

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2018.0018

# 军都山古代人群股骨肌腱附着位点初步分析

何嘉宁<sup>1, 2</sup>

1. 北京大学中国考古学研究中心, 北京, 100871; 2. 北京大学考古文博学院, 北京, 1000871

**摘要:** 肌肉通过肌腱、韧带附着于骨骼, 附着位点的形态改变与肌肉功能相关, 因而被用于古代人群肢体功能活跃度的复原。本文对东周时期军都山古代人群股骨的臀中肌、髂腰肌、腓肠肌内侧头三个纤维软骨性附着位点的形态进行了观测, 并与清代君子村组进行对比, 检验其形态变化与组别、性别、年龄、体型的相关性。结果表明, 部分附着位点的形态改变随年龄而增加, 但性别、体型及组别差异对附着位点形态变化的影响较小。这与很多上肢研究中发现的附着位点形态受性别、体型、劳动强度等影响结论不同。这种差别可能来自下肢承重以及更为复杂的功能状况等原因, 军都山与君子村样本年龄结构的不一致性也是一个重要影响因素。对于古代人群下肢肌腱附着位点形态变化与其功能状况的关系需要更深入的探讨。

**关键词:** 军都山; 肌腱附着位点; 形态变化; 股骨; 功能样式重建

中图分类号: Q983; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2018)03-0384-09

## Preliminary analysis of femoral enthesal changes in Jundushan pastoralists

HE Jianing<sup>1, 2</sup>

1. Center for the Study of Chinese Archaeology, Peking University, Beijing 100871;

2. School of Archaeology and Museology, Peking University, Beijing 100871

**Abstract:** The generally accepted association between mechanical loadings and skeletal changes at entheses has been widely used for activity reconstruction of past populations. Femoral fibrocartilaginous enthesal changes (ECs) of Jundushan Bronze Age pastoralists were studied using the Coimbra method and compared with a sample from Junzicun agriculturalists of the Qing Dynasty. The prevalence of ECs indicated that age resulted in changes in some femoral entheses in these two samples. However physical activity as well as sex and body size as represented by femoral head diameter did not result in differences in femoral ECs. The weight-bearing function of the lower limb and demographic differences between Jundushan and Junzicun may have affected the results. The use of femoral ECs in activity reconstructions is more complex than expected, as

收稿日期 2018-03-02; 定稿日期: 2018-04-10;

基金项目: 国家社会科学基金项目 (15BKG018)

作者简介: 何嘉宁, 副教授, 体质人类学研究方向。E-mail: hejianing@pku.edu.cn。

**Citation:** He JN. Preliminary analysis of femoral enthesal changes in Jundushan pastoralists[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2018, 37(3): 384-392

there may be other factors beyond age, size and labour intensity affecting ECs in the lower limb. It is recommended that more research on this topic is conducted in the future.

**Key words:** Jundushan; Enteseal changes; Femur; Activity reconstruction

## 1 前言

人骨考古研究通过对骨骼遗存的观测来复原古人生前的生活状况, 骨骼作为运动系统的重要构成部分, 其形态必定会对个体生前的运动模式有所反映。肌肉通过肌腱、韧带附着于骨骼, 附着位点(Enthesis)处的应力负荷随着肌肉收缩力的大小而发生改变, 随之而来的血供变化会引发肌腱附着部位成骨、破骨细胞活跃度的增减, 进而导致相应骨骼形态的变化。附着位点(区)骨骼形态的变化(简称附着点变化, Enteseal Changes)常被视为对肌肉负荷长期适应的结果<sup>[1-4]</sup>。如男性骨骼上肌肉所附着的脊、结节、粗隆等结构更为明显, 就与其肌肉比女性更发达、强壮存在明显的关系。这样肌腱附着点的解剖形态改变就成为长骨骨干断面几何形态之外的另一个复原古人活动强度的重要指征, 应用于古人四肢功能状况复原和社会分工等方面的探讨之中<sup>[1, 5-12]</sup>。有些学者强调负荷强度对附着点形态的影响而将这类改变称为骨骼肌肉压力标记(Musculoskeletal Stress Markers)<sup>[1]</sup>或职业压力标记(Occupational Stress Markers)<sup>[13]</sup>; 有的则关注附着点改变的病理属性而将其称为附丽病或末端病(Entesopathies)<sup>[14-16]</sup>。

实际上肌腱附着位点骨骼形态改变的影响因素是复杂多样的, 功能负荷、年龄、体型、性别、病理、代谢、遗传等因素都可能对附着点的形态产生影响。近 20 年来研究的重要进展之一就是对这些影响因素所进行的考察。很多研究都支持年龄是附着点变化的最重要影响因素之一, 其形态的持续改变可能会延续到 40-50 岁或更老<sup>[2, 5]</sup>, 这既可能是退行性改变的结果也可以是功能负荷长期累积所致<sup>[17-19]</sup>。附着点变化在一些人群中也存在性别差异, 为了解社会性别分工提供了信息, 但也许还与体重、激素水平等生理差异有关<sup>[17, 19, 20]</sup>。体型大的个体骨骼力学负荷更大, 也更容易产生附着位点的结构变化<sup>[17, 19]</sup>。当然关于影响因素并非所有研究的结果都完全一致<sup>[18]</sup>, 但它们增加了通过附着点变化来探讨活动强度的困难, 其影响需要在分析中予以排除。

近年来另一项重要的进展是对肌腱附着位点的基础组织学研究。根据组织学结构的不同, 附着位点可以被分为纤维性和纤维软骨性两种<sup>[21, 22]</sup>。纤维性的肌腱附着多位于骨干之上, 直接或通过骨膜间接的附着于骨骼之上, 附着面积相对较大。而纤维软骨性附着多位于长骨的两端或关节附近, 附着比较紧密, 因其与关节疾病的关联而研究相对较多。在组织学上后者可以分为 4 个连续的区域: 纤维性组织、非钙化的纤维软骨、钙化的纤维软骨和软骨下骨。这类附着的形态变化与活动样式之间的关系最为密切, 在复原功能状况时要优于纤维性附着, 因而成为最常见的考察对象。此外对于附着位点形态改变的记录标准近年来也有了很大的进展<sup>[1, 3, 5, 23, 24]</sup>。

目前的研究多关注于通过已知性别、年龄的人群的附着点变化表现来对其影响因素、记录标准等进行验证, 尤其是上肢中的表现讨论最多。古代出土人骨材料的肌腱附着位点

形态的研究也已开始受到了越来越多的关注。国内对此方面的研究刚刚起步<sup>[25,26]</sup>。本文将尝试对北京军都山东周时期古代人群股骨的肌腱附着点形态进行初步的观察和分析。

## 2 材料与方 法

### 2.1 材 料

北京延庆军都山出土的股骨材料来自玉皇庙、葫芦沟、西梁垆三处墓地，墓地殉葬有大量牛、马、羊等动物以及直刃匕首式短剑等随葬品，都表明畜牧业是其主要生计来源。三处墓葬的文化面貌、时代和地理位置一致，因而作为一组材料，共包括 154 根股骨（表 1）。同时以河南新乡君子村清代墓地出土的股骨作为对比材料，共 66 根。病理标本均排除在外。历史文献及出土文物所反映的定居农业的生活方式与军都山古人有较明显的差别。预期二者的股骨功能状况存在差异，也许在附着点变化上有所体现。

### 2.2 研究方 法

由于纤维软骨性附着与功能状况关联较好，因而只对股骨上这类附着的形态进行观察，共包括臀中肌、髂腰肌、腓肠肌外侧头 3 个肌腱附着位点（图 1，表 2）。股骨上还有其他的纤维软骨性附着位点，如臀小肌、腓肠肌内侧头等，但因标本保存状况等原因而未列入此次观察范围之内。纤维软骨性附着的钙化与非钙化区之间的结构是潮线（tidemark），在正常情况下其形态较为平直且表面没有血管。一个正常的纤维软骨性附着位点的表面形态应该是光滑的、边界清晰的，因而表面并没有流经血管的小孔（图 1）。形态的变化则可以表现为骨形成（各种形态的骨嵴、骨突起）或骨的侵蚀、吸收（如大小不等的孔、囊腔）等。

常用的附着点变化记录方法有 Hawkey-Merbs 法<sup>[1]</sup>、Villotte 法<sup>[5]</sup>等，前者重复性较弱且未对附着的种类进行区分；后者虽然考虑了组织学和临床研究进展但未对不同类型的改变特征进行细分，因而影响了更细尺度上的深入分析。本文采用较新的 Coimbra 方法对军都山股骨进行观察。这一方法是基于 2009 年在葡萄牙 Coimbra 举办的研讨会，2013 年正式提出<sup>[23]</sup>并在 2016 年对此方法进行了修正<sup>[24]</sup>。这一方法将纤维软骨性附着区域分成边缘（第 1 区）和表面（第 2 区）两部分，共 6 类特征进行观察，包括骨形成、侵蚀、表面纹理改变、小孔、大孔、囊腔。计分标准如表 3 所示，没有这些改变的则计分为 0。

表 1 军都山及君子村股骨材料

Tab.1 Femoral sample size of Jundushan and Junzicun

组别	时代	生业模式	性别	股骨数量		
				年龄≤40	年龄>40	合计
军都山	东周	畜牧业	男	40	38	78
			女	60	16	76
君子村	清	农业定居	男	12	20	32
			女	10	24	34

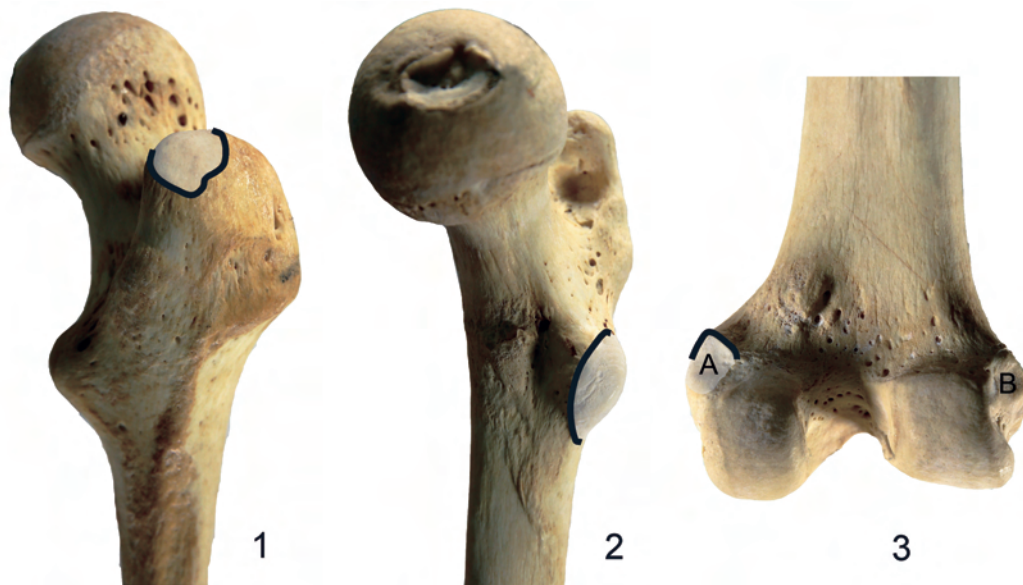


图 1 股骨臀中肌、髂腰肌、腓肠肌的肌腱附着位点位置

**Fig.1 Position of femoral entheses of *M. gluteus medius*, *M. iliopsoas* and *M. gastrocnemius***

1, 臀中肌; 2, 髂腰肌; 3, 腓肠肌 (A、腓肠肌内侧头, B、腓肠肌外侧头)

黑色线条为 1 区, 灰色区域为 2 区

表 2 所观测的股骨纤维软骨性肌腱附着位点

**Tab.2 Femoral entheses observed in the study**

肌肉	附着位置	肌肉功能
臀中肌的止点	大转子后上方	外展髋关节, 站立时维持人体横向的平衡
髂腰肌止点	小转子	使髋关节前屈和旋外, 或前屈躯干
腓肠肌外侧头的起点	外侧踝后面	屈踝、屈膝, 为走、跑、跳提供驱动力

表 3 Coimbra 方法的特征分类和计分方法<sup>[24]</sup>**Tab.3 Features and degrees of expression in Coimbra method**

区域	特征	计分
1区	骨形成BF (Z1)	1, 骨质突起<1mm或延展范围小于50% 2, 骨质突起>1mm且延展范围大于50%
	侵蚀ER (Z1)	1, 凹陷吸收区域小于25% 2, 凹陷吸收区域大于等于25%
2区	纹理改变TC	1, 区域占比大于50%
	骨形成BF (Z2)	1, 任意方向>1mm的骨形成, 面积小于50% 2, 任意方向>1mm的骨形成, 面积大于等于50%
	侵蚀ER (Z2)	1, >2mm且凹陷吸收区域占比小于25% 2, >2mm且凹陷吸收区域占比大于等于25%
	小孔FPO	1, 直径小于1mm, 面积占比小于50% 2, 直径小于1mm, 面积占比大于等于50%
	大孔MPO	1, 直径1mm或以上, 1-2个 2, 直径1mm或以上, 大于2个
	囊腔CA	1, 直径2mm或以上, 1个皮质骨下的囊腔 2, 直径2mm或以上, 2个以上的皮质骨下囊腔

对军都山和君子村股骨的 3 个纤维软骨性附着位点形态变化情况进行观察, 分性别、年龄统计各类改变的发生率。因标本量的限制以及标本年龄分布不均匀等原因, 只以 40 岁为界将年龄分为青壮年 ( $\leq 40$  岁) 和中老年 ( $> 40$  岁) 两组进行比较。影响附着位点形态变化的是多因素的, 根据已有的研究, 年龄、性别、体型等是最常见的重要影响因素。为了探讨这些因素对附着位点形态的影响, 采用广义线性模型的方法 (Generalized Linear Models, GLM) 对各潜在影响因素的相关性进行分析。依据 Nikita<sup>[27]</sup> 对附着点变化的分析验证表明, GLM 与常规的非参数检验具有同等的效力, 但其优点是可以同时检验多个变量并考察其中某一个变量的作用。广义线性模型是一般线性模型的推广, 相当于一种回归分析, 但并不要求所有分析变量必须是连续的因而适用于本文的有序变量。参与分析的变量包括性别、年龄、组别以及股骨头径, 后者由于与体重的显著相关性而将其作为反映体型的一个参数来进行检验。

### 3 结 果

表 4 显示了军都山和君子村组股骨的 3 个肌腱附着位点各类形态改变的发生比率, 将得分为 1 或 2 的都统计为发生了形态改变。表内斜线之上的数字为得分为 1 和 2 的标本数之和, 斜线下的数字为总观测标本数。可见股骨肌腱附着位点发生形态改变的比例不高, 平均约为 5-6%。参照已有的研究, 这一数据明显低于上肢肌腱附着位点形态发生改变的发生比例。在各类改变中, 最常见的是骨形成 (BF), 其次是表面纹理改变 (TC), 侵蚀 (ER)、小孔 (FPO) 和大孔 (MPO) 发生率较低 (图 2)。而某些项目如囊腔 (CA) 的形成, 在

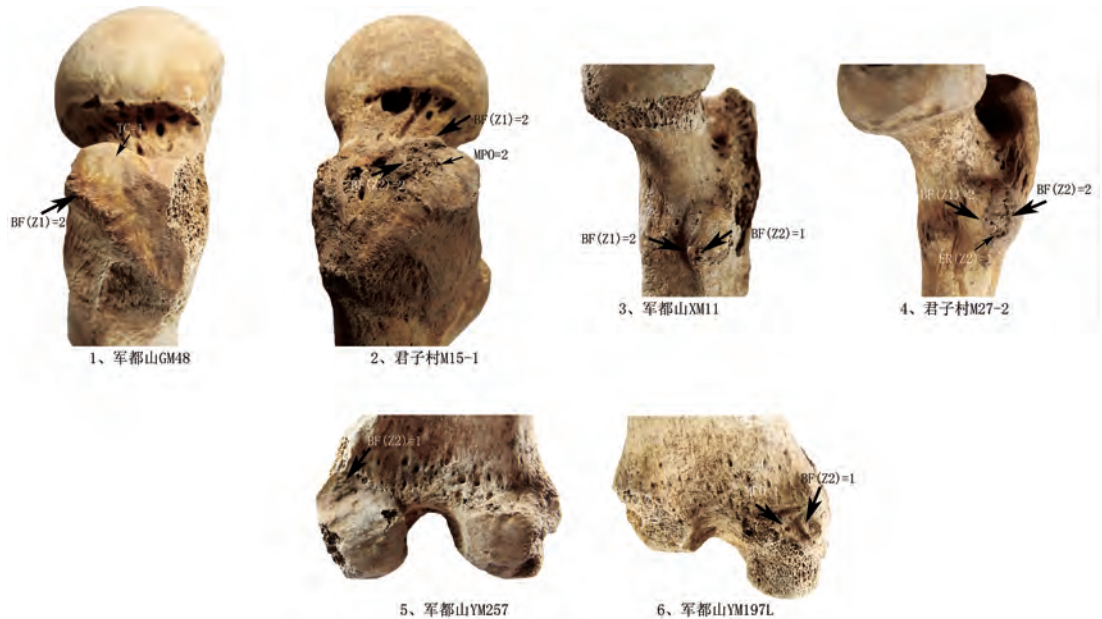


图 2 军都山及君子村股骨肌腱附着位点的形态改变  
**Fig.2 Enthesal Changes of Jundushan and Junzicun femurs**  
 1、2, 臀中肌止点; 3、4, 髂腰肌止点; 5、6, 腓肠肌内侧头起点

表 4 股骨肌腱附着位点发生形态改变的比率

Tab.4 The ratio of femoral enthesal changes

位点	组	性别	年龄	BF (Z1)	ER (Z1)	TC	BF (Z2)	ER (Z2)	FPO	MPO	CA
臀中肌	军都山	男	≤40	16.7 (2/12)	0 (0/12)	42.9 (6/14)	0 (0/14)	0 (0/14)	7.1 (1/14)	0 (0/14)	0 (0/14)
			>40	42.9 (3/7)	0 (0/7)	20.0 (2/10)	0 (0/10)	0 (0/10)	9.1 (1/11)	10.0 (1/10)	0 (0/10)
		女	≤40	0 (0/14)	0 (0/14)	0 (0/17)	0 (0/17)	0 (0/17)	0 (0/15)	0 (0/17)	0 (0/17)
			>40	0 (0/3)	33.3 (1/3)	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)
	君子村	男	≤40	22.2 (2/9)	0 (0/9)	0 (0/9)	11.1 (1/9)	0 (0/9)	0 (0/9)	0 (0/9)	0 (0/9)
			>40	68.4 (13/19)	0 (0/19)	10.5 (2/19)	31.6 (6/19)	10.5 (2/19)	0 (0/19)	10.5 (2/19)	0 (0/19)
		女	≤40	0 (0/7)	0 (0/7)	14.3 (1/7)	0 (0/7)	0 (0/7)	0 (0/7)	0 (0/7)	0 (0/7)
			>40	53.3 (8/15)	0 (0/15)	29.4 (5/17)	5.9 (1/17)	0 (0/17)	5.9 (1/17)	5.9 (1/17)	0 (0/17)
髂腰肌	军都山	男	≤40	27.8 (5/18)	0 (0/18)	0 (0/20)	5.0 (1/20)	0 (0/20)	0 (0/20)	0 (0/20)	0 (0/20)
			>40	64.3 (9/14)	0 (0/14)	0 (0/13)	0 (0/13)	7.7 (0/13)	0 (0/13)	0 (0/13)	0 (0/13)
		女	≤40	15.2 (5/33)	0 (0/32)	0 (0/31)	0 (0/31)	0 (0/31)	0 (0/31)	0 (0/31)	0 (0/31)
			>40	50.0 (4/8)	0 (0/8)	0 (0/7)	0 (0/7)	0 (0/7)	0 (0/7)	0 (0/7)	0 (0/7)
	君子村	男	≤40	20.0 (2/10)	0 (0/10)	0 (0/9)	0 (0/9)	0 (0/9)	0 (0/9)	11.1 (1/9)	0 (0/9)
			>40	68.8 (11/16)	0 (0/16)	0 (0/18)	11.1 (2/18)	11.1 (2/18)	0 (0/18)	5.6 (1/18)	0 (0/18)
		女	≤40	0 (0/10)	0 (0/10)	0 (0/8)	0 (0/8)	0 (0/8)	0 (0/8)	0 (0/8)	0 (0/8)
			>40	33.3 (5/15)	0 (0/15)	5.9 (1/17)	17.6 (3/17)	5.9 (1/17)	0 (0/17)	0 (0/17)	0 (0/17)
腓肠肌内侧头	军都山	男	≤40	0 (0/9)	0 (0/9)	5 (1/20)	0 (0/20)	5.0 (1/20)	5.0 (1/20)	0 (0/20)	0 (0/20)
			>40	9.1 (1/11)	0 (0/11)	15.0 (3/20)	20.0 (4/20)	0 (0/20)	0 (0/20)	10.0 (2/20)	0 (0/20)
		女	≤40	4.3 (1/23)	0 (0/23)	0 (0/32)	3.1 (1/32)	9.4 (3/32)	0 (0/32)	6.3 (2/32)	0 (0/31)
			>40	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/7)	0 (0/7)	14.3 (1/7)	0 (0/7)	0 (0/7)	0 (0/7)
	君子村	男	≤40	0 (0/10)	10.0 (1/10)	0 (0/10)	10.0 (1/10)	0 (0/10)	0 (0/10)	0 (0/10)	0 (0/10)
			>40	12.5 (2/16)	0 (0/15)	0 (0/16)	0 (0/16)	6.3 (1/16)	0 (0/16)	0 (0/16)	0 (0/16)
		女	≤40	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)	0 (0/5)
			>40	7.7 (1/13)	0 (0/13)	7.1 (1/14)	0 (0/14)	0 (0/14)	7.1 (1/14)	0 (0/14)	0 (0/14)

所观察的 3 个位点都没有观察到这类改变。形态改变发生率较低的情况也对后文广义线性模型 (GLM) 分析造成了不利影响, 致使很多项目无法得出检验结果。从 3 个附着位点的比较看, 整体上臀中肌和髂腰肌发生形态发生变化的比例要略高于腓肠肌内侧头。

通过广义线性模型的方法检验性别、年龄、组别、体重等几种潜在影响因素对附着点变化的影响 (表 5)。每一个变量对附着点变化影响的评估都是在对其他参数进行控制的基础上进行的, 也就是说排除了其他参数的影响。如臀中肌附着位点 1 区的骨形成这一改变, 显著性小于 0.001, 表明年龄对该位点骨形成有重要影响, 无论在军都山还是君子村组、无论男性还是女性, 都表现为中老年组的发生率要明显高于青壮年组。同样受年龄因素影响的还有髂腰肌附着位点 1 区的骨形成, 也表现为中老年发生率更高。但年龄的影响只体现在部分肌腱附着的部分项目上。除年龄之外, 在所有能通过 GLM 进行检测的项目中, 组别、性别以及反映体重的股骨头径的大小似乎对附着位点形态改变的发生都没有显著性的影响。

表 5 GLM 分析所得的  $p$  值  
Tab.5 The  $p$  values of GLM analysis

		组别	性别	年龄	股骨头径
臀中肌	BF (Z1)	0.167	0.116	<b>0.000</b>	0.768
	TC	0.395	0.725	0.396	0.145
	FPO	0.192	0.435	0.726	0.375
髂腰肌	BF (Z1)	0.122	0.558	<b>0.000</b>	0.112
	BF (Z2)	0.169	0.819	0.214	0.359
腓肠肌内侧头	BF (Z1)	0.474	0.365	0.228	0.162
	TC	0.302	0.827	0.204	0.287
	ER (Z2)	0.624	0.743	0.335	0.526

\* 粗体表明  $p$  值小于 0.05

## 4 讨 论

在过去的 20 年, 很多研究利用已知性别年龄的样本来考察附着点变化与肢体功能活动度之间的关联。结果表明二者间关系要比最初设想的更为复杂, 容易受到年龄、性别、侧别、体型等因素的混淆。虽结论并非完全一致, 但经常出现的结论是附着点变化随年龄而增加, 并在大体型、男性、右侧肢体有更为明显的表现<sup>[5, 6, 28]</sup>。但这些研究更多的关注于上肢, 下肢由于功能更为复杂分析相对较少, 规律性似乎不如上肢明显, 结论也更为多样。本文经检验发现, 对于股骨无论在军都山还是君子村, 年龄是诸多因素中影响附着点变化的最关键的一个要素, 与很多研究的结论一致<sup>[4, 5, 18, 19, 29, 30]</sup>。年龄在附着点变化的分析中是必须要进行考虑的因素。

军都山和君子村的生计模式分别为畜牧业和定居农业<sup>[31]</sup>。无论是出土的文化遗存还是两个人群股骨功能状况的生物力学分析, 都表明两个群体的下肢运动功能行为模式完全不同。军都山古人群男性具有较高的下肢功能活动度而军都山女性和君子村人群的下肢功能活动都较低与定居相适应<sup>[32, 33]</sup>。虽然预期军都山古代人群尤其是男性由于流动性更强, 因而下肢的附着点变化发生率似乎应更高并表现出与定居君子村的不同或性别差异, 但是 GLM 检验并没有发现年龄之外的任何其他能够显著影响军都山附着点变化发生率因素。这样的结果与部分下肢的附着点变化研究结果相似<sup>[34-36]</sup>, 但与另外一些研究结果相反<sup>[37]</sup>, 虽然它们所涉及的肌肉附着位点不同、所讨论的附着点的类型也存在差异。

上、下肢在附着点变化上的不同表现可能和它们功能负荷的差异有关。除了行使各种功能之外, 下肢还有承受体重的作用。下肢任何的功能负荷都是叠加在体重负荷之上的, 这使得下肢功能状况对附着点变化的影响会弱于上肢。承重需求会导致对下肢功能状况与附着点变化之间的关系判断出现偏差<sup>[34]</sup>。支持这一观点的一个例证是, 下肢的左右不对称性常因为承重的关系不如上肢显著。此外, 在实际观察中发现 3 个位点的肌腱附着面形态、朝向、大小、在股骨上的具体位置都存在一定变异。这也表明下肢的功能状况较上肢更为复杂, 但这些变异状况并未在计分系统中得到体现。此外, 最近有研究表明环境地形

的起伏可以通过对青少年骨骼发育而影响到成年阶段对机械负荷的耐受程度，进而影响到附着点变化表现<sup>[1]</sup>。军都山地处低山丘陵地带和君子村所处的平原地带不同，军都山人下肢的附着位点可能会由于发育期间所获得的更高的机械负荷耐受度而降低了其附着点变化发生比例，地形也是影响两组人群附着点变化表现的潜在因素。

造成性别、组别、体型对附着点变化影响较小的另外一个原因可能来自样本本身。从样本的年龄结构看，君子村 30 岁以下个体很少，而军都山老年个体（尤其是女性）比例较低，两个群体的性别、年龄构成有较大的差异。有研究表明，不同群体的附着改变差异主要发生在 50 岁之前<sup>[5]</sup>；较高的活动度对于青壮年阶段的得分增加影响较大，之后随着年龄的增长不同功能强度组别的附着点变化差异会减弱<sup>[19]</sup>。若如此，则军都山、君子村的年龄构成差异就会对数据和统计比较造成重要的不利影响。

分析表明，军都山古代人群股骨的部分纤维软骨性肌腱附着会随年龄而发生形态的改变。但并未发现预期的与定居君子村古人群间的差异或性别、体型对附着形态的影响。除了下肢承重、功能较上肢更为复杂外，样本本身的年龄结构偏差也可能对统计造成了影响。目前对古人群下肢附着位点的形态研究还很不充分，其与功能状况的关系尚需在更多的样本上进行更深入的研究和验证。

谨以此文恭祝吴新智院士 90 华诞。

## 参考文献

- [1] Hawkey DE, Merbs CF. Activity-induced musculoskeletal stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson Bay Eskimos[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1995, 5(4): 324-338
- [2] Robb JE. The interpretation of skeletal muscle sites: A statistical approach[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1998, 8(5): 363-377
- [3] Villotte S. Connaissances Médicales Actuelles, Cotation des Enthésopathies: Nouvelle Méthode[J]. *Bulletins Et Mémoires De La Société D Anthropologie De Paris*, 2006, 18(1): 65-85
- [4] Niinimäki S, Niskanen M, Niinimäki J, et al. Modeling skeletal traits and functions of the upper body: Comparing archaeological and anthropological material[J]. *Journal of Anthropological Archaeology*, 2013, 32(3): 347-351
- [5] Villotte S, Castex D, Couallier V, et al. Enthesopathies as occupational stress markers: evidence from the upper limb.[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 2010, 142(2): 224
- [6] Villotte S, Churchill SE, Dutour OJ, et al. Subsistence activities and the sexual division of labor in the European Upper Paleolithic and Mesolithic: Evidence from upper limb enthesopathies[J]. *Journal of Human Evolution*, 2010, 59(1): 35-43
- [7] Havelková P, Villotte S, Velemínský P, et al. Enthesopathies and activity patterns in the Early Medieval Great Moravian population: Evidence of division of labour[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2011, 21(4): 487-504
- [8] Weiss E, Corona L, Schultz B. Sex differences in musculoskeletal stress markers: Problems with activity pattern reconstructions[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2012, 22(1): 70-80
- [9] Havelková P, Hladík M, Velemínský P. Enteseal Changes: Do They Reflect Socioeconomic Status in the Early Medieval Central European Population? (Mikulčice – Klášteřisko, Great Moravian Empire, 9th – 10th century)[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2013, 23(2): 237-251
- [10] Henderson C. Subsistence strategy changes: The evidence of enteseal changes.[J]. *Homo Internationale Zeitschrift Für Die Vergleichende Forschung Am Menschen*, 2013, 64(6): 491
- [11] Acosta MA, Henderson CY, Cunha E. The effect of terrain on enteseal changes in the lower limbs[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2017



- [12] Churchill SE, Morris AG. Muscle marking morphology and labour intensity in prehistoric Khoisan foragers[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1998, 8(5): 390-411
- [13] Kennedy KAR. Markers of occupational stress: conspectus and prognosis of research[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1998, 8(5): 305-310
- [14] Dutour O. Enthesopathies (lesions of muscular insertions) as indicators of the activities of neolithic Saharan populations[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1986, 71(2): 221-224
- [15] 于长隆. 末端病 [J]. *中国运动医学杂志*. 1984(03): 180-186
- [16] 方小芳, 史清钊, 周军. 末端病发病机制的国内外研究现状 [J]. *中国康复医学杂志*, 2009(11): 1055-1058
- [17] Weiss E. Muscle markers revisited: Activity pattern reconstruction with controls in a central California Amerind population[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 2007, 133(3): 931
- [18] Michopoulou E, Nikita E, Henderson CY. A test of the effectiveness of the Coimbra method in capturing activity-induced enthesal changes[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2016
- [19] Niinimäki S. What do muscle marker ruggedness scores actually tell us?[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2011, 21(3): 292-299
- [20] Wilczak CA. Consideration of sexual dimorphism, age, and asymmetry in quantitative measurements of muscle insertion sites[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1998, 8(5): 311-325
- [21] Benjamin M, Evans EJ, Copp L. The histology of tendon attachments to bone in man.[J]. *Journal of Anatomy*. 1986, 149(4): 89
- [22] Benjamin M, Kumai T, Milz S, et al. The skeletal attachment of tendons--tendon "entheses"[J]. *Comparative Biochemistry & Physiology Part A Molecular & Integrative Physiology*, 2002, 133(4): 931
- [23] Henderson CY, Mariotti V, Pany-Kucera D, et al. Recording Specific Enthesal Changes of Fibrocartilaginous Enteses: Initial Tests Using the Coimbra Method[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2013, 23(2): 152-162
- [24] Henderson CY, Mariotti V, Pany Kucera D, et al. The new 'Coimbra method': a biologically appropriate method for recording specific features of fibrocartilaginous enthesal changes[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2016, 26(5): 925-932
- [25] 赵永生, 郭林, 郝导华, 等. 山东地区清墓中女性居民的缠足现象 [J]. *人类学学报*, 2017(03): 344-358
- [26] 侯侃. 山西榆次高校园区先秦墓葬人骨研究 [D]. 吉林大学, 2017
- [27] Nikita E. The use of generalized linear models and generalized estimating equations in bioarchaeological studies[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 2014, 153(3): 473-483
- [28] Mountrakis C, Manolis SK. Enthesal change of the upper limb in a Mycenaean population from Athens[J]. *Mediterranean Archaeology & Archaeometry*, 2014, 15(15 1): 209-220
- [29] Alves CF, Henderson CY. Enthesopathy formation in the humerus: Data from known age-at-death and known occupation skeletal collections[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 2010, 141(4): 550-560
- [30] Michopoulou E, Nikita E, Valakos ED. Evaluating the efficiency of different recording protocols for enthesal changes in regards to expressing activity patterns using archival data and cross-sectional geometric properties[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 2015, 158(4): 557
- [31] 北京市文物研究所. 军都山墓地: 玉皇庙 [M]. 北京: 文物出版社, 2007: 1-1660
- [32] 何嘉宁, 唐小佳. 军都山古游牧人群股骨功能状况及流动性分析 [J]. *科学通报*, 2015(17): 1612-1620
- [33] 何嘉宁. 军都山古代人群运动模式及生活方式的时序性变化 [J]. *人类学学报*, 2016, 35(2): 238-245
- [34] Milella M, Belcastro MG, Zollikofer CPE, et al. The effect of age, sex, and physical activity on enthesal morphology in a contemporary Italian skeletal collection[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 2012, 148(3): 379-388
- [35] Campanacho V, Santos AL. Comparison of the Enthesal Changes of the os coxae of Portuguese Males (19th&ndash;20th centuries) with Known Occupation[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2013, 23(2): 229-236
- [36] Niinimäki S, Sotos LB. The Relationship Between Intensity of Physical Activity and Enthesal Changes on the Lower Limb[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2013, 23(2): 221-228
- [37] Weiss E. Understanding muscle markers: lower limbs[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 2004, 125(3): 232