

# 陕西清涧寨沟遗址后刘家塔商代墓葬 科技考古鉴定与分析\*

李楠<sup>1</sup> 左豪瑞<sup>1</sup> 杨凡<sup>1</sup> 闫欣<sup>1,2</sup> 杨颖亮<sup>2,3</sup> 吴小红<sup>2,3</sup> 孙战伟<sup>4</sup>

(1. 国家文物局考古研究中心; 2. 国家文物局考古研究中心与北京大学考古文博学院考古年代学联合实验室;

3. 北京大学考古文博学院; 4. 陕西省考古研究院)

**关键词:** 清涧县, 寨沟遗址, 后刘家塔墓地, 商代晚期, 科技考古

**摘要:** 通过人及动物骨骼的碳十四年代测定, 陕西清涧后刘家塔墓地4座墓葬的日历年代集中在商代晚期, M1年代略早于其他墓葬。墓地出土人骨6例, 均为成年个体, 男性多于女性。该人群骨骼创伤与病理现象多见, 骨膜炎、“跪距面”高发, 日常食物以粟、黍等C4类为主并摄入较多动物蛋白。M4所出2例马骨均为青壮年雄性个体, 骨骼尺寸大多处于中国商周时期家马范围之内, 健康状况整体较好, 饮食结构一定程度上受到人类干预。M1和M3棺木用材为冷杉属, M1所出车马器和M3所出铜斧内木材为榆属。

**KEYWORDS:** Qingjian County, Zhaigou site, Houliujiata cemetery, Late Shang period, Archaeological Science

**ABSTRACT:** Through radiocarbon dating of human and animal bones, the calendar dates of the four burials at the Houliujiata cemetery located in Qingjian County, Shaanxi Province, fall within the range of the Late Shang Period. Also, the date of burial no. M1 slightly predates other cases. A total of six human individuals were excavated from the cemetery. They are all adults, and males outnumber females. Skeletal trauma and diseases are very common among the examined individuals, with high prevalence of periostitis and squatting facets. Their diet mainly composed by C4 plants and the consumption of animal protein is high. Two young male horses were buried with the owner of tomb no. M4. The morphometric characters of their bone are mostly within the range of domestic horses of the Shang and Zhou dynasties. They were in good health over their lifetime and their diet was intervened by human beings as raised horses. The timber of the burials no. M1 and M3's wooden coffins belong to Abies. The wood found in the bronze chariot fittings from tomb no. M1 and the bronze axe from tomb no. M3 is Ulmus.

后刘家塔墓地位于陕西省榆林市清涧县解家沟镇后刘家塔村南, 是陕北地区首次经科学考古发掘并确认的商代贵族墓地。2022年9~12月, 陕西省考古研究院等单位组成考古队, 对墓地内的4座墓葬进行抢救性发掘, 出土了大量金、铜、玉、陶等随葬品和一些人类骨骼、动物骨骼和植物遗存<sup>[1]</sup>。为深入了解该人群的生活年代、体质特征、食物结构和资源利用情

况, 我们进行了碳十四年代测定, 体质人类学、动植物考古学研究和稳定同位素分析, 现将结果报告如下。

## 一、碳十四年代测定

我们对后刘家塔墓地M1~M4内出土的6例人骨和5例动物骨骼进行了碳十四年代测定, 样

\*本文为国家文物局考古研究中心课题“中华文明起源、形成和早期国家建立阶段人群、技术与生业研究”(编号: 2023-C-KJ-005)的阶段性成果。

表一 后刘家塔墓地人骨样本碳十四年代测定与校正结果

实验室编号	出土单位	采样部位	碳十四年代 (BP)	日历年代	
				1 $\sigma$ (68.3%)	2 $\sigma$ (95.4%)
BA230754	M1D1	左侧第五掌骨	2950 $\pm$ 30	1218BC (68.3%) 1117BC	1260BC (95.4%) 1051BC
BA230755	M1车2右侧车轮	左侧腓骨中段	2925 $\pm$ 20	1196BC (14.3%) 1174BC 1162BC (13.2%) 1143BC 1130BC (18.9%) 1104BC 1099BC (12.6%) 1078BC 1070BC (9.3%) 1055BC	1213BC (95.4%) 1048BC
BA230756	M2盗洞	左侧尺骨中段	2870 $\pm$ 20	1108BC (7.8%) 1095BC 1082BC (8.8%) 1068BC 1056BC (51.7%) 1006BC	1121BC (93.0%) 978BC 950BC (2.5%) 936BC
BA230757	M3墓室	肋骨	2860 $\pm$ 20	1103BC (1.3%) 1100BC 1077BC (2.6%) 1071BC 1055BC (64.3%) 984BC	1115BC (88.0%) 972BC 957BC (7.5%) 932BC
BA230758	M3盗洞	肋骨	2865 $\pm$ 20	1107BC (6.0%) 1096BC 1081BC (6.8%) 1068BC 1056BC (55.5%) 1001BC	1117BC (91.4%) 976BC 952BC (4.1%) 935BC
BA230759	M4盗洞	左侧肱骨上段	2855 $\pm$ 20	1052BC (64.5%) 982BC 946BC (3.8%) 940BC	1110BC (84.2%) 968BC 961BC (11.3%) 931BC
BA231203	M3K1	牛下颌	2600 $\pm$ 20	802BC (68.3%) 786BC	806BC (95.4%) 776BC
BA231204	M3填土	牛下颌	2805 $\pm$ 20	988BC (68.3%) 922BC	1010BC (95.4%) 904BC
BA231205	M4D2	马右肱骨	2830 $\pm$ 20	1012BC (43.7%) 971BC 956BC (24.6%) 932BC	1048BC (95.4%) 920BC
BA231206	M4D2	马右肱骨	2860 $\pm$ 20	1103BC (1.3%) 1100BC 1077BC (2.6%) 1071BC 1055BC (64.3%) 984BC	1115BC (88.0%) 972BC 957BC (7.5%) 932BC
BA231207	M1填土	犬肋骨	2875 $\pm$ 20	1108BC (9.4%) 1095BC 1081BC (9.8%) 1068BC 1056BC (49.1%) 1010BC	1124BC (94.5%) 982BC 947BC (1.0%) 939BC

本的出土单位和采样部位见表一。

测年样本在国家文物局考古研究中心与北京大学考古文博学院考古年代学联合实验室进行骨胶原提取与石墨合成,在北京大学重离子物理研究所加速器质谱实验室进行测量。

动物和人骨保存状况总体较好,骨胶原含量在2.2%~22.1%之间(表五、一〇)。根据牛津大学的判定标准<sup>[2]</sup>,骨胶原含量高于1%的人骨样品年代结果较为可信。经测定,人骨提取的骨胶原的碳氮元素质量比在2.66~2.76之间,处于正常的纯净骨胶原的范围,说明骨胶原纯度良好,其他有机物污染基本除去。

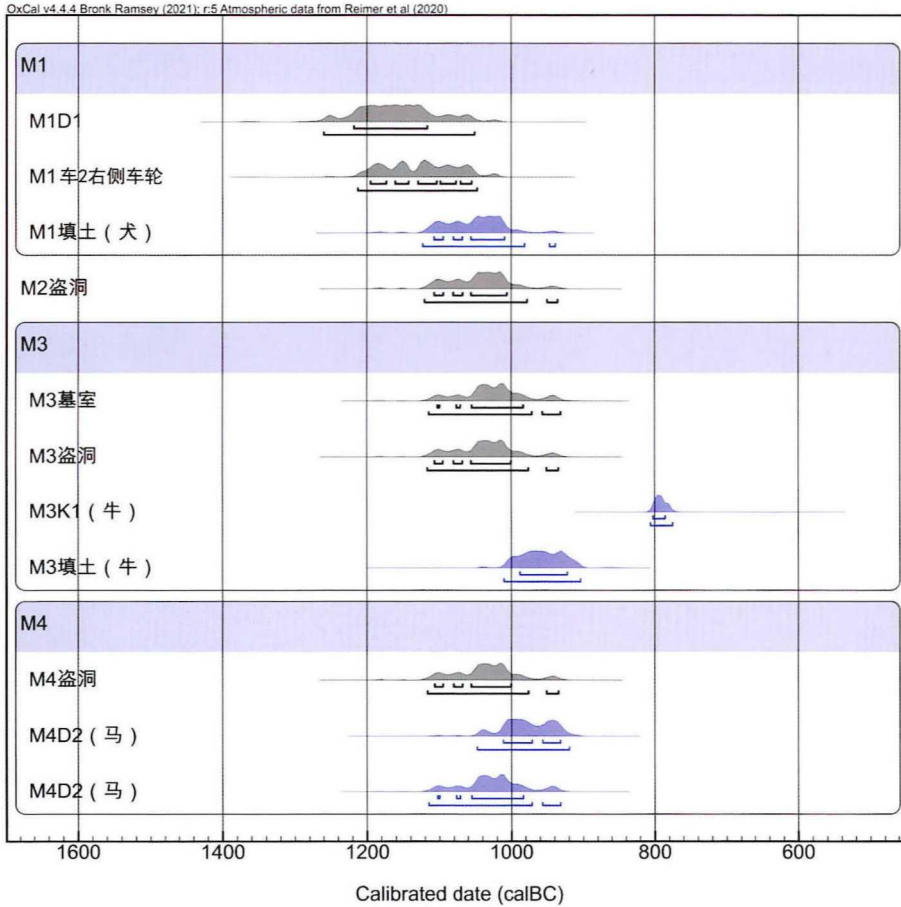
加速器质谱测定的碳十四年代(BP),在OxCal软件<sup>[3]</sup>中利用IntCal20曲线<sup>[4]</sup>进行校正,得出样品的日历年代。样品的碳十四年代和校正后的日历年代列于表一,校正年代的概率分布

见图一,其中动物骨骼校正年代的概率分布用蓝色表示。

M1共测量3件标本,分别为出自盗洞D1、车2右侧车轮的2件人骨标本与填土内1例犬肋骨,年代结果接近。由于填土土层连续,犬只骨骼完整,应为下葬时遗存。对3件标本的测年数据进行一致性检验(图二,a),在95%的置信度上通过检验,求平均值后的碳十四年代为2909  $\pm$  13 (BP),校正后的日历年代概率分布区间为1120BC~1050BC(68.3%概率区间)。

M2测量1件人骨标本,出自盗洞,日历年代在68.3%的概率分布范围为1100BC~1000BC。

M3共测量4件标本,分别为墓室内人骨、盗洞内人骨、K1底部牛下颌骨与填土内牛下颌骨。其中2件人骨样本年代高度一致,在95%的



图一 后刘家塔墓地人骨和动物骨骼样本碳十四年代校正结果

置信度上通过一致性检验（图二，b），说明分别出自墓室和盗洞的2个个体有很大概率是同时代，求平均值后的碳十四年代为 $2863 \pm 15$ （BP），校正后的日历年代概率分布区间为1102BC~1000BC（68.3%概率区间）。2例牛骨为采集的单件骨骼样本，可能为后期进入。其中K1牛下颌骨距离地表仅0.5米，年代最晚，校正后的概率分布为800BC~785BC（68.3%概率区间），显著晚于人骨的年代。填土中的另一件牛下颌骨距离地表2.1米，碳十四年代校正后68.3%的概率区间分布为990BC~920BC，略晚于人骨年代。

M4共测量3件标本，1件为出自盗洞的人左肱骨，2件为出自盗洞的马右肱骨。3个数据在95%的置信度上通过一致性检验（图二，c），平均后的碳十四年代为 $2852 \pm 12$ （BP），校正后的日历年代分布范围为1050~990BC（68.3%

概率区间）。

图二（d）展示了M1的3个样本平均年代、M2的1个样本年代、M3的2个人骨平均年代与M4的3个样本平均年代校正结果。可见4座墓葬的日历年代较为集中，86.3%的概率分布范围为1220BC~980BC，95.4%的概率分布范围为1250BC~930BC，主要分布范围为商代晚期。从概率分布上，M1或略早于其余3座墓葬，但不排除为同时的可能性。

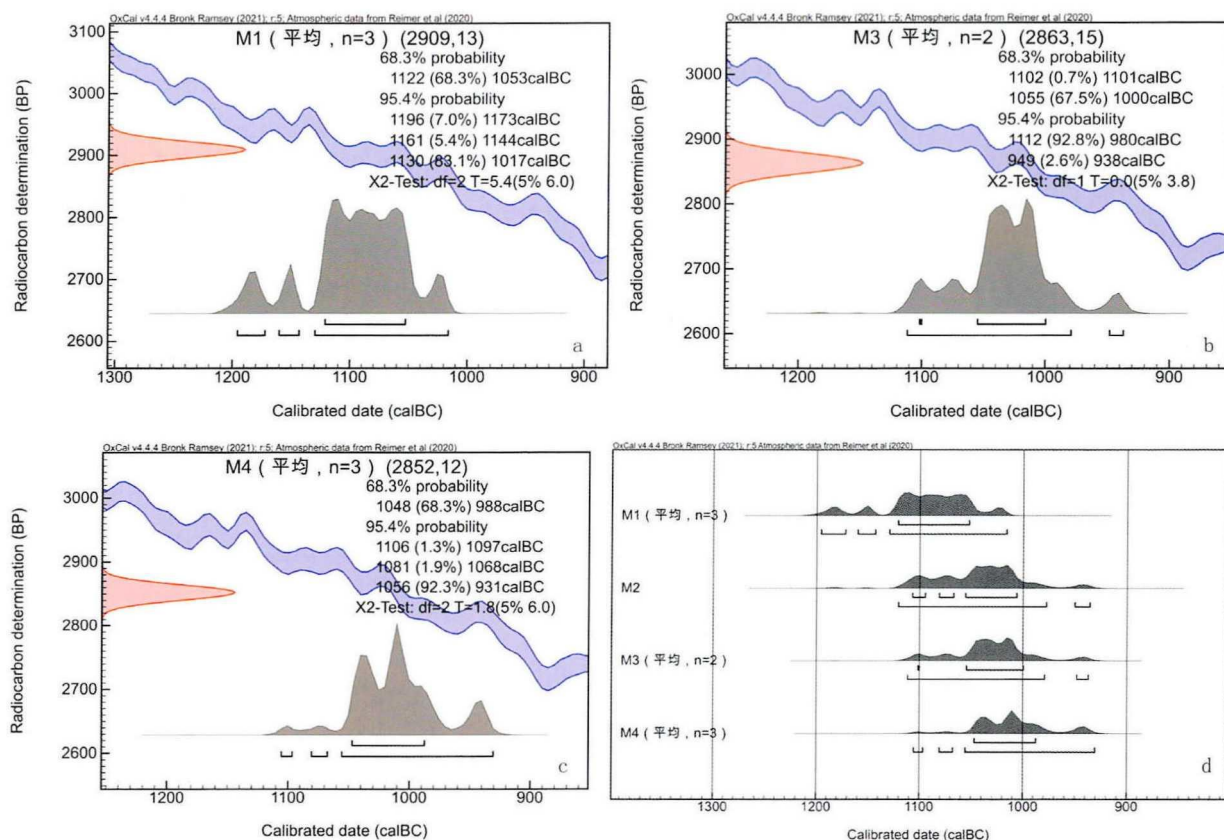
将后刘家塔墓地的测年结果与其他商代晚期遗址进行对比，参考夏商周断代工程得出的

安阳殷墟遗址年表<sup>[5]</sup>，M1的平均年代的95.4%概率区间为1200BC~1015BC，其上限可能进入殷墟二期（1255BC~1195BC），而其余墓葬M2、M3与M4的年代更大概率对应殷墟三、四期，也不排除有一定概率进入西周早期（晚于1040BC）。此外，商代晚期西南地区，广汉三星堆遗址四号祭祀坑已发表的6个数据的平均年代范围在1200BC~1015BC之间（3148~2966 Cal BP，95.4%概率区间）<sup>[6]</sup>，后刘家塔墓地M1的年代几乎与此同时。

## 二、人骨鉴定与分析

### 1. 出土与保存情况

后刘家塔4座商墓出土人骨6例，其中M1、M3中各有2例，M2、M4中各有1例。这些人骨位于墓室、盗洞中或随葬车轮附近。



图二 后刘家塔墓地测年数据一致性检验与平均年代校正结果

M1D1: 出土于M1墓室北部盗洞D1内。左侧肱骨、尺骨、桡骨完整, 两侧手、足部骨骼若干, 左侧股骨上下端残损, 另有左侧肋骨一根。发掘清理时, 该个体左侧上肢骨(肘、腕及手掌部关节)保持正常解剖学位置。据此推断, 该个体在未完全白骨化之前已被翻扰至盗洞内, 其身份可能为墓主。

M1车2号右侧车轮: 出土于M1车2右侧车轮附近。骨骼保存很少, 仅两侧胫骨、腓骨, 其余部位未见。与M1D1左侧股骨相比, 该个体左侧胫骨骨干明显粗壮且有重度骨膜炎症状, 股骨下端与胫骨上端关节面不能很好连接, 因此并非属于同一个体。

M2盗洞: 出土于M2墓室中部盗洞内, 骨骼扰乱严重, 经判断属于同一个体, 身份可能为墓主。颅骨大部分完整, 下颌基本完整。牙齿20颗(上颌12颗、下颌8颗)。胸骨、肩胛骨部分残损。颈椎5节、胸椎2节、腰椎5节。部分肋骨残片。两侧肱骨上下端残损。左侧尺骨、

桡骨基本完整。右侧桡骨仅有下端。骨盆大体完整, 两侧耻骨联合面残损。左侧股骨下端残损, 右侧股骨仅有上、下端。两侧胫骨仅有上端。少量手、足部骨骼。

M3墓室: 出土于M3墓室棺内, 骨骼完整, 葬式大体为仰身直肢葬, 身份应为墓主。颅骨及下颌完整。牙齿22颗(上颌8颗、下颌14颗)。两侧锁骨、肩胛骨完整。颈椎6节、胸椎12节、腰椎5节。胸骨、第一肋骨完整, 部分肋骨残损。两侧肱骨、尺骨、桡骨完整。骨盆及两侧股骨、髌骨、胫骨、腓骨完整。两侧手部、足骨骨骼若干。

M3盗洞: 出土于M3盗洞内, 骨架完整, 骨质致密, 从出土位置及挣扎姿势来看, 身份应为盗墓者。颅骨及下颌完整。牙齿26颗(上颌13颗、下颌13颗)。两侧锁骨、肩胛骨完整。颈椎6节、胸椎12节、腰椎3节。两侧肋骨完整。两侧肱骨、尺骨、桡骨完整。骨盆及两侧股骨、髌骨、胫骨、腓骨完整。两侧手部、

表二 后刘家塔商代人骨性别年龄鉴定结果

单位号	性别	年龄	判断依据
M1D1	不明	青壮年	长骨骨骺愈合，骨质致密未见退行性病变。
M1车2右侧车轮	男?	成年	胫腓骨较长、骨干粗壮。胫腓骨两端骨骺愈合。
M2盗洞	女	30~35岁	下颌角较大，表面细致光滑；坐骨大切迹宽浅。长骨骨骺愈合；左上M1、M2齿尖磨平，齿质点部分暴露，右上M1齿尖尚未磨平；耳状面表面致密，有细线纹结构。
M3墓室	男	35~40岁	颅骨厚重，眉弓较为发达，乳突较大，枕外隆突发达；下颌角粗糙外翻；坐骨大切迹深窄，耻骨下角较小。长骨骨骺愈合；M1、M2齿尖磨平，齿质点部分暴露；右侧耳状面残留有模糊细线纹，表面致密有小孔，耳后区活动中等。
M3盗洞	男	20~25岁	乳突较大，枕外隆突较发达；坐骨大切迹略偏宽浅。两侧肱骨头、股骨头残留有骨骺线；髌骨部分愈合；骶骨椎体间骨骺部分愈合；耳状面波浪状横向组织。
M4盗洞	男	30~45岁	下颌角外翻，表面粗糙；肢骨骨干粗壮，肌肉发达。长骨骨骺愈合，骨质致密，可见轻度退行性病变。

足部骨骼若干。

M4盗洞：骨骼散落在2处盗洞内，经清点确认为同一个体，身份可能为墓主。颅骨缺失，右侧下颌部分残损。颈椎2节、胸椎4节、腰椎1节。右侧锁骨完整。两侧肩胛骨残损。胸骨部分残损。两侧肱骨、尺骨、桡骨局部残损。右侧股骨上下端残损。两侧髌骨完整。两侧胫骨、腓骨基本完整。

2.性别与年龄鉴定

对刘家塔出土人骨的性别与年龄鉴定主要依据邵象清<sup>[7]</sup>、吴汝康等<sup>[8]</sup>总结的有关人骨两性间差异及年龄变化规律，鉴定结果见表二。这些个体死亡时均已成年，除M1D1性别不明和M2盗洞为女性外，其余4例均为男性或疑似男性。

3.肢骨测量与分析

后刘家塔商墓所出肢骨中可供测量的20根。其中，上肢肱骨3根、尺骨5根、桡骨3根，下肢股骨4根、胫骨5根。鉴于股骨在推断个体身高中的重要性，此处将股骨测量结果公布如下(表三)。

由表三可知，仅M3墓室一例人骨可测量股骨最大长，该个体为35~40岁男性。选用Trotter和Gleser<sup>[9]</sup>、陈世贤<sup>[10]</sup>和邵象清<sup>[11]</sup>提供的三种公式进行身高推断，其中邵象清公式因个体年龄不同而有所差异，根据M3墓室的死亡年龄选择31~40岁公式(表四)。

将M3墓室两侧身高取平均值可知，Trotter

和Gleser方法得出的最终身高为167.28厘米，陈世贤方法得出的最终身高为166.23厘米，邵象清方法得出的最终身高为166.21厘米。从结果来看，三种方法推断出的M3墓室身高差异不大，在166.21~167.28厘米之间，高于殷墟中小墓成年男性的平均身高(163.70厘米)<sup>[12]</sup>。

4.骨骼创伤与病理

后刘家塔墓地所出6例个体均有不同程度的骨骼创伤和病理现象。

M1D1：两侧跖骨远端中度“跪距面”，第一跖骨最为明显(图三，1)。

表三 后刘家塔商代人骨股骨测量数据(长度：毫米；指数：%)

测量项目	M2盗洞		M3墓室		M4盗洞	
	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧
股骨最大长	-	-	443	438	-	-
股骨生理长	-	-	439	435	-	-
股骨头矢径	39.28	-	46.45	45.54	-	-
股骨头垂直径	39.89	-	46.54	45.53	-	-
股骨颈垂直径	29.71	-	35.54	35.61	-	-
股骨颈矢径	21.03	-	26.69	26.44	-	-
股骨体上部横径	28.12	-	30.82	31.46	-	36.62
股骨体上部矢径	21.91	-	25.71	26.03	-	34.28
股骨体中部横径	24.17	-	27.64	27.33	-	30.02
股骨体中部矢径	23.23	-	31.37	29.81	-	41.35
股骨中部周长	74	-	92	90	-	113
股骨外侧髌长	-	-	63.10	63.79	-	-
股骨内侧髌长	-	-	-	63.71	-	-
股骨长厚指数	-	-	20.96	20.69	-	-
股骨粗壮指数	-	-	13.44	13.14	-	-
股骨扁平指数	77.92	-	83.42	82.74	-	93.61
股骨嵴指数	96.11	-	113.49	109.07	-	137.74

M1车2右侧车轮：两侧胫骨和腓骨重度骨膜炎，骨干中部大面积板状骨，孔隙边缘圆钝（图三，2、3）。

M2盗洞：右下I1根尖脓肿。前牙异常磨耗，上颌舌侧面磨耗严重（图三，4）。

M3墓室：颅骨轻微多孔性骨肥厚，冠状缝、矢状缝附近有针尖状小孔。前牙异常磨耗，左上C和右上I1、C齿质完全暴露。左下M3水平阻生。左下和右下I2、C线性牙釉质发育不全。右侧第4、5肋骨骨干中部斜形骨折，错位愈合（图三，5）。

两侧肩关节、肘关节轻度骨关节炎。胸椎T10有轻度退行性骨关节病。两侧膝关节中度骨关节炎（图三，7）。两侧股骨、胫骨、腓骨中度骨膜炎，骨干有大面积“编织骨”（图三，7）。左侧第4跖骨骨干下部尖刺状骨赘，疑似骨折（图三，10）。两侧第一跖骨有中度“跪距面”，右侧重于左侧。

M3盗洞：颅骨轻微多孔性骨肥厚，冠状缝、矢状缝及人字缝附近有针尖状小孔（图三，6）。

M4盗洞：两侧肩关节、膝关节轻度骨关节炎。胸椎T4、T5退行性病变，椎体边缘增生尖刺状骨赘，棘上韧带骨化（图三，8、9）。两侧胫骨重度骨膜炎，骨干中部有大面积板状骨。两侧第一跖骨远端轻度“跪距面”（图三，11）。

整体来看，后刘家塔商代贵族骨骼创伤与病理现象较

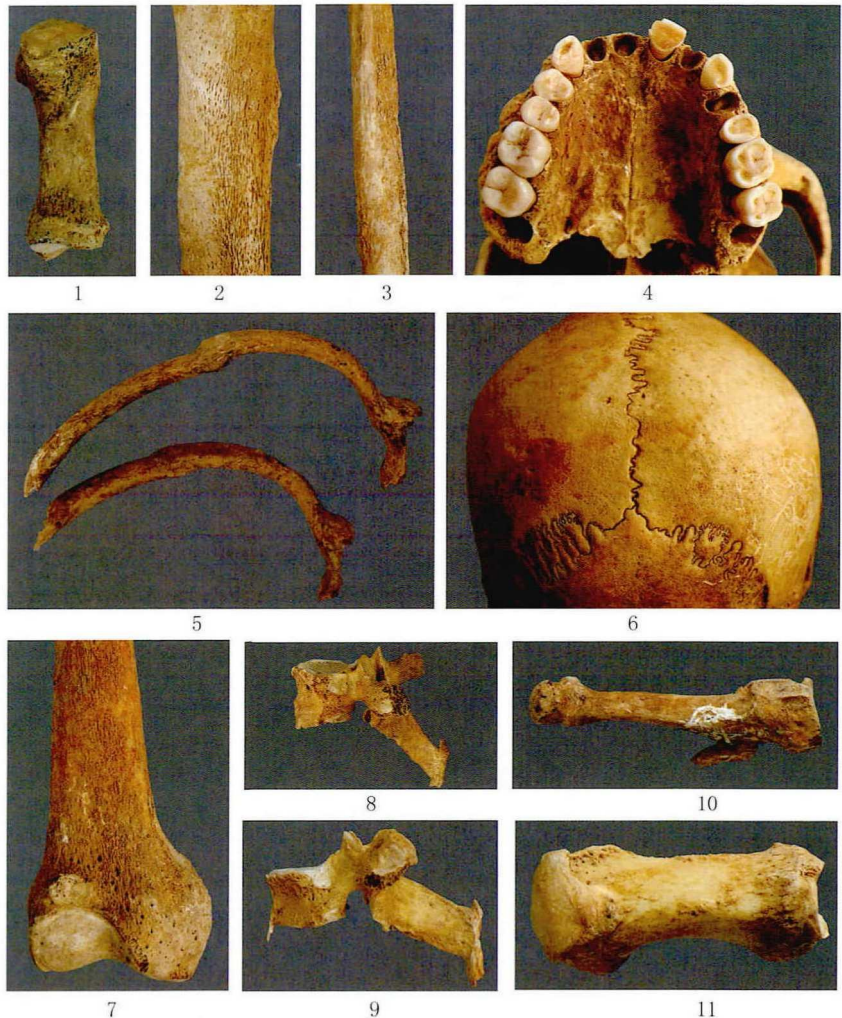
多，胫腓骨骨膜炎、跖趾关节“跪距面”现象高发。

骨膜炎是一种非特异性感染，可能由感染、创伤、癌症、血管疾病、维生素A过量及其他疾病引起，其中感染和创伤是主要病因<sup>[13]</sup>。

在所有部位的骨骼中，胫骨罹患骨膜炎的概率

表四 后刘家塔M3墓室人骨身高推断方法及结果

来源	身高推断公式	侧别	身高(厘米)
Trotter-Gleser	身高=2.15×股骨最大长+72.57(厘米)	左侧	167.82
		右侧	166.74
陈世贤	身高=3.66×股骨最大长+5(厘米)	左侧	167.14
		右侧	165.31
邵象清	身高=2.32×股骨最大长+640.21(毫米)	左侧	166.80
		右侧	165.62



图三 后刘家塔商代人骨创伤与病理

1. M1D1 左侧第一跖骨 2. M1 车 2 右侧车轮胫骨 3. M1 车 2 右侧车轮腓骨 4. M2 盗洞上颌  
5. M3 墓室第 4、第 5 肋骨 6. M3 盗洞颅骨 7. M3 墓室右侧股骨 8、9. M4 盗洞胸椎  
10. M3 墓室左侧第 4 跖骨 11. M4 盗洞左侧第 1 跖骨

很高。这可能与胫骨承重较大而温度较低，距离表皮较近容易发生轻微感染等原因有关<sup>[14]</sup>。后刘家塔商代人骨中罹患骨膜炎的共3例（M1车2右侧车轮、M3墓室和M4盗洞），两侧胫骨均受累，此外还波及腓骨和股骨，症状较为严重。

“跪距面”是一种出现在足部跖趾关节处的非病理性变形<sup>[15]</sup>。目前我国发现的“跪距面”集中在商周时期，如滕州前掌大<sup>[16]</sup>、殷墟花园庄东地M54<sup>[17]</sup>、殷墟大司空和刘家庄北地<sup>[18]</sup>、济南刘家庄<sup>[19]</sup>、长子西南呈<sup>[20]</sup>、晋中榆次聂店墓地<sup>[21]</sup>等。从文献资料及商周时期人像来看，长期使用足尖点地式的跪坐姿势，导致跖趾关节频繁背屈受力是导致“跪距面”的主要成因。这一特殊姿势与当时缺少高足坐具和盛行的礼制规范有关。后刘家塔人骨中3例个体（M1D1、M3墓室和M4盗洞）都有程度不等的“跪距面”，说明陕北晚商贵族的日常行为和礼仪规范可能受到中原地区的影响，也习惯采用相似的跪坐姿势。

此外，值得注意的是M3墓室人骨。该个体口腔疾病较多，肋骨多处骨折，肩、肘、膝关节有轻到中度的骨关节炎症状，脊柱也出现了退行性病变。与其他贵族相比，该个体生前似乎日常负重更多、生存压力更大，整体健康状况不佳。

### 5. 稳定同位素分析

对后刘家塔出土6例人骨进行碳氮稳定同位素分析。选取约0.5g骨样去除表面污染物，粉碎为小块后浸入0.5mol/L的HCL溶液中，期间溶液呈近中性时更换新的酸液。数天后待样本

漂浮或呈半透明状态时取出，洗至中性后加入1%NaOH溶液，静置约20分钟后洗至中性。转移骨样置锥形瓶中，加入约15ml去离子水并用1mol/L的HCL调整pH值在2~3之间，以90℃高温水解。将水解后溶液离心，取上清液冷冻干燥，收集明胶化的骨胶原。

所有测试均在北京大学考古文博学院科技考古实验室中进行。以元素分析仪（德国Elementar公司VarioPYRO CUBE型）联用稳定同位素质谱仪（德国Elementar公司IsoPrime100型）测量样品碳氮含量、碳氮比和碳氮稳定同位素比值。校正所用国际标准样品为IAEA600和USGS41。C、N稳定同位素比值分别以相对VPDB的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和相对 $\text{N}_2$ （气态）的 $\delta^{15}\text{N}$ 值表示，仪器重复测量的误差分别为 $\pm 0.03\%$ 和 $\pm 0.09\%$ 。

所有样品均成功提取出骨胶原，提取率在2.22%~22.1%之间（表五）。参考Ambrose<sup>[22]</sup>、DeNiro<sup>[23]</sup>等人研究，当骨胶原中C含量为15.3%~47.0%、N含量为5.5%~17.3%、C/N摩尔比在2.9~3.6范围内可视为未污染样品。据此，这6例样品均未被污染，可用于后续分析。

后刘家塔6例人骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-9.72‰~-8.30‰（均值-8.74‰ $\pm$ 0.47‰），说明在植物性食物中粟、黍等 $\text{C}_4$ 类占主导地位； $\delta^{15}\text{N}$ 值为8.66‰~10.71‰（均值9.98‰ $\pm$ 0.64‰），说明日常摄入的动物蛋白较为丰富（表五）。鉴于M1车2右侧车轮、M3盗洞两例个体身份可能不是墓主，我们将其剔除后发现，所得碳氮稳定同位素比值升高且范

表五 后刘家塔商代人骨稳定同位素采样情况和测试结果

样品编号	出土单位	采样部位	骨胶原提取率 (%)	C (%)	N (%)	C/N质量比	C/N摩尔比	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
BA230754	M1D1	左侧掌骨	20.00	41.19	15.00	2.75	3.21	-8.79	10.31
BA230755	M1车2右侧车轮	左侧腓骨	3.97	40.17	14.60	2.75	3.21	-8.72	10.16
BA230756	M2盗洞	左侧尺骨	2.22	38.42	14.43	2.66	3.10	-8.30	9.86
BA230757	M3墓室	肋骨	22.12	41.25	14.99	2.75	3.21	-8.32	10.71
BA230758	M3盗洞	左侧腓骨	19.8	41.20	15.03	2.74	3.20	-9.72	8.66
BA230759	M4盗洞	右侧尺骨	5.45	40.61	14.74	2.76	3.22	-8.60	10.20

围更集中：4例个体的  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $-8.78\% \sim -8.30\%$  (均值  $-8.50\% \pm 0.20\%$ )、 $\delta^{15}\text{N}$  值为  $9.86\% \sim 10.71\%$  (均值  $10.27\% \pm 0.30\%$ )。由此可知，后刘家塔晚商贵族的饮食结构高度一致，以  $\text{C}_4$  类食物为主导并含有较多动物蛋白。

### 三、动物骨骼鉴定与分析

#### 1. 出土概况

后刘家塔墓地出土动物遗存共计80件，以M4内马骨数量最多。这些马骨均出于M4盗洞中，部位包括颞骨、下颌骨、肩胛骨、肱骨、桡骨、尺骨、掌骨、髌骨、股骨、髌骨、胫骨、跟骨、距骨、跖骨、中央跗骨、第3跗骨、第2或4掌/跖骨、第1指/趾骨、第2指/趾骨、第3指/趾骨、部分肋骨、部分腰椎、荐椎以及游离齿等，共计66件，代表至少2个个体。

#### 2. 性别与年龄鉴定

马的性别鉴定依据通常包括犬齿的有无、尺寸以及髌骨的形态。由于髌骨破损较为严重，因此主要依据下颌骨上犬齿的有无及尺寸，雄性犬齿发育，雌性犬齿极小或无。M4中出土的2件左侧下颌骨均有较为发育的犬齿，表明均为雄性个体。

马的年龄鉴定依据包括牙齿的萌出和磨蚀状况以及骨骼的愈合情况。M4中保存状况较好的肢骨两端均已愈合，表明2个个体均已成年(大于3.5岁)<sup>[24]</sup>。通过牙齿(下切齿)的萌出和磨蚀状况<sup>[25]</sup>推测两匹马均为8~9岁青壮年个体(表六)。

#### 3. 骨骼形态与尺寸

马骨的测量依据《考古遗址出土动物骨骼测量指南》<sup>[26]</sup>，所得测量数据与中国商周时期家马骨骼及牙齿尺寸<sup>[27]</sup>进行比较(表七~九)。

后刘家塔墓地马骨与现代家马在骨骼形态方面比较接近，从测量数据来看，大多数肢骨和牙齿处于中国古代家马尺寸范围之内，个别测量数据略大于这一范围。

马匹的肩高，或称身高、体高，指动物学以及兽医学中通用的“甲高”，即马的髻甲(肩胛骨前上方的胸椎棘突顶端)顶点到地面的垂直距离<sup>[29]</sup>，一般通过现场直接测量或通过公式<sup>[30]</sup>进行计算来复原。后刘家塔墓地M4马匹的肩高通过肢骨的测量数据计算，所得肩高大致在126~149厘米之间(图四)，均值137.8厘米。结合骨骼鉴定信息及数据聚类的结果，推测两匹马的肩高可能分别为131.4厘米和137.5厘米。

参考刘羽阳的汇总整理，悬泉汉简记载的驿马体高在五尺六寸到六尺一寸之间(约合129~141厘米)，其中多数集中在五尺八寸与五尺九寸(约合134~136厘米)，秦陵的马俑、铜马以及圆沙古城出土马匹的平均肩高分别为138.5、131.87和133.95厘米<sup>[31]</sup>。由于马匹的肩高本身是一个估算的数据，与实际情况相比

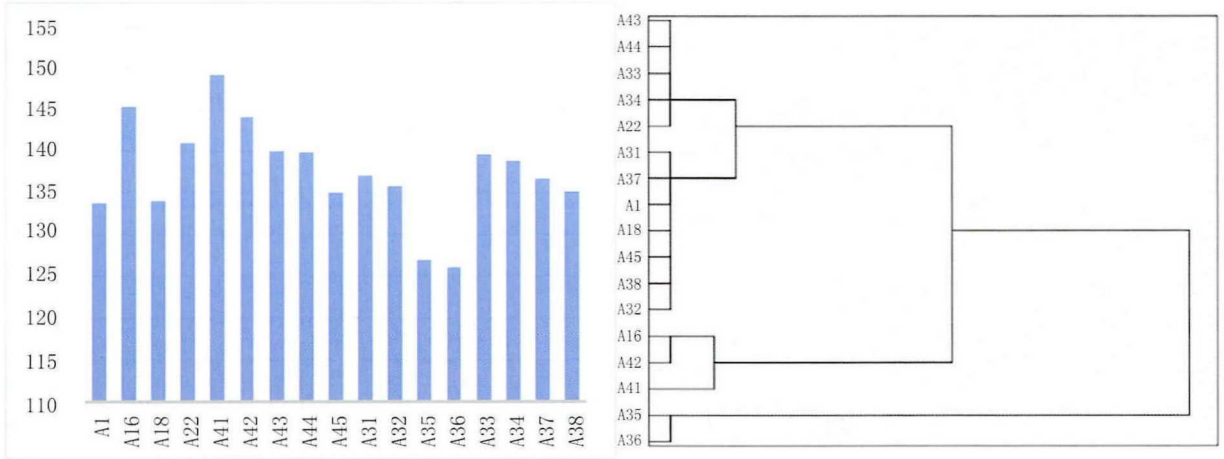
表六 后刘家塔 M4 马匹的年龄鉴定

马匹及鉴定部位	下切齿萌出及磨蚀状况	年龄判断
马1 (左侧下颌骨)	I1咀嚼面接近圆三角形; I2齿坎痕为椭圆形; I3咀嚼面已磨平, 齿星不明显	8~9岁
马2 (左侧下颌骨)	I1缺失; I2咀嚼面为椭圆形, 齿坎痕为横椭圆形, 齿星稍增大、非线性; I3咀嚼面略呈斜椭圆形, 齿坎痕椭圆形, 齿星露出。	8~9岁

表七 后刘家塔 M4 马匹与中国古代家马颊齿测量数据比较 (单位: 毫米)

测量部位	后刘家塔M4马 <sup>[28]</sup> (长×宽)		中国古代家马	
	长	宽	长	宽
P2	33.94~36.89	22.66~25.31	26.72~42.80	19.53~27.18
P3	27.87~29.19	26.81~28.33	24.70~33.99	21.73~29.05
P4	25.57~27.83	26.01~28.26	22.83~33.32	19.64~29.93
M1	23.92	26.12	19.90~33.21	20.80~28.04
M2	27.74	26.09	21.00~32.68	21.12~27.16
M3	28.72	23.31	22.24~33.85	18.37~25.98
P2	31.77~31.89	18.05~18.16	27.15~37.52	12.32~16.65
P3	27.18~28.94	19.18~19.92	22.90~32.89	12.30~18.66
P4	27.13~27.39	18.84~19.98	21.68~30.80	12.66~18.59
M1	24.02~25.43	17.48~17.60	17.87~35.81	9.83~17.18
M2	24.56~25.09	15.88~17.19	21.01~32.69	9.81~16.39
M3	31.52~32.13	14.84~14.87	25.11~35.56	10.44~14.86





图四 后刘家塔M4马匹肩高计算(单位:厘米)

存在一定的误差,综合已有数据来看,本文认为后刘家塔M4的两匹马属于役用马匹的正常肩高范围。

#### 4.骨骼异常

后刘家塔马骨和牙齿上的异常并不算高发,主要为骨质增生、骨骼融合和脊椎轻微变形。

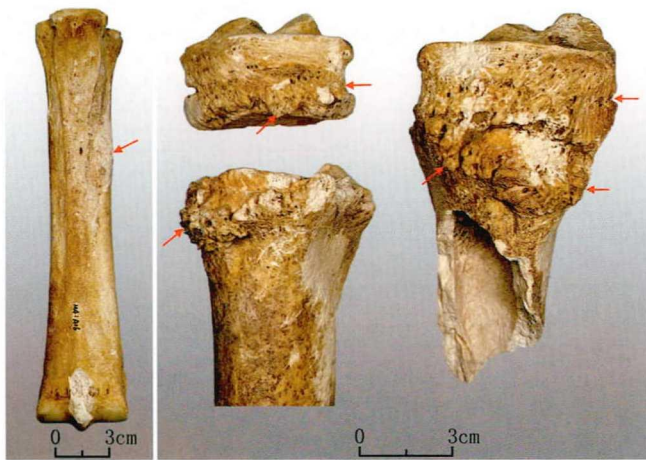
骨质增生和骨骼融合主要发生在掌骨、跖骨(图五)。左侧掌骨骨干掌内侧、两侧跖骨近端关节边缘增生膨大,跖骨近端关节与中央跗骨、第3跗骨发生骨骼融合。这通常是由于大量运动引发韧带发炎所致,负重或承受压力也会增加炎症出现的几率<sup>[32]</sup>。

脊椎轻微变形主要发生在部分胸椎、腰椎和荐椎(图六),包括脊椎前后关节突关节面

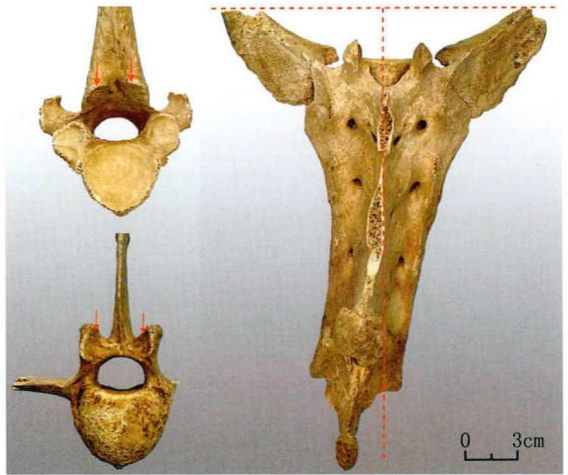
以及荐椎椎体发育不对称。造成脊椎轻微变形的原因有很多,其中包括动物自身生理发育、运动步态等因素,同时也可能与长期受到外部压力的刺激并且受力不均有关<sup>[33]</sup>。此外,在第5、6腰椎上未发现明显的增生或病变等骨骼异常现象。

#### 5.稳定同位素分析

对后刘家塔M4出土2个个体的马骨进行骨胶原碳氮稳定同位素分析,每例样品取骨样约1.1g,机械去除样品表面污染物质,置入0.5mol/L的HCl溶液于5℃下浸泡,每隔三、四天换新鲜酸液,直至骨样完全脱钙、无气泡。去离子水清洗至中性,加入0.125mol/L的NaOH溶液室温下浸泡20小时,再清洗至中性。加入0.001mol/L的HCl溶液在70℃下明胶化48小时,



图五 后刘家塔M4马匹骨骼异常(一)  
左.左侧掌骨 中.左侧跖骨 右.右侧跖骨近端



图六 后刘家塔M4马匹骨骼异常(二)

表八 后刘家塔 M4 马匹主要骨骼测量数据 (一)

(单位: 毫米)

测量部位	肩胛骨		肱骨		桡骨			尺骨		掌骨		
	BG	LG	Bp	Bd	Bp	Bd	GL	DPA	BPC	Bp	Bd	GL
后刘家塔 M4马	46.43	57.72	93.98	82.69~ 86.15	83.49	77.47	352	67.49	42.8	51.16	52.08	240.76
中国古代家马	41.28~ 54.74	49.08~ 59.66	79.62~ 92.71	63.54~ 86.26	74.01~ 83.99	60.35~ 78.03	319~ 341.45	57.29~ 64.44	36.54~ 48.46	39.17~ 53.96	47.49~ 53.96	216~ 237.26

表九 后刘家塔 M4 马匹主要骨骼测量数据 (二)

(单位: 毫米)

测量部位	股骨		胫骨		跖骨			第1指/趾骨		第2指/趾骨		
	Bd	SD	Bd	Bp	Bd	GL	SD	Bp	GL	Bp	Bd	GL
后刘家塔 M4马	91.38	37.64~ 38.38	71.89~ 73.91	47.47~ 53.44	52.28	270.15~ 284.78	31.71~ 32.31	58.79	87.45	53.78~ 55.45	47.82~ 49.28	50.56~ 50.58
中国古代家马	84.60~ 93.77	34.85~ 43.75	61.40~ 76.75	47.49~ 53.72	46.05~ 52.92	256~ 280.39	28.35~ 32.67	43.06~ 58.27	74.37~ 97.00	40.76~ 58.86	/	35.98~ 53.00

浓缩并热滤, 冷冻干燥后获得骨胶原。

样品胶原蛋白中的C、N元素含量和稳定同位素测试在中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所测试中心完成, 测试仪器为Elementar Vario PYRO元素分析仪串联IsoPrime 100稳定同位素质谱仪。C、N稳定同位素比值分别以国际标准USGS24标定碳钢瓶气(以PDB为基准)和IAEA-N-1标定氮钢瓶气(以AIR为基准)为标准, 分析精度分别为±0.1%和±0.2%。C同位素的分析结果以相对美国南卡罗莱纳州(Caroline)白垩系皮迪组箭石(Cretaceous PeeDee Belemnite) C同位素丰度比(PDB)的 $\delta^{13}C$ 表示, N同位素的分析结果以相对氮气(N<sub>2</sub>, 气态)的 $\delta^{15}N$ 表示。样品的C、N含量以及C、N稳定同位素比值见表一〇。此外, 表一〇也展示了进行碳十四测年的5例动物骨骼样品(BA231203-231207)的骨胶原提取率。

根据骨胶原的C、N含量及C/N摩尔比值范围, 2例样品均为无污染样品, 可用于稳定同位素分析和食谱重建<sup>[34]</sup>。 $\delta^{13}C$ 值显示后刘家塔M4出土马匹的食物中同时包含C<sub>3</sub>和C<sub>4</sub>植物, 其饮食结构已经受到人类的干预, 其中M4A44食物中C<sub>4</sub>植物略多于C<sub>3</sub>植物, 而M4A45则吃了更多的C<sub>3</sub>植物。 $\delta^{15}N$ 值结果则显示出典型的温带草原食草动物的营养级特征。

#### 四、木材鉴定与分析

从后刘家塔基地的葬具、车马器、铜斧中采集木材样品共7份(表一一)。实验在山东大学植物考古实验室进行。首先, 对每份样品挑选出可鉴定的部分, 筛去浮土。对于未炭化的木材用锡箔纸包裹, 在型号为NBD-M1200-20TI的马弗炉中进行炭化, 炭化温度为300℃, 炭化时间为2小时。随后, 使用Nikon Ci-L金相显微

表一〇 后刘家塔 M4 马骨稳定同位素采样情况和测试结果

样品编号	种属	骨骼部位	骨胶原提取率 (%)	C (%)	N (%)	C/N摩尔比	$\delta^{13}C$ (‰)	$\delta^{15}N$ (‰)
M4A44	马	右肱骨	0.83	42.41	15.18	3.3	-11.88	5.09
M4A45	马	右肱骨	0.62	42.17	15.17	3.2	-15.18	5.59
BA231203	牛	下颌	3.03	-	-	-	-	-
BA231204	牛	下颌	11.79	-	-	-	-	-
BA231205	马	右肱骨	2.78	-	-	-	-	-
BA231206	马	右肱骨	2.42	-	-	-	-	-
BA231207	犬	肋骨	13.49	-	-	-	-	-

表一 后刘家塔墓地出土木材鉴定结果

序号	单位号	样品来源	数量	种属
1	M4	棺(东侧板北)	1	冷杉属
2	M3	棺(西侧中部)	1	冷杉属
3	M1	填土内	1	槭属
4	M1:2	铜軛首	1	榆属
5	M1:1	铜軛首	1	不详
6	M1D1:024	铜衡末饰	1	榆属
7	M3:02	铜斧	1	榆属

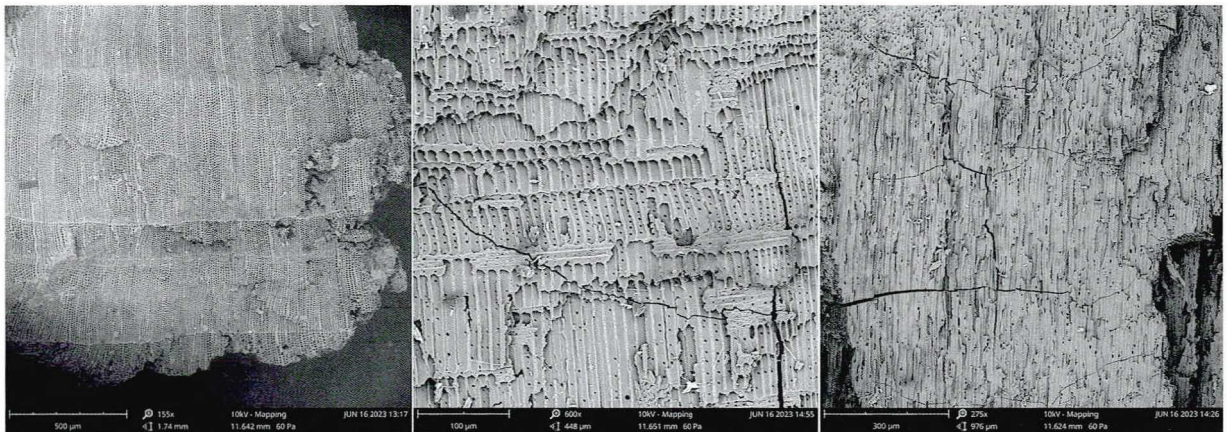
镜进行观察,并使用Phenom XL扫描电子显微镜进一步分析与拍照,记录横、径、弦三个不同切面特征,结合现代炭化木材图谱和相关工具书<sup>[35]</sup>对树种木材进行种属鉴定。

本次鉴定的7份样品中1份因木材保存较差,未保留具有鉴定特征的结构,无法鉴定种属。2份棺木样品均为冷杉属(*Abies sp.*) (图七),2份车马器样品和1份铜斧样品均为榆属(*Ulmus sp.*) (图八),墓葬填土内1份样品为

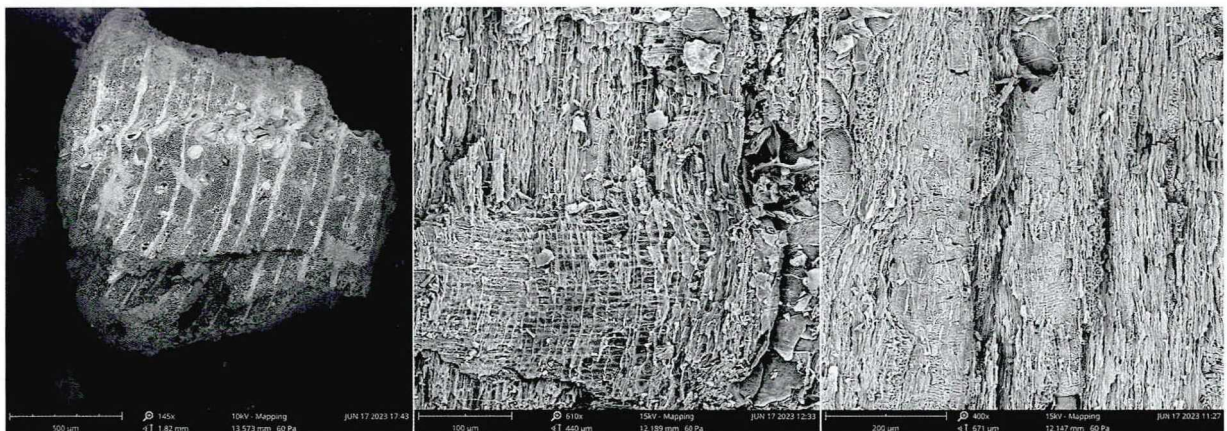
槭属(*Acer sp.*) (图九)。

后刘家塔墓地M1和M3的棺木用材均为冷杉属。冷杉属(*Abies sp.*)是松科的1属,常绿乔木。该属约50种,我国有19种3变种,分布于东北、华北、西北、西南及浙江、台湾各省区的高山地带;多为耐寒的耐荫性较强的树种,常生于气候凉润、雨量较多的高山地区,是寒温性针叶林的重要组成树种;木材结构细密,纹理直,材质轻软,易加工,耐腐力较弱,可供房屋建筑、板材、家具、器具等用<sup>[36]</sup>。寨沟遗址先民将冷杉属用于制作棺木无疑是较好的选择。

车马器出土于后刘家塔M1内,铜軛首和铜衡末饰内的木材均为榆属。榆属30余种,产北半球;我国有25种6变种,遍布全国且以长江流域以北较多。榆属木材坚重,硬度适中,力学强度较高,有光泽,具花纹,韧性强,耐磨



图七 冷杉属横切面、径切面、弦切面



图八 榆属横切面、径切面、弦切



图九 槭属横切面、径切面、弦切面

损，弯挠性能良好<sup>[37]</sup>。这些材质优点使榆属木材成为上等用材，尤其符合部分车马器的选材要求。据目前的发现和研究表明，战国至秦汉时期的高等级墓葬和车马坑中出土的车马器均有取材榆科各属的发现<sup>[38]</sup>。

陕北地区植被类型包括寒温性的常绿或落叶针叶林，温性常绿阔叶林以及各种针阔混交林，孢粉分析也显示4.5~3ka BP间是云杉和冷杉花粉出现的高峰<sup>[39]</sup>。结合孢粉数据以及现代植物分布，冷杉属、榆属、硬木松和槭属等植被都自然分布于该区域内，用材的选择也体现了因材施用的特点。

## 五、结语

通过对陕西清涧后刘家塔长梁墓地内出土人骨、动物骨骼和木材遗存的鉴定与分析，我们得到以下认识：

1. 碳十四测年数据显示，后刘家塔4座墓葬的日历年代较为集中，主要分布在商代晚期。M1年代上限可能进入殷墟二期，或略早于其余三座墓葬；M2、M3和M4年代大概率对应殷墟三、四期，下限不排除进入西周早期的可能。

2. 后刘家塔墓地出土人骨6例，均为成年个体，除M1D1性别不明和M1盗洞为女性外，其余均为男性或疑似男性。根据股骨最大长推算，M3墓室身高在166.21~167.28厘米之间，高于殷墟中小型墓成年男性平均身高。该人群

胫、腓骨骨膜炎、跖趾关节“跪距面”高发，M3墓室人骨生前健康状况不佳。碳氮稳定同位素数据表明，后刘家塔人群日常以粟、黍等C4类为主导并能够摄入较多动物蛋白，符合商周时期高等级贵族的饮食特征。

3. 后刘家塔M4所出马骨均为8~9岁青壮年雄性个体，骨骼形态与现代家马形态较为接近，骨骼尺寸整体处于中国商周时期家马的尺寸范围之内且相对偏大，其饮食结构一定程度上受到人类的干预，骨骼异常和病理现象较少，整体健康状况较好，未长期承担过于繁重的劳役。综合以上信息，M4所出马骨是经过人工饲养和挑选而用于为墓主随葬的马匹，从侧面反映出陕北地区晚商时期高等级人群对优质马匹资源的掌控。

4. 后刘家塔M1和M3棺木用材均为冷杉属，M1随葬车马器中铜軛首和铜衡末饰内木材、M3盗洞所出铜斧内木材均为榆属。结合孢粉数据和现代植物分布，晚商时期陕北地区自然分布有冷杉属、榆属等植被，体现了该人群因材施用的特点。

[1] 陕西省考古研究院,等. 陕西清涧寨沟遗址后刘家塔商代墓葬考古发掘简报[J]. 考古与文物, 2024(2).

[2] van Klinken G J. Bone collagen quality indicators for paleodietry and radiocarbon measurements[J]. Journal of Archaeological Science, 1999(6).

- [3] [https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcalhelp/hlp\\_contents.html](https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcalhelp/hlp_contents.html).
- [4] Reimer P, Austin W, Bard E, et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) [J]. *Radiocarbon*, 2020(4).
- [5] 夏商周断代工程专家组. 夏商周断代工程报告[M]. 北京: 科学出版社, 2022: 196.
- [6] 四川省文物考古研究院, 国家文物局考古研究中心与北京大学考古文博学院联合实验室. 四川广汉三星堆遗址四号祭祀坑的碳十四年代研究[J]. *四川文物*, 2021(2).
- [7] 邵象清. 人体测量手册[M]. 上海: 上海辞书出版社, 1985: 34–56.
- [8] 吴汝康, 吴新智, 张振标. 人体测量方法[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 11–25.
- [9] Trotter M, Gleser G C. A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1958(1).
- [10] 陈世贤. 法医学[M]. 北京: 群众出版社, 1980: 221–227.
- [11] 同[7]: 393–396.
- [12] 原海兵. 殷墟中小墓人骨的综合研究[D]. 长春: 吉林大学, 2010: 52–66.
- [13] Ortner D J. Identification of pathological conditions in human skeletal remains[M]. USA: Academic Press, 2003: 208.
- [14] Waldron T. Paleopathology[M]. New York: Cambridge University Press, 2008: 115–116.
- [15] Larsen C S. Bioarchaeology: interpreting behavior from the human skeleton[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1997: 185–187.
- [16] 王明辉. 前掌大墓地人骨研究报告[C]// 滕州前掌大墓地. 北京: 文物出版社, 2005: 674–727.
- [17] 王明辉, 杨东亚. M54出土人骨的初步鉴定[C]// 安阳殷墟花园庄东地商代墓葬. 北京: 科学出版社, 2007: 281–288.
- [18] 同[12]: 84–89.
- [19] 蒋尚武. 济南刘家庄遗址商周时期居民人口与疾病状况研究[D]. 济南: 山东大学, 2016: 74–79.
- [20] 李钊. 山西长子县西南呈西周墓地人骨研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017: 51–54.
- [21] 侯侃. 山西榆次高校园区先秦墓葬人骨研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017: 258–291.
- [22] Ambrose S H. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1990(4).
- [23] DeNiro M J. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction[J]. *Nature*, 1985(6040).
- [24] Silver I A. The Ageing of Domestic Animals[C]// Brothwell D, Higgs E S. *Science in Archaeology*. London: Thames and Hudson, 1969: 283–302.
- [25] 中国人民解放军兽医大学. 马体解剖图谱[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1979: 212–221.
- [26] 冯登德里施著, 侯彦峰译. 考古遗址出土动物骨骼测量指南[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [27] 刘羽阳. 先秦时期家马研究[D]. 北京: 中国社会科学院研究生院, 2013: 48–51.
- [28] 由于骨骼受到一定程度的扰乱, 导致测量数据无法对应该具体的马匹个体, 下同.
- [29] 同[27]: 171–172.
- [30] 林田重幸, 山内忠平. 馬における骨長より体高の推定法[C]. 鹿児島大学农学部学术报告第6号, 1957: 146–156.
- [31] 同[27]: 171–178.
- [32] a. Posted by Sellnow L. Tendons and ligaments: Anatomy and Physiology[OL]. <https://thehorse.com/130102/tendons-and-ligaments-anatomy-and-physiology>. b. 王洪斌. 家畜外科学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 217–220, 255–257.
- [33] Levine M A, Whitwell K E, Jeffcott L B. Abnormal thoracic vertebrae and the evolution of horse husbandry[J]. *Archaeofauna*, 2005(14).
- [34] a. 同[22]. b. 同[23].
- [35] a. 汪秉全. 陕西木材[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1979. b. 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985. c. 腰希申. 中国主要木材构造[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988. d. 成俊卿, 杨家驹, 刘鹏. 中国木材志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [36] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志(第22卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [37] 同[36].
- [38] 邱振威, 沈慧. 吴山祭祀遗址出土木材鉴定与相关问题[J]. *中国国家博物馆馆刊*, 2023(7).
- [39] 李小强, 周卫建, 安芷生, 等. 沙漠/黄土过渡带13 ka BP以来季风演化的古植被记录[J]. *植物学报*, 2000(8).

(责任编辑 田有前)