

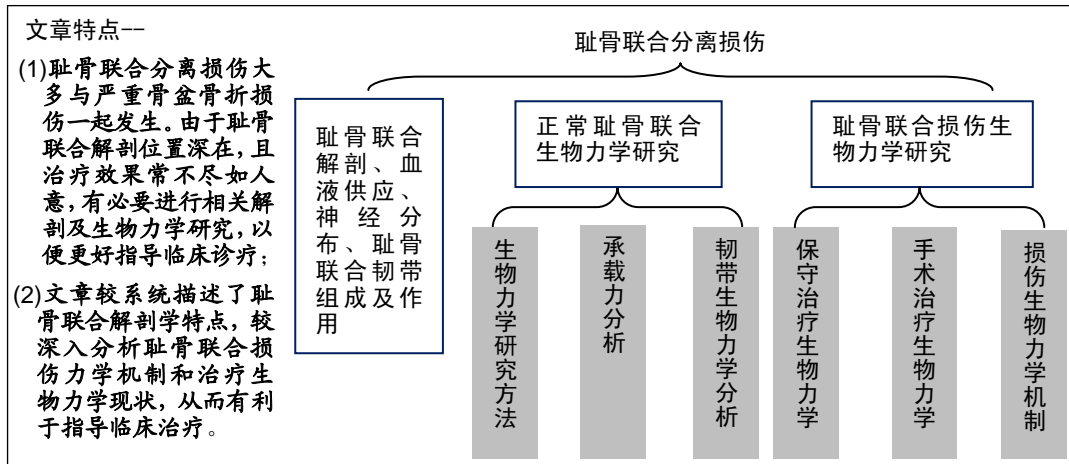
## 耻骨联合区域相关解剖学进展及内固定治疗的生物力学特征

宫玉锁, 周 君, 李盛华, 朱艳国(甘肃省中医院, 甘肃省兰州市 730050)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2802

ORCID: 0000-0001-9019-3392(宫玉锁)

文章快速阅读:



宫玉锁, 男, 1973年生, 河北省人, 汉族, 2003年兰州大学医学院毕业, 硕士, 主任医师。

通讯作者: 周君, 硕士, 主治医师, 甘肃省中医院, 甘肃省兰州市 730050

文献标识码:A

投稿日期: 2020-02-10

送审日期: 2020-02-18

采用日期: 2020-03-25

在线日期: 2020-04-16



文题释义:

**耻骨联合:** 是骨盆两个联结副弓在骨盆前部所汇合之处, 由两侧耻骨内侧面构成, 关节面由透明软骨覆盖, 一较厚的纤维软骨盘连接, 关节的周围有前、后、上、下四韧带。耻骨联合属于微动关节, 参与构成骨盆环, 维持骨盆环稳定。

**耻骨联合分离:** 是指骨盆前方两侧耻骨纤维软骨联合处, 因各种因素出现分离移位, 表现耻骨联合距离增宽或上下脱位。

摘要

**背景:** 耻骨联合分离损伤大多与严重骨盆骨折损伤一起发生。由于耻骨联合解剖位置深在, 且治疗效果常不尽如人意, 有必要进行相关解剖及生物力学研究, 以便更好指导临床诊疗。

**目的:** 总结分析耻骨联合解剖学特点, 生物力学研究现状, 为临床治疗耻骨联合分离提供一定裨益。

**方法:** 在中国知网、维普、PubMed 数据库上以“耻骨联合分离”及“生物力学”作为中文检索词、“separation of pubic symphysis”和“biomechanics”作为英文检索词检索; 检索时间为 1984 年 4 月至 2020 年 2 月。通过标题及摘要选取相关文献, 并阅读参考文献的标题和摘要, 从中再次挑选相关文献, 剔除重复文献。

**结果与结论:** 检索符合条件文献 57 篇, 最终纳入文献 33 篇。①现解剖研究多集中于耻骨联合相关组成结构及周围韧带方面; ②限于耻骨联合位置原因, 未进一步深入研究, 如周围韧带和肌肉起止点的精确分布, 精确的神经和血液分布, 还有待进一步研究; ③对耻骨联合分离生物力学研究较少, 且差异较大, 有待深入研究达成共识; ④伴随有限发展, 生物力学热点多集中在耻骨联合治疗方面; ⑤因重建钢板和空心螺钉力学稳定性优良而做为耻骨联合分离常用固定方式, 而经皮空心螺钉固定因其微创性成为今后发展趋势。

关键词:

内固定; 钢板; 耻骨联合; 解剖; 韧带; 治疗力学; 综述

中图分类号: R447; R604; R364

基金资助:

兰州市科技局人才创新创业项目(2017-RC-58), 项目负责人: 宫玉锁

## Anatomic progress of pubic symphysis and biomechanical characteristics of internal fixation

Gong Yusuo, Zhou Jun, Li Shenghua, Zhu Yanguo (Gansu Provincial Hospital of TCM, Lanzhou 730050, Gansu Province, China)

Gong Yusuo, Master, Chief doctor, Gansu Provincial Hospital of TCM, Lanzhou 730050, Gansu Province, China

Abstract

**BACKGROUND:** The separation injury of pubic symphysis is most commonly associated with severe pelvic fracture injuries. Because the anatomical position of the pubic symphysis is deep, and the curative effect is often unsatisfactory. Anatomical and biomechanical studies are necessary to better guide clinical diagnosis and treatment.

**OBJECTIVE:** To summarize and analyze the anatomical characteristics and biomechanical research status of pubic symphysis, and to provide some benefits for the clinical treatment of pubic symphysis separation.

Corresponding author: Zhou Jun, Master, Attending physician, Gansu Provincial Hospital of TCM, Lanzhou 730050, Gansu Province, China

**METHODS:** The authors retrieved CNKI, VIP, and PubMed with the key words of “separation of pubic symphysis” and “biomechanics” for articles published from April 1984 to February 2020. Relevant literature was selected by title and abstract, and the titles and abstracts of the references were read. The related literatures were selected again and the duplicate literatures were eliminated.

**RESULTS AND CONCLUSION:** There were 57 eligible literatures, and 33 were finally included. (1) The present anatomical study mainly focuses on the structure of pubic symphysis and its adjacent ligaments. (2) Because of the position of pubic symphysis, no further study was carried out. The precise distribution of the starting and ending points of the peripheral ligaments and muscles, and the precise nerve and blood distribution need further study. (3) There have been relatively few studies of pubic symphysis biomechanics, and they vary widely. It needs to be deeply studied and agreed upon. (4) With the development of finite element, the biomechanics focus on the treatment of pubic symphysis. (5) Due to good mechanical stability, the reconstructed plate and the hollow screw are used as common fixation for pubic symphysis separation. However, percutaneous hollow screw fixation has become the trend in the future because of its minimal invasion.

**Key words:** internal fixation; steel plate; pubic symphysis; anatomy; ligament; therapeutic mechanics; review

**Funding:** the Talent Innovation and Entrepreneurship program of Lanzhou Science and Technology Bureau, No. 2017-RC-58 (to GYS)

## 0 引言 Introduction

耻骨联合是骨盆两个联结副弓在骨盆前部汇合之处,是由两侧耻骨内侧面构成,关节面由透明软骨覆盖,其间为一较厚的纤维软骨盘,关节的周围有前、后、上、下四韧带,但均较薄弱,真正具有连接作用的为关节内纤维软骨板(耻骨联合间盘)。耻骨联合属于微动关节,垂直方向位移不超过2 mm,耻骨联合水平旋转不超过 $1.5^{\circ}$ <sup>[1-2]</sup>,耻骨联合参与构成骨盆环,维持骨盆环稳定。耻骨联合分离占骨盆骨折的13%~16%<sup>[3]</sup>,耻骨联合分离损伤常分为2种,一是暴力直接造成耻骨联合分离<sup>[4]</sup>,耻骨联合分离往往>2.5 cm;二是孕妇分娩时,因上升的孕激素和松弛素水平<sup>[5]</sup>,使得骨盆韧带松弛使耻骨联合生理性增宽<sup>[6]</sup>。正常孕妇妊娠期,生理性耻骨联合增宽可达到3~7 mm<sup>[7]</sup>,但黄体素分泌水平过高、产程长、产时用力不正确、过于肥胖等因素作用,常使耻骨联合分离>10 mm。耻骨联合分离临床常表现为耻骨联合处疼痛,有明显压痛,不能下地负重行走,患肢外展及跨步困难,骨盆挤压分离试验阳性,如果处理不当或不及时,大多数情况可能会遗留耻骨联合功能性疼痛或严重影响骨盆生物力学性能。文章以此综述了耻骨联合解剖及生物力学研究进展。

## 1 资料和方法 Data and methods

**1.1 资料来源** 由第一作者在在中国知网、维普数据库、PubMed上以“耻骨联合分离”及“生物力学”作为中文检索词,“separation of pubic symphysis”和“biomechanics”作为英文检索词检索。检索时间:1984年4月至2020年2月。文献共计57篇,最终纳入文献33篇<sup>[1-33]</sup>。

### 1.2 入选标准

**纳入标准:** 与耻骨联合解剖及生物力学相关的文献。

**排除标准:** 重复性研究及与文章内容无关的研究。

**1.3 数据提取** 通过标题及摘要选取相关文献,并阅读参考文献的标题和摘要,从中再次挑选相关文献,剔除重复文献。检索符合条件文献57篇,最终纳入文献33篇<sup>[1-33]</sup>,其中中文4篇,英文29篇。其中3篇文献阐述了耻骨联合有关解剖特点,1篇文献阐述了流行病学,4篇文献揭示了损伤分类,1篇文献讲述了生物力学研究方法,5篇文献阐述了正常耻骨联合承载力分析,2篇文献阐述了耻骨联合分离损伤受力机制,2篇文献讲述了保

守治疗生物力学分析,15篇文献揭示了手术治疗的生物力学分析,见表1。

表1 关于耻骨联合生物力学研究报道的文献

文献	内容
[19]	手术治疗适应证
[20]	骨盆外固定架适应证
[21]	骨盆外固定架生物力学分析
[22-23]	钢丝张力带固定生物力学分析
[24]	钢板内固定生物力学分析
[25]	2孔钢板内固定生物力学分析
[26]	空心螺钉与双钢板固定生物力学比较
[27]	重建钢板与箱式钢板固定生物力学比较
[28-30]	锁定钢板固定生物力学分析
[31]	空心螺钉固定生物力学分析
[32]	内外固定联合运用生物力学分析
[33]	内固定治疗趋势

## 2 结果 Results

**2.1 耻骨联合相关解剖学研究** 耻骨联合相关解剖及生物力学机制具体见图1。

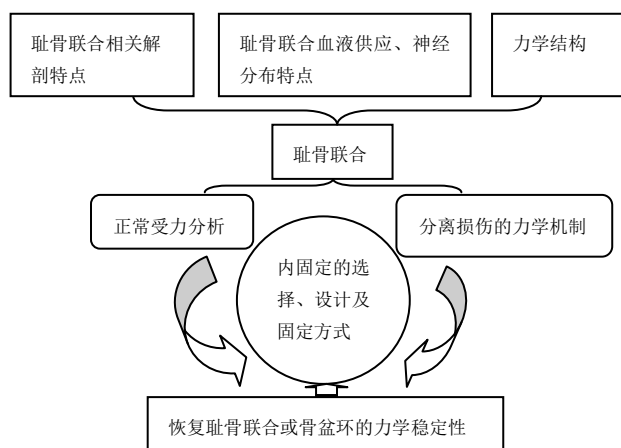


图1 解剖及生物力学机制示意图

**2.1.1 耻骨联合解剖** 耻骨联合是微动关节,垂直方向位移不超过2 mm,耻骨联合水平旋转不超过 $1.5^{\circ}$ 。耻骨联合由两侧耻骨内侧面构成,关节面呈卵圆形,矢状面由前上方向后下方倾斜,两侧耻骨体形态不均匀。耻骨联合面长度为30~35 mm,宽度为10~12 mm<sup>[8]</sup>。关节面由透明软骨覆盖,透明软骨厚度为1~3 mm,随年龄增长不断变薄。正常情况下,耻骨联合间距平均为5 mm(1~6 mm)。分娩时,耻骨联合可轻微分离,增加至3~7 mm,几个月后大多恢复正常。由一较厚的纤

纤维软骨板(耻骨联合间盘)将两侧耻骨联合紧密连接,纤维软骨板上后方为矢状位狭窄椭圆形关节腔,称为耻骨联合腔,约为耻骨间盘高度的1/3和1/2,后部覆盖薄层纤维组织。纤维软骨板(耻骨联合间盘)和椎间盘结构相似。但无髓核。纤维软骨板承受压力、剪切力和张应力。

**2.1.2 耻骨联合的血液供应和神经分布** 耻骨联合的血液供应和神经分布的报道较少。普遍认为耻骨联合血液供应来源于闭孔动脉的耻骨分支和腹壁下动脉的分支。不太确定的血液供应来源于阴部内外侧动脉和旋股内侧动脉。

耻骨联合神经来源于阴部神经、生殖股神经、髂腹下神经、髂腹股沟神经分支。然而关于神经分布类型和哪一个分支供应特定区域的相关研究较少。

**2.1.3 耻骨联合韧带** 耻骨联合周围有4条韧带:①耻骨上韧带:附着于耻骨棘和耻骨结节;②耻骨下韧带:又称弓状韧带,呈弓形的厚纤维束跨过两侧耻骨下支,其稳定性强于耻骨上韧带;③耻骨前韧带:由坚强的纤维交织而成,纤维表面倾斜交叉,并与腹外斜肌和腹直肌的纤维交叉融合;深层纤维横向排列,并与耻骨间盘即纤维软骨板混合;部分纤维与耻骨骨膜相融合,其稳定耻骨联合的能力仅次于纤维软骨板;④耻骨后韧带:极少的薄弱纤维束,连接两侧耻骨后方,经产妇此韧带较厚。上下方分别与耻骨联合上、下韧带融合。这4条韧带将耻骨联合上下前后及耻骨两侧紧密连接,参与维持了骨盆前环结构稳定性。耻骨联合韧带与纤维软骨板共同维持耻骨联合的稳定性。

耻骨联合仍有一些解剖方面不十分清楚:周围肌肉和韧带的精确附着点,特别是后耻骨间韧带,也需要进一步研究;耻骨联合间盘和起始点连接组织的韧带排布;附属的耻骨联合腔结构和功能;形态上潜在的种族差异;精确的神经分布和血液供应。这些影响了人们对耻骨联合形态和功能理解,比如容易忽略且相对常见与怀孕相关的耻骨联合分离疼痛的相关机制还未进一步彻底研究。所以更精准了解耻骨联合相关解剖知识有助于罹患耻骨联合疼痛和功能不良患者的治疗。

**2.2 耻骨联合生物力学研究方法** 目前对耻骨联合生物力学研究方法包括传统实验力学测试和计算生物力学实验。现分述如下:

早期对耻骨联合损伤多采用实验力学的方法,首先建立耻骨联合损伤相关模型,然后通过实验力学方法,包括电阻应变测定法、表面涂层法、光弹法等将模型进行力学加载试验,模拟不同受力情况进行相关力学测试。取得了一些简单的力学试验数据,如位移、压应力、拉应力、剪切力及扭转力等损伤情况数据。但是标本来源及个体差异、模型制作复杂、使用次数有限、重复性一般及测试人员操作水平等,容易造成样本量不足和力学试验过于简化,导致试验结果偏差<sup>[9]</sup>。

近年来,随着计算机技术不断进步,研究人员多使用计算生物力学实验方法进行复杂骨骼相关研究,它以

传统力学理论为基础,通过计算机构建三维模型,应用数值分析手段如有限单元分析法等,用数学公式来分析骨骼结构形状、材料特性及载荷等参数。在计算机中模拟受到不同冲击载荷作用情况,来研究骨骼不同受力情况下生物力学变化及应力分布情况。可在一定程度上解释骨折的损伤机制。

而有限元法由于构建的模型更加精准,分析结果更加符合实际受力情况,可重复性强。已逐渐成为计算生物力学常用的研究方法之一。有限元分析法把测试对象切割成若干结构及性能明确的小单位进行测试,通过计算机软件计算模拟不同情况下受力情况,而使模型贴近实体,分析结果更为准确。骨盆几何形状不规则性和组成物质非均匀性以及用活体做力学实验的不可能性,与有限元特点契合,使得有限元分析成为骨盆生物力学研究的主要工具。

耻骨联合及其相关的有限元研究热点多集中在模拟交通事故和高处坠落损伤,构建耻骨联合三维有限元模型,通过计算机软件加载冲击载荷,模拟交通事故或高处坠落伤时受伤情况,分析应力分布及骨折移位情况。

### 2.3 耻骨联合生物力学研究

**2.3.1 耻骨联合承载力分析** 人体体位改变会引起重力载荷作用部位与方式的改变,以及相应功能结构应力分布与传导变化。日常活动中,耻骨联合易承受各种各样的应力。当人体双足站立位时,耻骨上下支和耻骨联合均受到张应力作用,张应力通过两侧耻骨上支传导到耻骨联合,在耻骨联合处缓冲抵消<sup>[10]</sup>,耻骨联合限制骨盆外旋。但MEISSNER等<sup>[11]</sup>认为在双足静止站立位时,耻骨联合上方收到压应力作用,下方收到张应力作用。坐位时,如果坐骨结节间距相较两侧髌髌关节压力中心间距小,则耻骨联合处承受压应力,反之耻骨联合承受张应力,张应力通过坐骨支、耻骨下支传至耻骨联合处抵消。仰卧位时,张应力作用于耻骨联合。侧卧位时,骨盆和上侧下肢重力的挤压作用,耻骨联合受到压应力作用。单足站立位时,负重侧耻骨支相对不动,而对侧因重力有向下移动趋势,此时耻骨联合所承受的力为剪应力和压应力<sup>[12]</sup>。

**2.3.2 耻骨联合韧带生物力学分析** 耻骨联合韧带参与维持骨盆前环稳定性,稳定耻骨和耻骨联合。成年男性耻骨联合韧带可承受超过235 kg的质量,其承受张应力更大,可达270 kg。SIMONIAN等<sup>[13]</sup>和张少群等<sup>[14]</sup>相关力学试验证实,在400 N负载下,完整骨盆耻骨联合裂缝状移位为(0.039±0.012)mm。切断耻骨联合后,耻骨联合裂缝状移位为(1.314±0.116)mm。提示耻骨联合裂缝状移位增大。切断髌髌关节前韧带、骨间韧带后,耻骨联合裂缝状移位为(1.326±0.129)mm,耻骨联合无明显增大。切断髌髌韧带及髌结节韧带,耻骨联合裂缝状移位为(1.352±0.132)mm,耻骨联合无明显增大。证明耻骨联合韧带对耻骨联合有稳定作用,髌髌关节前韧带、骨间韧带、髌髌韧带及髌结节韧带对耻骨联合的稳定性不产生明显影响。

**2.4 耻骨联合损伤的生物力学机制** 由于耻骨联合起连接承载作用, 多与骨盆其他部位同时受外力作用。常见于以下几种受力机制:

**2.4.1 前后挤压** 如患者被前后夹挤于车内, 将造成耻骨和髌骨联合骨折, 其损伤包括一侧耻骨上下支骨折合并同侧髌髌关节脱位或髌骨骨折; 耻骨联合分离合并一侧髌髌关节脱位或髌骨骨折。常使骨盆环向两侧分离移位, 形成开书样损伤<sup>[15]</sup>。

**2.4.2 侧方挤压** 侧方暴力常直接作用在髌嵴上, 首先造成耻骨联合嵌插或耻骨上、下支骨折。应力持续, 髌骨翼向内旋转, 形成压缩型骨折, 即闭书样损伤<sup>[16]</sup>。

**2.4.3 垂直剪切力** 暴力沿身体纵轴传导, 可通过股骨、髌白向髌髌关节周围传递或由髌髌关节自上而下传递。造成耻骨联合分离、耻骨支骨折, 髌骨、髌骨骨折或髌髌关节分离。

**2.4.4 复合应力** 多种暴力协同作用导致耻骨联合损伤, 其受伤机制较为复杂。骨折部位及移位程度由外力方向、大小体位以及骨质强弱等决定。

## 2.5 耻骨联合分离损伤治疗的生物力学研究

**2.5.1 保守治疗生物力学** 临床上耻骨联合分离 < 2.5 cm, 髌髌前韧带和髌棘韧带完整, 骨盆旋转稳定, 无并发症时以保守治疗为首选<sup>[17]</sup>。包括中医正骨手法复位、物理电疗、针灸、骨牵引、骨盆悬吊牵引及石膏固定等<sup>[18]</sup>。中医正骨手法历史悠久, 正如《医宗金鉴·正骨心法要旨》说: “夫手法者, 谓以两手安置所伤之筋骨, 使仍复于旧也。” 其具有操作方便、疗效快及疗程短等优点, 充分体现了中医治疗优势。但生物力学研究由于手法所施加的力大小和方向没有明确统一数值, 而且患者个体差异, 故还未形成相关标准治疗指南, 而且该方法需手法经验丰富医师才能完成, 还未进行其它保守治疗生物力学研究。

**2.5.2 手术治疗生物力学** 目前公认的复位固定的标准是耻骨联合水平分离  $\geq 2.5$  cm, 此时会出现髌棘韧带或髌髌关节前韧带断裂, 骨盆处于旋转不稳定, 骨盆环完整性破坏, 需行手术治疗<sup>[19]</sup>。

(1) 骨盆外固定架: 外固定架多用于急救骨盆骨折伴有失血性休克患者<sup>[20]</sup>, 能迅速减小骨盆容量, 减少断端出血, 使骨折脱位得到初步稳定。便于搬动及护理。多采用骨盆前环外固定架固定, 以髌髌后韧带复合体作为骨盆张力带或合页形成向内翻转作用, 控制骨盆外旋, 恢复骨盆稳定性。PONSEN等<sup>[21]</sup>对不同骨盆外固定架进行生物力学比较研究, 发现骨盆外固定架固定强度较差。对于Tile C型骨盆骨折, 单独使用外固定架均不能提供足够的力学稳定性, 将外固定架联合1枚或2枚重建钢板固定, 才能提供较为良好的力学稳定性。所以目前认为外固定架可作为骨盆骨折内固定时辅助骨盆前环固定。

(2) 钢丝张力带固定: 钢丝张力带固定是过去主要内固定方式<sup>[22]</sup>。耻骨联合处为松质骨, 钢丝张力带环扎对耻骨联合局部骨质造成剪切损伤或发生钢丝断裂<sup>[23]</sup>。且

钢丝张力带未能提供足够的力学稳定性, 因此该方法已逐渐被其他内固定方式取代。

(3) 钢板内固定: 是较为普遍采用的标准固定方式<sup>[24]</sup>。目前临床上用于治疗耻骨联合分离的钢板螺钉系统较多, 如2孔、多孔单重建钢板、双钢板及箱式钢板、锁定钢板等, 但最佳固定方式仍存在争议。有学者研究2孔钢板固定耻骨联合<sup>[25]</sup>, 骨盆稳定程度可达完整骨盆的60%。FENG等<sup>[26]</sup>有限元分析了3种不同载荷条件下的生物力学特征, 发现空心螺钉与双钢板固定稳定性更高。SIMONIAN等<sup>[27]</sup>采用2孔重建钢板、4孔重建钢板及箱式钢板治疗耻骨联合分离, 发现箱式钢板固定效果优于2孔及4孔重建钢板, 其稳定性几乎可达到正常耻骨联合的力学强度。双钢板固定可以控制垂直和前后方向位移, 能较好地固定耻骨联合, 增强了耻骨联合三维空间固定效果。采用锁定钢板系统固定耻骨联合分离, 通过钢板与螺钉的角稳定性可中和骨折张力侧的张力, 有效防止螺钉钢板断裂、松动<sup>[28-29]</sup>。但PRASARN等<sup>[30]</sup>经生物力学试验发现, 锁定钢板治疗耻骨联合分离相较重建钢板, 生物力学优势不明显。采用不同方式固定骨盆骨折模型, 耻骨联合均会产生轻度复位丢失。

现多使用重建钢板固定治疗耻骨联合分离。相较普通钢板而言, 重建钢板可根据情况任意剪裁长短及折弯, 有一定弹性及柔韧性应力, 不易断钉, 加强了骨盆前环稳定性。

(4) 空心螺钉内固定: 空心螺钉固定属于中心性固定, 可对耻骨联合产生压应力, 对抗耻骨联合分离趋势。余可和等<sup>[31]</sup>应用空心螺钉和重建钢板在尸体标本上对比发现使用钢板修复耻骨联合分离的整体最大应力为180.8 MPa, 使用空心钉修复的整体最大应力为12.8 MPa, 可以看出使用空心钉修复后整体应力分布比钢板修复要更加均匀。通过应力测试, 空心螺钉固定后, 空心螺钉内部应力分布均衡。耻骨联合反复长期向两侧分离趋势可能导致钉板接触部位应力集中断钉。鉴于单枚空心拉力螺钉固定力学稳定性不足, 采用2枚空心螺钉交叉固定耻骨联合分离, 固定强度与完整骨盆大致相当, 疗效满意。

现多采用2枚空心螺钉固定耻骨联合分离, 以获得良好的生物力学稳定性。但是长期的相关疗效的生物力学也有待深入。

(5) 内外固定联合运用: PARK等<sup>[32]</sup>运用钢板螺钉联合钢丝张力带固定, 认为提供额外的固定效果, 延迟内固定失败时间, 但仍缺乏大样本研究以及进一步生物力学验证。

目前对耻骨联合分离应用且研究较多的为重建钢板和空心螺钉固定。大多数学者研究发现重建钢板和空心螺钉固定治疗耻骨联合分离, 两者生物力学稳定性不具有显著性差异。经皮空心螺钉由于其微创性、固定优良等特点, 临床报道也较多, 逐渐为广大临床医生所认可, 成为治疗耻骨联合分离的一种趋势。

### 3 讨论 Discussion

目前国内外耻骨联合的解剖研究,限于耻骨联合位置原因,未进一步深入研究。比如周围韧带和肌肉起止点的精确分布,精确的神经和血液分布,还有待进一步研究,才能更深入地了解耻骨联合相关结构和功能,从而为罹患耻骨联合相关病症的治疗提供一定的指导意义。对耻骨联合分离生物力学研究较少,且差异较大,有待深入研究达成共识。治疗方法尚无统一标准,目前内固定多以钢板螺钉系统为主,随着内固定材料和计算机软件技术的发展,经皮空心螺钉内固定治疗是发展趋势<sup>[33]</sup>。

文章利用数据资料阐述了耻骨联合较为详细的解剖组成,特别是血管、神经分布、耻骨联合韧带起止点分布进行了较为详细的描述,从而对耻骨联合相关生物力学研究奠定了一定的解剖基础。从生物力学角度阐述了耻骨联合正常生理状态下受力分布及损伤机制,相关生物力学研究有助于分析损伤机制,指导临床治疗,指导内固定物的选择、设计、固定顺序及固定方式,从而重建耻骨联合及其骨盆环的生物力学稳定性。限于生物力学文献比较多,特别是治疗生物力学文献较多,但是解剖及损伤机制力学分析文献较少,在此后研究中有待加强。

**作者贡献:** 宫玉锁及周君构思并设计本综述。资料收集为周君及朱艳国。资料分析及整理数据者为李盛华。文章撰写者为宫玉锁及周君。

**经费支持:** 该文章接受了“兰州市科技局人才创新创业项目(2017-RC-58)”的资助。所有作者声明,经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

**利益冲突:** 文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程不存在利益冲突。

**写作指南:** 该研究遵守《系统综述和荟萃分析报告规范》(PRISMA指南)。

**文章查重:** 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

**文章外审:** 文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

**文章版权:** 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

**开放获取声明:** 这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

### 4 参考文献 References

- [1] WALHEIM G, LERUD S, IBBE T. mobility of the pubic symphysis. Measurements by an electromechanical method. *Acta Orthop Scand*. 1984;55(2):203-208.
- [2] GARRAS DN, CAROTHERS JT, OLSON SA. Single-leg-stance (flamingo) radiographs to assess pelvic instability: how much motion is normal? *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(10):2114-2118.
- [3] AGGARWAL S, BALI K, KRISHNAN V, et al. Management outcomes in pubic diastasis:our experience with 19 patients. *J Orthop Surg Res*. 2011;(6):21.
- [4] PUTNIS SE, PEARCE R, WALI UJ, et al. Open reduction and internal fixation of a traumatic diastasis of the pubic symphysis: one-year radiological and functional outcomes. *J Bone Joint Surg Br*. 2011; 3(1):78-84.
- [5] WANG W, HAYAMI T, KAPILA S. Female hormone receptors are differentially expressed in mouse fibrocartilages. *Osteoarthritis Cartilage*. 2009;17(5):646-654.
- [6] PIRES R, LABRONICI PJ, GIORDANO V, et al. Intrapartum pubic symphysis Disruption. *Ann Med Health Sci Res*. 2015;5(6):476.
- [7] BAHLMANN F, MERZ E, MACCHIHELLA D, et al. Ultrasound imaging of the symphysis fissure for evaluating damage to the symphysis in pregnancy and postpartum. *Z Geburtshilfe Perinatol*. 1993;197(1):27-30.
- [8] BECKER I, WOODLEY SJ, STRINGER MD. The adult human pubic symphysis: a systematic review. *J Anat*. 2010;217(5):475-487.
- [9] GARCIA JM, DOBLARE M, SERAL B, et al. Three-dimensional finite element analysis of several internal and external pelvis fixations. *J Biomech Eng*. 2000;122(5):516-522.
- [10] KIAPOUR A, JOUKAR A, ELGAFY H, et al. Biomechanics of the sacroiliac joint: anatomy, function, biomechanics, sexual dimorphism, and causes of pain. *Int J Spine Surg*. 2020;14(Suppl 1):3-13.
- [11] MEISSNER A, FELL M, WILK R, et al. Biomechanics of the pubic symphysis.Which forces lead to mobility of the symphysis in physiological conditions? *Unfallchirurg*. 1996;99(6):415-421.
- [12] STEINITZ D, GUY P, PASSARIELLO A, et al. All superior pubic ramus fractures are not created equal. *Can J Surg*. 2004;47(6):422-425.
- [13] SIMONIAN PT, ROUTH ML JR, HARRINGTON RM, et al. The acetabular T-type fracture. A biomechanical evaluation of internal fixation. *Clin Orthop Relat Res*. 1995;(314):234-240.
- [14] 张少群,任茹霞,陈奕历,等.骶髂关节周围各韧带对骶髂关节稳定性的影响[J].*医用生物力学*,2019,34(5):500-506.
- [15] HEFZY MS, EBRAHEIM N, MEKHAILA, et al. Kinematics of the human pelvis following open book injury. *Med Eng Phys*. 2003;25(4):259-274.
- [16] LI Z, KIM JE, DAVIDSON JS, et al. Biomechanical response of the pubic symphysis in lateral pelvic impacts:a finite element study. *J Biomech*. 2007;40 (12):2758-2766.
- [17] EE CC, MANHEIMER E, PIROTTA MV, et al. Acupuncture for pelvic and back pain in pregnancy: a systematic review. *Am J Obstet Gynecol*. 2008;198(3):254-259.
- [18] TILE M. Acute pelvic fractures:I. causation and classification. *J Am Acad Orthop Surg*. 1996;4(3):143-151.
- [19] MU WD, WANG H, ZHOU DS, et al. Computer navigated percutaneous screw fixation for traumatic pubic symphysis diastasis of unstable pelvic ring injuries. *Chin Med J (Engl)*. 2009;122(14):1699-1703.
- [20] SCAGLIONE M, PARCHI P, DIGRANDI G, et al. External fixation in pelvic fractures. *Musculoskeletal Surg*. 2010;94(2):63-70.
- [21] PONSEN K, JOOSSE P, VAN DIJKE GA, et al. External fixation of the pelvic ring:an experimental study on the role of pin diameter, pin position,and parasymphyseal fxator pins.*Acta Orthop*. 2007;78(5): 648-653.
- [22] VARGA E, HEARN T, POWELL J, et al. Effects of method of internal fixation of symphyseal disruptions on stability of the pelvic ring.*Injury*. 1995;26(2):75-80.
- [23] STUART PR, TALBOT D, MILNE DD. Internal fixation of pubic symphysis diastasis with a tension banding technique. *Injury*. 1990;21(4):223-224.
- [24] CANO LP, GIRALDEZ SANCHEZ MA, MARTNEZ RJ, et al. Biomechanical analysis of a new minimally invasive system for osteosynthesis of pubis symphysis disruption.*Injury*. 2012;43:20-27.
- [25] SAGI HC, PAPP S. Comparative radiographic and clinical outcome of two-hole and multi-hole symphyseal plating. *J Orthop Trauma*. 2008; 22(6):373-378.
- [26] FENG Y, YU H, QIAN H, et al. Comparison of biomechanical characteristics and pelvic ring stability vusing different fixation methods to treat pubic symphysis diastasis: a finite element study. *Medicine*. 2015;94(49):2207.
- [27] SIMONIAN PT, ROUTH ML, HARRINGTON RM, et al. Box plate fixation of the symphysis pubis: biomechanical evaluation of a new technique. *J Orthop Trauma*. 1994;8(6):483-489.
- [28] LUJAN TJ, HENDERSON CE, MADEY SM, et al. Locked plating of distal femur fractures leads to inconsistent and asymmetric callus formation. *J Orthop Trauma*. 2010;24(3):156-162.
- [29] 简争光,许运,史勇,等.锁定钢板固定修复侧方压缩旋转不稳骨盆环损伤:骨盆稳定性重建[J].*中国组织工程研究*,2015,19(48):7776-7783.
- [30] PRASARN ML, ZYCH G, GASKI G. Biomechanical study of 4-hole pubic symphyseal plating: locked versus unlocked constructs. *Orthopedics*. 2012;35(7):1028-1032.
- [31] 余可和.骨盆前环解剖研究及前环损伤空心螺钉与重建钢板治疗的有限元分析[D].济南:山东大学.2015:38.
- [32] PARK M, YOON S, CHOI S, et al. Is there a clinical benefit of additional tension band wiring in plate fixation of the symphysis? *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2017;18(1):40.
- [33] 马坤龙,朱磊,方跃.耻骨联合分离的治疗进展[J].*中国修复重建外科杂志*, 2014,28(2):250-254.