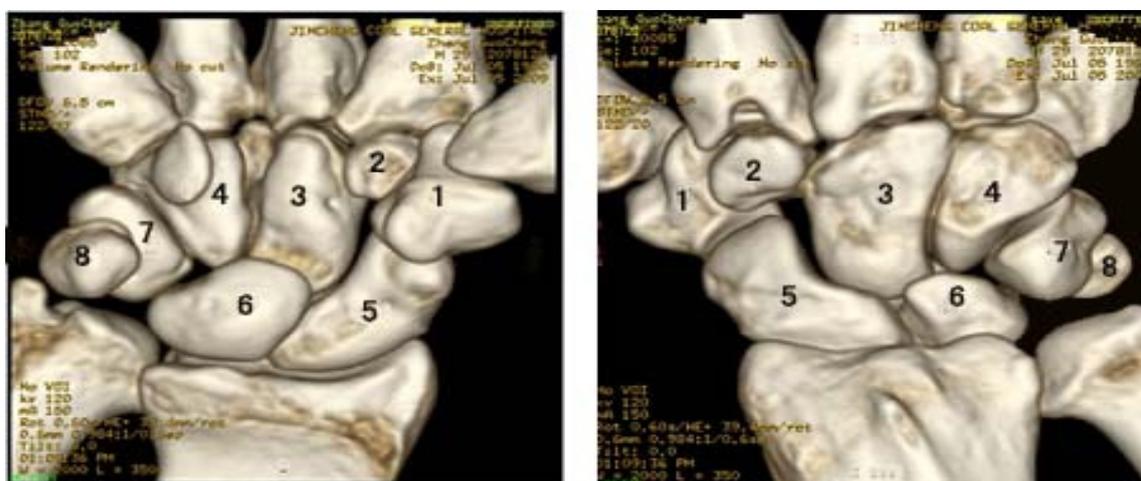
### 2.1 腕骨体积

三维重建后各腕骨见图1,测量结果见表1和表2。

表1显示,排球组右手手舟骨体积为(3.77 ± 0.67) cm<sup>3</sup>、小多角骨为(1.96 ± 0.35) cm<sup>3</sup>,分别大于对照组右手相应腕骨体积(P<0.05)。排球组左手手舟骨体积为(3.65 ± 0.7) cm<sup>3</sup>、大多角骨为(2.83 ± 0.49) cm<sup>3</sup>、小多角骨为(1.91 ± 0.3) cm<sup>3</sup>,分别大于对照组左手相应腕骨体积(P<0.05)。其它腕骨体积差别无显著性。左手与右手各腕骨体积相比差异无显著性(P>0.05)。

### 2.2 腕骨CT值

从表2看出,排球组右手三角骨CT值为454.56 ± 61.95、豌豆骨为363.44 ± 37.02、大多角骨为393 ± 45.66、钩骨为408.78 ± 51.25,分别小于对照组右手相应腕骨CT值(P<0.05)。排球组左手钩骨CT值为402.44 ± 52.02,对照组为456.64 ± 52.91,两组相比差异有显著性(P<0.05)。其它腕骨CT值无统计学意义。左手与右手各腕骨CT值相比差异无显著性(P>0.05)。



(a) 掌侧面

(b) 背侧面

1-大多角骨; 2-小多角骨; 3-头状骨; 4-钩骨; 5-手舟骨; 6-月骨; 7-三角骨; 8-豌豆骨

图1 排球组三维重建后的右手腕骨CT图像

表 1 左右手腕骨体积 ( $\bar{x} \pm s$ ) 测定结果cm<sup>3</sup>

组别	n/人	手舟骨		月骨		三角骨		豌豆骨	
		右手	左手	右手	左手	右手	左手	右手	左手
对照组	11	3.09±0.49	3.08±0.44	2.3±0.32	2.35±0.30	1.82±0.22	1.80±0.24	0.88±0.20	0.94±0.22
排球组	9	3.77±0.67 <sup>1)</sup>	3.65±0.67 <sup>2)</sup>	2.62±0.81	2.62±0.80	2.02±0.45	2.00±0.46	1.11±0.33	1.12±0.30
组别	n/人	大多角骨		小多角骨		头状骨		钩骨	
		右手	左手	右手	左手	右手	左手	右手	左手
对照组	11	2.57±0.26	2.43±0.22	1.67±0.22	1.66±0.22	4.23±0.45	4.03±0.36	3.56±0.50	3.39±0.41
排球组	9	2.93±0.52	2.83±0.49 <sup>2)</sup>	1.96±0.35 <sup>1)</sup>	1.91±0.35 <sup>2)</sup>	4.84±0.82	4.57±0.68	3.81±0.75	3.56±0.60

1)与对照组右手比较,  $P<0.05$ ; 2)与对照组左手比较,  $P<0.05$ 表 2 各腕骨 CT 值 ( $\bar{x} \pm s$ ) 检测结果

组别	n/人	手舟骨		月骨		三角骨	
		右手	左手	右手	左手	右手	左手
对照组	11	545.45±56.70	513.45±42.47	546.36±47.26	511.73±49.65	523.27±68.90	489.00±56.44
排球组	9	488.67±67.48	492.89±67.70	486.89±84.86	470.56±72.01	454.56±61.95 <sup>1)</sup>	540.89±55.98
组别	n/人	豌豆骨		大多角骨		大多角骨	
		右手	左手	右手	左手	右手	左手
对照组	11	402.55±43.37	388.00±42.47	458.09±50.36	440.82±42.32	458.73±57.35	433.73±53.16
排球组	9	363.44±37.02 <sup>1)</sup>	368.22±34.40	393.00±45.66 <sup>2)</sup>	396.89±56.31	419.11±43.22	416.67±45.56
组别	n/人	头状骨		钩骨			
		右手	左手	右手	左手		
对照组	11	477.82±53.99	450.27±40.10	508.18±69.73	456.64±52.91		
排球组	9	432.78±54.62	432.33±50.59	408.78±51.25 <sup>2)</sup>	402.44±52.02 <sup>3)</sup>		

1)与对照组右手比较,  $P<0.05$ ; 2)与对照组右手比较,  $P<0.01$ ; 3)与对照组左手比较,  $P<0.05$ 

### 3 讨论

#### 3.1 排球运动对各腕骨体积的影响

本研究发现:就各腕骨体积而言,排球组近侧腕骨中手舟骨体积最大,其余依次是月骨、三角骨、豌豆骨;远侧端头状骨体积最大,其余依次为钩骨、大多角骨、小多角骨。与体质调查文献报道一致<sup>[3-4]</sup>,结果表明排球运动对腕骨体积的内在比例无明显影响,即不影响其相对体积,说明排球运动形成的局部应力并不能改变腕骨整体的结构分布。同时,各腕骨体积和排列形成与其生物学功能和人类学进化有关<sup>[4]</sup>。

排球运动过程中腕部需要进行多种方式的快速变力运动,如传、垫、扣、发球、拦网等<sup>[5]</sup>。这些动作均会对腕骨以不同角度产生一定的载荷,使腕骨解剖构造产生适应性变化,从而提高负荷承受力。本研究发现:与对照组各腕骨相比,排球组右手手舟骨和小多角骨,左手手舟骨、大多角骨和小多角骨体积均显著增加,表明为了适应排球运动的腕部高冲击力,长期训练可引起腕骨体积逐渐增大。Sonnenblum 等<sup>[6]</sup>研究表明舟骨-大多骨-小多骨关节(STT)能够形成一个独立的运动系统,参与腕部屈伸和桡、尺骨侧方运动等腕骨间的精细运动。本研究结果显示:排球运动员左右手腕骨体积改变只发生在手舟骨和大、小多角骨,表明

排球运动可能与 STT 有一定程度的关联。

据报道,承重与接受应力部位的骨组织可发生骨再重建,表现为应力肢体的骨皮质增厚、骨粗隆增大、骨小梁增粗等<sup>[7]</sup>。李世昌等<sup>[8]</sup>研究发现 8 周跳跃训练大鼠胫骨的皮质骨厚度,骨小梁体积、数目和宽度等组织形态计量学指标都显著增加。本研究从 CT 图像中可以观察到排球运动员手掌粗大、骨皮质厚,与上述研究结果一致。由于腕骨体积与个体年龄、身高、性别、遗传等因素有关,本文研究选择了其它项目男性非专业运动员为对照,排除了年龄和性别因素的干扰。

#### 3.2 排球运动对各腕骨骨密度的影响

动物实验研究证明,跳跃组大鼠腰椎、股骨和胫骨骨密度显著升高,而游泳组只有腰椎骨密度发生改变,表明跳跃和游泳以不同方式促进生长期大鼠部分骨骼发育<sup>[9]</sup>。但 Bourrin 等<sup>[10]</sup>采用 5 周龄雄性大鼠建立 11 周大强度跑台运动模型,通过组织计量学研究发现股骨和腰椎发生了骨丢失,表明过度训练可导致大鼠骨密度下降。人体运动研究证明,高冲击力运动(如篮球)和中等冲击力运动(如跑步)都可引起全身骨骼特别是下肢骨密度明显高于不运动组,但无冲击力运动(如游泳)与长期不运动组相比,骨密度差异无显著性,表明骨密度与应力运动强度有关<sup>[11]</sup>。Duchera 等<sup>[12]</sup>研究显

示,长期网球运动可引起发力臂桡骨远端骨密度显著增加,说明机械负荷对骨的影响具有部位特异性。但Jeanne等<sup>[13]</sup>研究发现长期自行车运动能够诱导脊柱和臀部骨密度下降,显示高强度运动者容易患骨质疏松症。上述研究表明:适当强度的运动训练可提高骨密度,但大负荷训练特别是过度运动有可能导致骨密度降低,而且不同受力方式不同,表现为骨密度变化具有部位特异性。

本研究发现:排球组右手三角骨、豌豆骨、大多角骨、钩骨以及左手钩骨CT值明显小于对照组,表明排球运动在青少年身高快速增长长期的某一阶段,腕骨骨密度有可能下降。一般认为,运动不是影响骨密度的唯一因素,激素、钙、维生素D等非生物力学因素也可调节骨组织的生物功能。所以,笔者认为发育期青少年男排运动员部分骨密度降低可能属于暂时性生理改变。

上述骨密度减少的同时,其体积没有发生显著改变,而其它腕骨则表现为体积增加,骨密度没有明显变化,说明骨密度和骨骼形态改变并不同步发生。排球运动是否先引起骨密度改变,积累到一定程度才引起体积等形态改变,或按相反顺序发生改变,有待进一步追踪研究。

### 3.3 左右手腕骨体积和骨密度的差别

据检索,有关运动对左右手形态结构影响的报道较少。由于运动项目对不同部位骨骼冲击力大小不同,运动能否必然引起骨骼形态结构的不对称性改变,应引起研究者的关注。Huddleston等<sup>[14]</sup>研究发现网球运动员持拍手骨密度高于非持拍手,Calbet等<sup>[15]</sup>发现排球运动员运动负荷相对多的手臂骨密度显著高于另侧手臂,而左右腿骨密度无显著差别,表明运动对特定受刺激部位的骨骼产生局部影响。

本研究发现:排球运动员扣球手(右手)和非扣球手(左手)各腕骨骨密度和体积无显著差异,表明排球运动员非扣球手腕骨形态结构与扣球手发生相似的改变。可能由于一侧运动可促进另一侧骨发育和重建,也可能由于排球运动虽以扣球手运动为主,但是非扣球手也不同程度地参与了一定强度的运动,最终导致两侧无显著差别。

### 参考文献:

[1] Wolff J. Das gesetz der transformation der knochen[M]. Berlin:Hirschwald F, 1892: 10-13.  
[2] 彭亮,王凯,刘加成,等.一种用CT值评估大鼠

股骨骨量的方法[J].生物医学工程学杂志,2008,25(2):231-234.

[3] Le Minor J M, Rapp E. Relative weights of the human carpal bones: biological and functional interests[J]. Ann Anat, 2001, 183: 537-543.

[4] Sievinen H, Heinonen A, Kannus P. Adaptation of bone to altered data from the patella of a young woman[J]. Bone, 1996, 19: 55-59.

[5] 罗冬林,邹亮畴,范毅方,等.排球运动对男性青年骨量与身体成分的影响[J].广州体育学院学报,2009,29(2):72-74.

[6] Sonenblum S E, Criscoa J J, Kang L, et al. In vivo motion of the scaphotrapezio-trapezoidal (STT) joint [J]. J Biomech, 2004, 37: 645-652.

[7] Courteix D, Lespessailles, Obert P H, et al. Skull bone mass deficit in prepubertal high-trained gymnast girls[J]. Int J Sports Med, 1999, 20: 328-333.

[8] 李世昌,马涛,尹小俭,等.不同运动方式对生长期大鼠骨密度和组织形态计量学指标的影响[J].体育科学,2008,28(1):54-58.

[9] 马涛,李世昌,郑庆云.不同运动方式对生长期大鼠骨密度和生物力学指标的影响[J].浙江体育科学,2009,31(2):97-101.

[10] Bourrin S, Ghaemmaghami F, Vico L, et al. Effect of a five-week swimming program on rat bone[J]. Calcif Tissue Int, 1992, 51: 137-142.

[11] Dook J E, James C, Henderson N K, et al. Exercise and bone mineral density in mature female athletes[J]. Med Sci Sports Exerc, 1997, 29: 291-296.

[12] Duchera G, Courteixa D, Mêmeb S, et al. Bone geometry in response to long-term tennis playing and its relationship with muscle volume:A quantitative magnetic resonance imaging study in tennis players[J]. Bone, 2005, 37: 457-466.

[13] Nichols J F, Palmer J E, Levy S S. Low bone mineral density in highly trained male master cyclists[J]. Osteoporos Int, 2003, 14: 644-649.

[14] Huddleston A L, Rockwell D, Kulund D N, et al. Bone mass in life time tennis athletes[J]. J Am Med Assoc, 1980, 244: 1107-1109.

[15] Calbet J A L, Herrera P D, Rodriguez L P. High bone mineral density in Male Elite Professional Volleyball Players[J]. Osteoporos Int, 1999, 10: 468-474.