

# 髌臼四边体损伤的治疗进展

肖靖炜<sup>1</sup>, 李明<sup>2</sup>, 王滇<sup>1</sup>, 郭晓东<sup>3</sup>, 侯志勇<sup>4</sup>

(1. 宁波大学医学部, 浙江 宁波 315211; 2. 宁波大学医学部附属宁波市第六医院创伤骨科, 浙江 宁波 315040; 3. 华中科技大学同济医学院附属协和医院骨科, 湖北 武汉 430022; 4. 河北医科大学第三医院创伤急救中心, 河北石家庄 050051)

**【摘要】** 髌臼四边体损伤是近年创伤骨科领域和盆底功能研究的热点和焦点, 尽管有 5 种骨折分型, 但均以骨折形态为唯一依据, 未考虑韧带、关节囊和肌肉的牵拉力量, 完善的分型需三维空间立体化描述骨块移位, 以更好地指导复位和固定。7 种切开显露方法仍是传统的肉眼直视下手术, 如何保护纵横交错的血管神经网络和盆腔器官仍是焦点。四边体缺损造成人工髌关节脱位, 定量评估四边体缺损体积和翻修技术仍是热点。本文提出髌臼骨盆血管解剖学三维网络结构, 解剖学手术靶点通道和髌臼骨折复位固定锚钉点的观点, 为精准、微创手术操作设计新的技术, 以期实现骨科快速康复的要求。

**【关键词】** 髌臼; 四边体; 解剖学; 手术入路; 内固定

中图分类号: R683.3

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20230822

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Progress on treatment of acetabular quadrilateral plate injury

XIAO Jing-wei<sup>1</sup>, LI Ming<sup>2</sup>, WANG Dian<sup>1</sup>, GUO Xiao-dong<sup>3</sup>, HOU Zhi-yong<sup>4</sup> (1. Health Science Center, Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang, China; 2. Department of Orthopaedic Trauma, Ningbo No.6 Hospital Affiliated to Ningbo University Health Science Center, Ningbo 315040, Zhejiang, China; 3. Department of Orthopaedics, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, Hubei, China; 4. Trauma Emergency Center, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, Hebei, China)

**ABSTRACT** Acetabular quadrilateral plate injury has become a hot spot and focus in the field of orthopaedic trauma and pelvic floor function in recent years. Although there are five fracture types, they are all based on fracture morphology, without considering the pulling force of ligaments, joint capsular and muscles. A perfect classification needs to describe the displacement of bone mass in three-dimensional space to better guide reduction and fixation. The seven incision and exposure methods are still the traditional open-eye surgery, and how to protect the criss-crossing vascular neural network and pelvic organs is still the focus. Quadrilateral defect causes dislocation of artificial hip joint, and quantitative evaluation of quadrilateral defect volume and revision techniques are still a hot topic. In this paper, the viewpoints of three-dimensional network structure of acetabular pelvic vascular anatomy, anatomical surgical target channel and fixation anchor point of acetabular fracture reduction are proposed to design new techniques for accurate and minimally invasive surgical operations, in order to realize the requirements of rapid orthopedic rehabilitation.

**KEYWORDS** Acetabulum; Quadrilateral plate; Anatomy; Surgical approach; Internal fixation

四边体是髌臼“柱”的附属结构, 主要维持盆底功能, 此处也是孕育生命之所在, 稳定和保护的生理功能, 四边体维持髌臼关节腔的密闭完整和稳定。人工髌关节置换翻修术中, 由于四边体缺损造成人工关节脱位, 对四边体骨结构缺损的处理

是难点; 女性盆底功能紊乱与四边体软组织解剖结构关系密切。上述涉及四边体的损伤均提示创伤骨科医生应重视四边体骨折的治疗。77.18%的髌臼骨折会累及四边体<sup>[1]</sup>。70 岁以上的老龄患者更易出现四边体骨折<sup>[2]</sup>。骨质疏松患者因骨骼松脆更难以实现解剖复位和坚强固定, 其显露、复位和固定技术一直是创伤骨科的难点<sup>[3]</sup>。1964 年, JUDET 等<sup>[4]</sup>提出四边体(quadrilateral surface)概念, 由耻骨上支根部和髌臼后柱内侧面组成的髌臼内侧面, 即前后柱交会处, 形似四边形。1974 年, JUDET 等<sup>[5]</sup>将此结构改称“Plate”。2003 年 TILE 等<sup>[6]</sup>将其称作髌臼

基金项目: 浙江省医药卫生科技计划项目(编号: 2018PY059); 宁波市重大科技攻关项目(编号: 20211ZDYF020208)

Fund program: Medical and Health Science and Technology Program of Zhejiang Province(No.2018PY059)

通讯作者: 李明 E-mail: David\_abc123@163.com

Corresponding author: LI Ming E-mail: David\_abc123@163.com

第三柱。文献命名有 quadrilateral surface/quadrilateral plate (QLP)/quadrilateral area<sup>[7]</sup>。2023 年《髋臼四边形骨折临床诊疗指南 (2023)》<sup>[8]</sup> 统一了四边形 (quadrilateral plate) 的中英文名称。

### 1 解剖学特点

#### 1.1 骨结构特点

髋关节是人体“承上启下枢纽性中转站”的生物力学中心。四边形是组成真骨盆(小骨盆)的重要结构,而非二维平面<sup>[9]</sup>。三维透视图(图 1a)示四边形边界包括上缘弓状线、下缘坐骨棘平面,前缘是闭孔后缘,后缘是坐骨大切迹至坐骨棘,内外侧均呈四边形形状。包括髋臼及其前后壁,髌耻结节、耻骨梳、坐骨棘、坐骨大切迹。四边形内侧阻挡股骨头进入盆腔,使股骨头压力均匀地分布于髋臼负重面。

#### 1.2 软组织结构特点

软组织结构非常复杂。髋臼骨盆容纳了生殖系统、泌尿系统和消化系统终端,女性在此孕育胎儿,稳定和保护是其最重要的功能。因下腹部、臀部和骶尾部肥厚的肌肉包绕,还有丰富的血管、神经和淋巴管网络遮挡(图 1b-1c),导致显露困难,操作空间狭小,复位和内固定更加困难<sup>[10]</sup>。血供密切的血管有 6 条,毗邻神经 15 条,内侧有 11 种盆腔脏器,手术易误伤毗邻的神经血管和盆腔内脏。四边形游离的

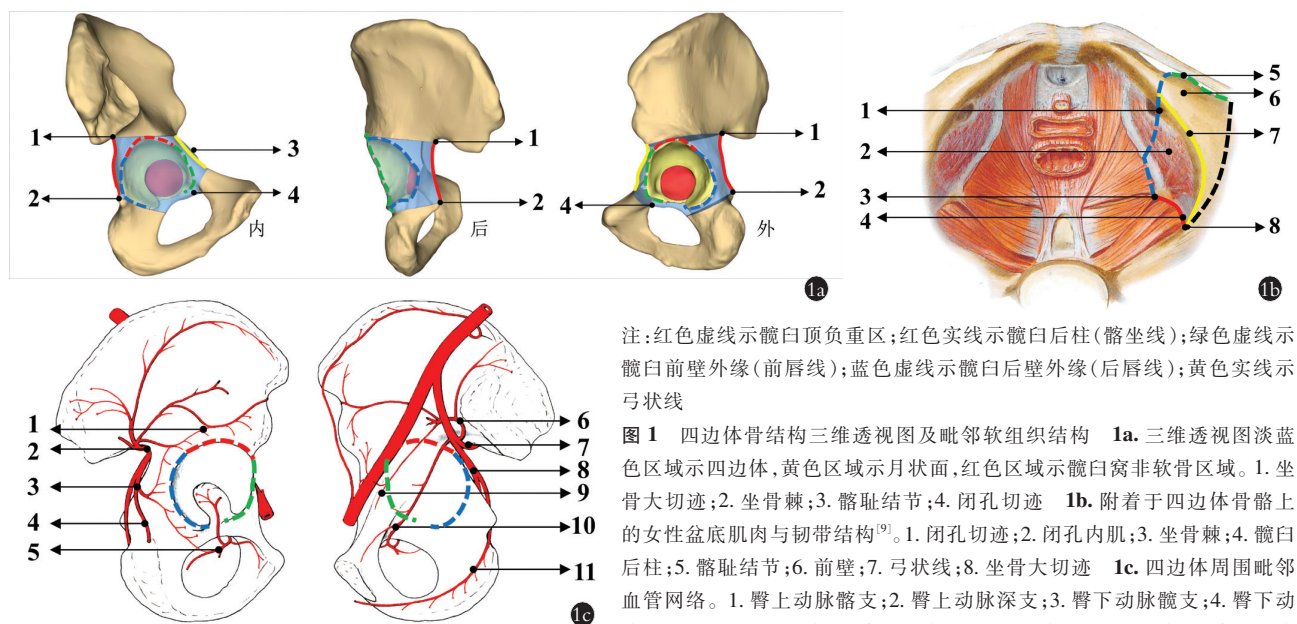
碎骨片可能刺伤盆腔脏器或毗邻的重要血管<sup>[11]</sup>。

### 2 四边形对盆底的稳定作用

四边形作为盆底软组织支持结构的骨性附着点,可帮助盆底维持膀胱、尿道、前列腺、子宫、阴道和直肠等盆腔脏器处于正常位置(图 1b)。盆底支持结构包括盆底肌肉和盆底结缔组织,退化或损伤引发盆底功能障碍性疾病 (pelvic floor dysfunction, PFD),如盆腔器官脱垂、二便失禁、性功能障碍、盆腔痛等。以肛提肌为例,起自耻骨后面与坐骨棘之间的肛提肌腱弓,正处于受损四边形内侧。受损后支持功能受到影响可能出现盆腔脏器脱垂;括约功能受损可能出现大小便失禁或排尿、排便困难;性功能上可能出现女性阴道痉挛、阴道轻度感觉丧失等。四边形附着的肌肉、韧带或筋膜因先天发育不良、骨折或手术切断等,也可造成盆底支持结构的完整性和稳定性损伤,盆腔脏器位置异常导致生理功能障碍,盆底功能障碍性疾病也会随之发生<sup>[12]</sup>。

### 3 四边形 X 线平片的形态表现

髌骨正位 X 线片<sup>[1]</sup>(图 2a)示四边形向上延伸至髌前下棘,向下延伸至泪滴下端,外侧边界为后唇线,内侧以髌耻线为界,可见三角形坐骨棘指向盆腔。髌骨斜位 X 线片<sup>[1]</sup>(图 2b)示上下界不变,外侧边界变为前唇线,整体位于髌坐线前面。如果前唇线、



注:红色虚线示髋臼顶负重区;红色实线示髋臼后柱(髌坐线);绿色虚线示髋臼前壁外缘(前唇线);蓝色虚线示髋臼后壁外缘(后唇线);黄色实线示弓状线

图 1 四边形骨结构三维透视图及毗邻软组织结构 1a. 三维透视图淡蓝色区域示四边形,黄色区域示月状面,红色区域示髋臼窝非软骨区域。1. 坐骨大切迹;2. 坐骨棘;3. 髌耻结节;4. 闭孔切迹 1b. 附着于四边形骨骼上的女性盆底肌肉与韧带结构<sup>[9]</sup>。1. 闭孔切迹;2. 闭孔内肌;3. 坐骨棘;4. 髋臼后柱;5. 髌耻结节;6. 前壁;7. 弓状线;8. 坐骨大切迹 1c. 四边形周围毗邻血管网络。1. 臀上动脉髌支;2. 臀上动脉深支;3. 臀下动脉髌支;4. 臀下动脉坐骨支;5. 闭孔动脉;6. 髌腰动脉;7. 臀上动脉;8. 臀下动脉;9. 髌腰动脉

下支;10. 闭孔动脉;11. 阴部内动脉

Fig.1 Three-dimensional perspective view of quadrilateral plate bone structure and surrounding soft tissue structure 1a. Three-dimensional perspective view The light blue area showed quadrilateral plate, the yellow area showed lunatic surface, and the red area showed noncartilaginous area of acetabular fossa joint 1. Greater ischial notch, 2. Ischial spine, 3. Iliopubic tubercle, 4. Obturator notch 1b. Female pelvic floor muscles and ligaments attached to the bones of tetrahedron <sup>[9]</sup> 1. Obturator notch; 2. Obturator internal muscle; 3. Ischial spine; 4. Posterior column; 5. Iliopubic tuberosity; 6. Anterior wall; 7. Arcuate line; 8. Greater sciatic notch 1c. Vascular network adjacent to quadrilateral plate 1. Superior gluteal artery iliac branch; 2. Superior gluteal artery deep branch; 3. Inferior gluteal artery hip branch; 4. Inferior gluteal artery sciatic branch; 5. Obturator artery; 6. Iliolumbar artery; 7. Superior gluteal artery; 8. Inferior gluteal artery; 9. Inferior iliolumbar artery; 10. Obturator artery; 11. Internal pudendal artery



注:1.白顶线;2.髌白前壁外缘(前唇线);3.髌白后壁外缘(后唇线);4.髌耻线;5.坐骨棘;6.髌坐线;7.泪滴

图 2 四边体(蓝色区域)髌骨 X 线片<sup>[11]</sup> 2a. 正位 X 线片 2b. 斜位 X 线片

Fig.2 X-rays of quadrilateral palate (blue area)<sup>[11]</sup> 2a. Anteroposterior film 2b. Iliac oblique film

后唇线、髌耻线及髌坐线的连续性中断,通过 X 线片可初步判断骨折涉及前壁、后壁、前柱及后柱,并进一步进行骨折分型。其中髌坐线是骨盆正位 X 线片密度最高的标志线,与四边体内侧面相切,正位 X 线片判断后柱骨折是否存在,斜位 X 线片可进一步观察骨折线走向,判断是否涉及后柱。白顶线判断白顶负重区是否受累,通过测量 Matta 顶弧角以评估白顶的完整性,及骨折是否危及关节稳定性和有效载荷面。正位 X 线片除了初步判断前后壁及前后柱骨折外,还能直观地反映四边体骨块是否向盆腔移位;髌骨斜位 X 线片用于评估前壁和后柱骨折。但 X 线片不能准确反映四边体骨折线的走行和粉碎程度,且漏诊率高,故所有的骨盆髌白骨折无论是否涉及四边体,都必须结合三维 CT 明确骨折线走向和碎骨块移位的细节。

#### 4 骨折分型

《髌白四边体骨折临床诊疗指南(2023)》<sup>[8]</sup>对四边体骨折定义为四边体与前后柱部分或完全分离的髌白骨折,即存在使四边体与前后柱分离的骨折线,方可诊断为四边体骨折。除了单纯前、后壁骨折,所有骨折类型均可累及四边体。但经典的 Letournel-Judet 分型未将四边体骨折纳入其分类。目前四边体骨折分型可归纳如下:(1)2015 年唐佩福团队<sup>[13]</sup>首次提出四边体骨折的 3 种基本类型。分为:①四边体与柱相连,可通过柱进行复位固定。②四边体向内侧漂浮。③四边体粉碎。该分型虽简略,但列举了四边体骨折分型的几大要素,即与柱的关系、骨折移位方向及粉碎程度,为后续各种新分型提供了思路。(2)Amir Herman 分型。2018 年 HERMAN 等<sup>[14]</sup>回顾性分析 229 例髌白骨折患者,以骨折移位的 3 种矢量方向(后向、内上向、多方向)为主要分类依据,按 6 个解剖标志点的骨折(前后壁、骨盆缘、髌骨翼、四边体、坐骨)进行亚型细分,首次将四边体骨折纳入

分型,但病例数较少,临床实用性不足,存在局限性。(3)四边体骨折 CUH 分型。2018 年, EINAHAL 等<sup>[11]</sup>根据四边体骨折粉碎程度及与前后柱关系分为:QLP1 型不完全分离的简单骨折;QLP2 型不完全分离的粉碎性骨折;QLP3 型完全分离的粉碎性骨折;QLP4 型完全分离的简单骨折。其分型也存在实用性不足。(4)三柱分型。2019 年侯志勇团队<sup>[15]</sup>提出,将组成髌白的髌骨、坐骨和耻骨分别定义为髌白的顶柱、后柱和前柱,根据三柱理论将髌白骨折分为单柱、两柱、三柱骨折。三柱分型并非针对四边体骨折的分型,除 A1.1 型前壁骨折、A2.1 型后壁骨折和 A3.1 型顶壁骨折外,其他类型的髌白骨折均可累及四边体,相较于经典的 Letournel-Judet 分型更易于理解,但未将四边体骨折系统化分类。(5)四边体骨折线的形态地图。YANG 等<sup>[16]</sup>通过对 6 条基本骨折线进行分析,发现了骨折类型的不同概率,但对于手术复位和固定的实用性不强。(6)四边体骨折 APQ 分型。2023 年郭晓东团队提出,前柱和四边体骨折<sup>[17]</sup>(AQ),后柱和四边体骨折(PQ),双柱和四边体骨折(APQ)和孤立四边体骨折(Q)。依据与柱的分离程度(不完全 Q1 或完全 Q2),进一步细分为 8 个亚型。此分型作为 Judet-Letournel 分型的补充,为手术策略的定制提供了有效参考,解决了传统分型未涉及四边体骨折的难题,但未把骨折移位方向纳入分类依据。

四边体骨折块受到髌棘韧带、髌结节韧带和闭孔内肌牵拉向内旋转移位,目前提出的各种髌白骨折分型,仅仅以骨折形态为唯一分类标准,未考虑韧带、关节囊和肌肉的牵拉力量,完善的分型需要在三维空间上立体化描述骨块移位,以更好地指导术中复位。

四边体骨折块受到髌棘韧带、髌结节韧带和闭孔内肌牵拉向内旋转移位,目前提出的各种髌白骨折分型,仅仅以骨折形态为唯一分类标准,未考虑韧带、关节囊和肌肉的牵拉力量,完善的分型需要在三维空间上立体化描述骨块移位,以更好地指导术中复位。

#### 5 手术入路选择

##### 5.1 髌腹股沟入路

髌腹股沟入路包括 3 个手术窗:第 1 窗位于髌腰肌外侧,显露髌髌关节、髌前上棘至髌前下棘、弓状线;第 2 窗位于髌腰肌和股神经与股动静脉之间,显露四边体上部及髌白前壁,但视野有限,操作空间小,置入螺钉困难;第 3 窗可显露耻骨上支和耻骨联合,该入路易伤及股外侧皮神经和较为表浅的腹壁浅动静脉、旋髌浅动静脉。深层次可显露精索或子宫圆韧带以及髌腹股沟神经、股动静脉、股神经。上述组织容易因过度牵拉而损伤,尤其是死亡冠血管,处



理不当造成灾难性大出血将危及生命, 术后有导致腹股沟切口疝的风险。因此, 为获得更多显露空间, 需切断腹股沟韧带。

## 5.2 前路骨盆内入路

前路骨盆内入路 (anterior intrapelvic or Rives-Stoppa approach) 最初用于治疗腹股沟疝, 1993 年 HIRVENSAALO 等<sup>[18]</sup>用于骨盆髌臼骨折手术。1994 年, COLE 和 BOLHOFNER<sup>[19]</sup>提出改良 Rives-Stoppa 入路, 与传统 Rives-Stoppa 入路相比, 改良后无须显露“中窗”, 避免对腹股沟管、股神经和髂外血管的损伤。切口长度为 8~15 cm, 可显露双侧耻骨上支、髌臼前柱、前壁、四边体和坐骨大切迹。术中需注意保护髂外血管、股血管、闭孔动静脉及神经、死亡冠, 其中闭孔血管和神经与四边体表面接触, 需要特别保护。对高位前柱骨折, 在髂前上棘做辅助切口, 髂前上棘截骨可增加前壁前柱的显露, 截骨部位予以螺钉固定。MEENA 等<sup>[20]</sup>回顾性分析髂腹股沟入路和改良 Rives-Stoppa 入路治疗的 90 例四边体骨折患者, 后者手术时间、术中出血量、影像学结果、临床疗效及假体松动率均优于前者。相较髂腹股沟入路, 其优势如下: (1) 直视整个四边体, 复位向内侧移位的股骨头, 钢板直接固定。(2) 避开股神经、股动静脉等重要结构。(3) 直视下结扎死亡冠血管。不足: (1) 显露范围仍有限。(2) 腹部脂肪丰厚患者, 影响手术视野显露。

## 5.3 腹直肌旁入路

2012 年 KEEL 等<sup>[21]</sup>提出腹直肌旁入路, 建立了 5 个手术窗, 第 1 窗位于髂嵴和髂腰肌之间; 第 2 窗位于髂腰肌与股神经、股动静脉之间。髂外动静脉和输精管之间的第 3 窗可显露耻骨上支、髌耻隆起; 第 4 窗通过输精管(子宫圆韧带)的侧方显露耻骨联合; 第 5 窗位于髂外血管和精索(输精管)或子宫圆韧带下方。MÄRDIAN 等<sup>[22]</sup>比较了髂腹股沟入路与腹直肌旁入路的临床疗效, 结果发现后者复位质量优于前者。但也存在以下不足: (1) 损伤腹直肌神经支配, 导致腹壁肌肉萎缩、切口愈合不良和腹壁疝。(2) 对髌窝和高位前柱骨折显露不充分。(3) 不适用腹膜外严重粘连患者。(4) 有穿破腹膜进入腹腔风险。

## 5.4 腹直肌外侧入路

樊仕才团队对腹直肌旁入路进行改良, 切口移至腹直肌外侧缘后方进入肌肉, 减小神经支配破坏<sup>[23]</sup>。将 5 个窗缩减至 3 个, 通过髂肌与腰大肌间窗口、髂腰肌与股神经、股血管间窗口、髌窝与股神经、股血管及闭孔神经血管间窗口, 显露髌髌关节、髌臼前后柱、四边体至耻骨联合, 适用于四边体粉碎

性骨折。该入路可以更好地显露死亡冠、四边体等解剖结构, 有利于骨折复位固定。腹直肌外侧入路不用解剖腹股沟管, 术后无腹股沟斜疝风险, 而且离四边体更近, 可由内向外直视死亡冠和四边体, 对于向盆腔内移位的四边体骨折, 复位固定更方便, 钢板安放在弓状缘内侧或四边体后柱内侧面。闭孔神经位于切口正下方, 紧邻髌臼内侧壁, 在显露坐骨棘及四方体的深部和放置髌坐钢板及置钉时, 需对闭孔神经加以保护, 避免损伤; 复位骨折前结扎死亡冠, 避免术中出血。

## 5.5 高位髌腹股沟入路

陈康等<sup>[24]</sup>提出高位髌腹股沟入路。将腹直肌旁切口外移至脐与髌前上棘连线中外 1/4 处, 处理髌骨前 1/2 的高位前柱骨折更加方便。通过 4 个窗口显露整个半骨盆内侧面, 能够直视四边体, 且切口距离四边体较近, 方便复位固定, 同时可缩短手术时间, 降低术后并发症。该入路不适用于肠梗阻、腹部过度肥胖、腹胀和腹肌紧张患者。

## 5.6 后方 K-L 入路

手指通过坐骨大切迹扪及四边体, 无法直接显露, 通过触摸对其进行复位。此入路异位骨化发生率较高, 损伤坐骨神经、旋股内侧动脉、臀上神经和臀上血管的风险较大。适合合并髌臼后壁或后柱骨折的四边体骨折。

## 5.7 Gibson 入路

为 K-L 入路的一种改良方式, 将上段切口前移, 自髌嵴经股骨大转子顶点至大腿外侧中间。该入路适用于后壁、后柱骨折, 横行骨折和横行伴后壁骨折。MOED<sup>[25]</sup>将上段弧形切口改为直线形, 相对美观; 从臀大肌与扩筋膜张肌间隙进入, 避免损伤臀大肌前方的血管神经, 为改良 Gibson 入路。

上述入路虽然在不断的改进, 但仍未完全解决传统大切口手术治疗髌臼骨折的弊端, 如过度损伤非骨折部位正常软组织、显露范围大、对软组织剥离多、失血量多、麻醉时间和手术时间长、切口暴露时间长等问题。造成骨折不愈合或迟缓愈合、骨化性肌炎、创伤性关节炎、关节周围神经损伤、内植物松动或断裂等并发症发生率较高。

## 5.8 解剖学通道手术入路

笔者根据临床实践工作及文献复习, 提出解剖学靶点手术通道、髌臼骨盆血管解剖学三维网络结构、髌臼骨折复位固定锚钉点的新观点, 为实现精准、微创手术提供借鉴, 可避免传统手术的不足, 避免过度手术干扰人体自我重建系统, 依据人体自然存在的解剖生理间隙, 安全到达四边体的骨折区域。笔者提出了 7 种解剖学靶点手术通道: 相邻神经和



血管之间的间隙, 相邻血管之间的间隙, 肌肉与血管、神经之间的间隙, 肌肉之间的间隙, 肌肉内通道(贯穿肌肉纤维的无血管神经区), 肌-骨通道(穿过肌肉骨骼的通道)和骨内通道(髌骨内外板之间的松质骨通道), 可避让血管、神经和脏器, 直达四边体的骨折靶点。探索精准、安全、快速的手术入路技术, 设计“中国手术入路”, 以期实现骨科快速康复的手术技术要求。

## 6 内固定技术发展

四边体骨折常出现骨折块向盆腔内移位, 若不能恢复髌关节的头臼匹配关系, 容易造成关节间隙增大, 遗留中心性半脱位、创伤性关节炎等问题, 影响临床疗效。手术目的是重建髌臼和股骨头的同心圆匹配结构, 实现术后早期功能活动。

### 6.1 环扎钢丝技术

1993 年环扎钢丝技术被首次报道用于治疗髌臼骨折<sup>[26]</sup>。2010 年 FARID<sup>[27]</sup>利用环扎钢丝结合弹簧钢板治疗四边体骨折, 结果发现其易损伤坐骨神经及臀上血管神经, 稳定性不好, 临床应用较少。

### 6.2 螺钉固定技术

2001 年 STARR 等<sup>[28]</sup>首次使用 Magic screw 治疗四边体骨折(图 3a)。2012 年 RUAN 等<sup>[29]</sup>报道 3D 导航下经皮螺钉固定四边体骨折(图 3b)。CHEN 等<sup>[30]</sup>设计髌臼后柱拉力螺钉导航模板, 前入路顺行拉力螺钉固定后柱骨折且损伤小, 但操作技术难度大。进钉点位于髌臼上方, 出钉点位于坐骨棘内侧, 术中需多次透视入口位和髌骨斜位确定导针未穿入髌臼或进入盆腔, 不适合严重粉碎患者。

### 6.3 钢板结合螺钉

重建钢板应用最多, 但反复塑形折弯, 会在钢板表面留下刻痕, 使钢板内应力集中点增多, 疲劳断裂危险增加、手术时间延长、术中透视次数多。若接骨板塑形与髌臼表面形态不匹配, 接骨板-骨面的接触点局部压应力过于集中, 骨细胞自溶坏死, 引起接骨板松动, 螺钉螺纹把持力下降, 髌关节活动引发螺钉移位<sup>[31]</sup>。术中置钉靠手术医生的个人经验, 螺钉易误入关节内。

其他板-钉固定方式包括: 十字形组合钢板<sup>[32]</sup>(图 3c)、塑形后跟骨钢板(图 3d)<sup>[33]</sup>、动力化前路方形区钛板螺钉系统(dynamic anterior platescrew system for the quadrilateral plate, DAPSQ)<sup>[11]</sup>(图 3e)、髌臼蝶型钢板<sup>[34]</sup>(图 3f)、前/后柱钢板+四边体钢板<sup>[35]</sup>(图 3g)、髌臼骨折复位内固定器(acetabular fracture reduction internal fixator, AFRIF)<sup>[36]</sup>(图 3h)、髌臼翼形全万向锁定钢板<sup>[37]</sup>(图 3i)、一体化髌臼四方区阻挡钢板(novel infra-pectineal buttress plates, NIBP)<sup>[38]</sup>

(图 3j)、骨盆前壁锁定钢板(anterior pelvic wall locking plate, APWLP)<sup>[39]</sup>(图 3k)。上述设计较重建钢板有明显进步, 但均无法实现 1 块钢板同时固定四边体、负重区、前后柱及前后壁。笔者团队结合临床工作实践设计四边体解剖型自锁定钢板<sup>[7]</sup>以期解决上述不足(图 3l), 并已获得发明专利<sup>[40-41]</sup>。

双柱骨折的有限元分析证明, 无论对髌骨采用何种固定方式, 四边体内侧钢板仍存在受力, 有内移趋势, 因此四边体阻挡固定是必要的<sup>[8]</sup>。仅有四边体中心的阻挡是不够的, 利用髌臼周围螺钉坚强固定双柱, 重建稳定的四边体框架, “框架+阻挡”的固定方式能提供更好的生物力学支持<sup>[42]</sup>。

### 6.4 腔镜技术

2017 年, ZENG 等<sup>[43]</sup>使用腹腔镜技术治疗髌臼前柱骨折, 但缺少专门用于腹腔镜下完成复位固定的配套器械, 仅适用于轻度移位的前内侧髌臼骨折。TRULSON 等<sup>[44]</sup>和 KÜPER 等<sup>[45]</sup>在尸体标本上验证腹腔镜用于治疗四边体骨折, 建立 CO<sub>2</sub> 气腹清晰显露四边体及周围的神经血管结构。经皮置入钢板, 采用套管置入螺钉。2023 年, HARTEL 等<sup>[46]</sup>开展腹腔镜下尸体标本髌臼骨折显露、复位和内固定研究。通过标准的腹腔镜完全腹膜外入路(totally extraperitoneal approach, TEP)完成 10 个标志点(耻骨联合、耻骨上支、死亡冠、闭孔神经、闭孔、髌外血管、骶髌关节、坐骨大孔、坐骨棘、坐骨小孔)的显露, 以及 5 种不同位置钢板置入(耻骨联合、耻骨上支、耻骨上至骨盆缘、耻骨下、后柱)的操作验证。将这一技术完善并使用到临床上, 需研发特殊新型器械。

### 6.5 骨科手术机器人技术

骨科手术机器人辅助下, 经皮空心螺钉内固定治疗髌臼前柱或后柱骨折已取得良好的临床疗效<sup>[47-48]</sup>。但对于移位明显或粉碎骨折, 仍需传统切开, 肉眼直视下复位固定。因此, 探索精准微创的解剖学靶点通道手术入路, 是实现手术机器人复位和内固定功能的核心技术。

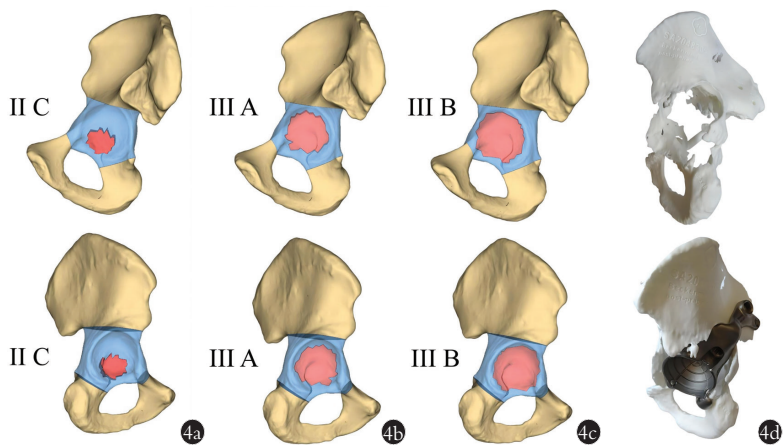
## 7 四边体骨缺损的处理

四边体维持完整密闭的髌关节, 有利于关节滑液分泌和吸收, 保持头臼匹配的生物力学稳定性。四边体缺损造成髌关节密闭性和内侧骨结构完整性破坏, 导致头臼力学关系失衡, 引起假体脱位, 人工关节置换失败。美国骨科医师协会(American Academy of Orthopedic Surgeons, AAOS)分型中 I 型、III 型和 Paprosky 分型中 II C 型、III A、III B 型均存在四边体缺损(图 4a-4c), 需要大块结构植骨、金属垫块、髌臼加强环或定制髌臼假体重建四边体完整性<sup>[49]</sup>。2023 年 HANUSRICHTER 等<sup>[49]</sup>利用定制假体治疗



图 3 四边体骨折不同内固定方式 3a. Magic screw<sup>[28]</sup>。1. 髋白后柱逆行螺钉;2. 髋白前柱顺行螺钉 3b. 3D 导航下经皮螺钉技术<sup>[29]</sup> 3c. 十字形组合板<sup>[32]</sup> 3d. 跟骨钢板固定四边体<sup>[33]</sup> 3e. 动力化方形区钛板螺钉, 螺钉呈竹筏样分布四边体内侧<sup>[11]</sup> 3f. 蝶型钢板<sup>[34]</sup> 3g. 前/后柱钢板+四边体钢板<sup>[35]</sup> 3h. 髋臼骨折复位内固定器<sup>[36]</sup> 3i. 髋臼翼形全方向锁定钢板<sup>[37]</sup> 3j. 一体化髋臼四方区阻挡钢板<sup>[38]</sup> 3k. 骨盆前壁锁定钢板<sup>[39]</sup> 3l. 四边体解剖型自锁定钢板<sup>[7]</sup>

Fig.3 Different internal fixation ways for quadrilateral plate fractures 3a. Magic screw<sup>[28]</sup>. 1. Retrograde screw in the posterior column;2. Retrograde screw in the anterior column 3b. Percutaneous screw fixation by three-dimensional fluoroscopy navigation<sup>[29]</sup> 3c. Cross-shaped composite plate<sup>[32]</sup> 3d. Calcaneal plate for quadrilateral plate buttress<sup>[33]</sup> 3e. Dynamic anterior plate screw system for quadrilateral plate (DAPSQ), the screws were distributed in the internal side of quadrilateral plate like bamboo rafts<sup>[11]</sup> 3f. Wing plate<sup>[33]</sup> 3g. Quadrilateral surface buttress plates<sup>[35]</sup> 3h. Acetabular fracture reduction internal fixator<sup>[36]</sup> 3i. Customized variable-angle locking acetabular wing plates<sup>[37]</sup> 3j. Novel infra-pectineal buttress plates<sup>[38]</sup> 3k. Anterior pelvic wall locking plate<sup>[39]</sup> 3l. Anatomic self-locking plate for quadrilateral plate



注: 蓝色区域为四边体, 红色示骨缺损

图 4 四边体缺损分型<sup>[49]</sup> 4a. II C 型四边体缺损 (内外侧视图) 4b. III A 型四边体缺损 4c. III B 型四边体缺损 4d. 定制骨盆部分假体

Fig.4 Classification of 9 quadrilateral plate defect<sup>[49]</sup> 4a. Type II C quadrilateral plate defect (inner and outer view) 4b. Type III A quadrilateral plate defect 4c. Type III B quadrilateral plate defect 4d. Custom-made partial pelvis replacement

Paprosky III 型及以上骨缺损, 获得了良好的临床效果(图 4d)。四边体骨缺损分型仍局限在缺损的形态学改变, 缺乏精准定量分型, 难以对不同体积的缺损制定精准治疗。

综上所述, 四边体解剖结构特殊, 生理功能重要, 其显露、复位和固定困难。四边体骨折分型繁多, 多种内固定方式各有优缺点, 往往由手术医生个人经验决定, 缺乏系统性指导。随着《髋臼四边体骨折临床诊疗指南》(2023) 的公布<sup>[8]</sup>, 以及腔镜技术和骨科手术机器人等创新治疗方式发展, 对四边体认识的不断加深, 笔者结合自身临床工作实践, 提出了髋臼骨折解剖学靶点手术通道的新观点, 探索精准、微创的手术入路方法, 以期实现



骨科快速康复的手术技术要求, 将逐步实现精准靶点固定的手术方式。

#### 参考文献

- [1] ELNAHAL W A, ABDEL KARIM M, KHALED S A, et al. Quadrilateral plate fractures of the acetabulum: proposition for a novel classification system[J]. *Injury*, 2018, 49(2): 296–301.
- [2] PETER R E. Open reduction and internal fixation of osteoporotic acetabular fractures through the ilio-inguinal approach: use of buttress plates to control medial displacement of the quadrilateral surface[J]. *Injury*, 2015, 46(Suppl 1): S2–S7.
- [3] 李明, 庞清江, 郑琦. 髌臼四方区骨折内固定的研究进展[J]. *中华创伤杂志*, 2017, 33(5): 470–474.  
LI M, PANG Q J, ZHENG Q. Research progress of internal fixation of acetabular sifang district fracture[J]. *Chin J Trauma*, 2017, 33(5): 470–474. Chinese.
- [4] JUDET R, JUDET J, LETOURNEL E. Fractures of the acetabulum: classification and surgical approaches for open reduction. preliminary report[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1964, 46: 1615–1646.
- [5] JUDET R, LETOURNEL E. *Les Fractures Du Cotyle*[M]. Paris: Masson, 1974.
- [6] TILE M, Helfet D L, KELLAM JF. *Fractures of the Pelvis and Acetabulum*[M]. 3rd Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2003: 22–539.
- [7] 李明, 张雁儒, 肖靖炜, 等. 髌臼四方区解剖型自锁定钢板的数字技术设计[J]. *宁波大学学报(理工版)*, 2022, 35(1): 18–25.  
LI M, ZHANG Y R, XIAO J W, et al. Digital design of general anatomic self-locking plate for medial acetabulum[J]. *J Ningbo Univ Nat Sci Eng Ed*, 2022, 35(1): 18–25. Chinese.
- [8] 中华医学会骨科学分会, 中国医师协会骨科分会骨盆髌臼学组, 中国医疗保健国际交流促进会骨科分会骨盆髌臼损伤学部, 等. 髌臼四边体骨折临床诊疗指南(2023)[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2023, 16(6): 481–492.  
CHINESE ORTHOPAEDIC ASSOCIATION, GROUP OF PELVIC & ACETABULAR, CHINESE ASSOCIATION OF ORTHOPAEDIC; THE GROUP OF PELVIC & A ACETABULAR INJURY, ORTHOPAEDIC BRANCH, CHINA INTERNATIONAL EXCHANGE AND PROMOTIVE ASSOCIATION FOR MEDICAL HEALTH CARE, et al. Clinical guideline for the diagnosis and treatment of quadrilateral plate fractures of acetabulum(2023)[J]. *Chin J Bone Jt Surg*, 2023, 16(6): 481–492. Chinese.
- [9] Netter F. *Netter's Atlas of Human Anatomy*[M]. 6th Ed. Elsevier (Singapore) Pte Ltd, 2014: 367–411.
- [10] LI M, WANG S Y, XIAO J W. A novel anatomical self-locking plate fixation for both-column acetabular fractures[J]. *Chin J Traumatol*, 2022, 25(6): 345–352.
- [11] WU H Y, SHANG R R, LIU X M, et al. A novel anatomically pre-contoured side-specific titanium plate versus the reconstruction plate for quadrilateral plate fractures of the acetabulum: a propensity-matched cohort study[J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1): 172.
- [12] NORTON P A. Pelvic floor disorders: the role of fascia and ligaments[J]. *Clin Obstet Gynecol*, 1993, 36(4): 926–938.
- [13] 彭焯, 张立海, 唐佩福. 髌臼方形区骨折的治疗及研究进展[J]. *中国骨伤*, 2015, 28(5): 472–475.  
PENG Y, ZHANG L H, TANG P F. Progress on treatment and re-search of quadrilateral plate fractures of acetabular[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2015, 28(5): 472–475. Chinese.
- [14] HERMAN A, TENENBAUM S, OUGORTSIN V, et al. There is No column: a new classification for acetabular fractures[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2018, 100(2): e8.
- [15] ZHANG R P, YIN Y C, LI A, et al. Three-column classification for acetabular fractures: introduction and reproducibility assessment[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2019, 101(22): 2015–2025.
- [16] YANG Y, ZOU C, FANG Y. A study on fracture lines of the quadrilateral plate based on fracture mapping[J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1): 310.
- [17] CHEN K F, YAO S, YIN Y C, et al. A new classification for quadrilateral plate fracture of acetabulum[J]. *Injury*, 2023, 54(7): 110762.
- [18] HIRVENSAALO E, LINDAHL J, BÖSTMAN O. A new approach to the internal fixation of unstable pelvic fractures[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1993, (297): 28–32.
- [19] COLE J D, BOLHOFNER B R. Acetabular fracture fixation via a modified Stoppa limited intrapelvic approach. Description of operative technique and preliminary treatment results[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1994, (305): 112–123.
- [20] MEENA U K, SHARMA A K, BEHERA P, et al. Treatment of acetabular fractures with quadrilateral plate injury—a comparison of two commonly used methods[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2022, 108(2): 102951.
- [21] KEEL M J, ECKER T M, CULLMANN J L, et al. The Pararectus approach for anterior intrapelvic management of acetabular fractures: an anatomical study and clinical evaluation[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2012, 94(3): 405–411.
- [22] MÄRDIAN S, SCHASER K D, HINZ P, et al. Fixation of acetabular fractures via the ilioinguinal versus pararectus approach: a direct comparison[J]. *Bone Joint J*, 2015, 97-B(9): 1271–1278.
- [23] 张潇, 熊然, 李涛, 等. 经腹直肌外侧切口入路治疗髌臼骨折的解剖学研究[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2015(1): 17–20.  
ZHANG X, XIONG R, LI T, et al. The applied anatomic study of the lateral-rectus approach in the treatment of acetabular fractures[J]. *Chin J Clin Anat*, 2015(1): 17–20. Chinese.
- [24] 陈康, 黄振飞, 崔巍, 等. 高位髂腹股沟入路治疗累及四方区髌臼骨折[J]. *中华骨科杂志*, 2014, 34(7): 723–729.  
CHEN K, HUANG Z F, CUI W, et al. The superior-ilioinguinal approach: a new approach beyond the classical ilioinguinal or modified Stoppa approach[J]. *Chin J Orthop*, 2014, 34(7): 723–729. Chinese.
- [25] MOED B R. The modified Gibson posterior surgical approach to the acetabulum[J]. *J Orthop Trauma*, 2010, 24(5): 315–322.
- [26] SCHOPFER A, WILLETT K, POWELL J, et al. Cerclage wiring in internal fixation of acetabular fractures[J]. *J Orthop Trauma*, 1993, 7(3): 236–241.
- [27] FARID Y R. Cerclage wire-plate composite for fixation of quadrilateral plate fractures of the acetabulum: a checkrein and pulley technique[J]. *J Orthop Trauma*, 2010, 24(5): 323–328.
- [28] STARR A J, JONES A L, REINERT C M, et al. Preliminary results and complications following limited open reduction and percutaneous screw fixation of displaced fractures of the acetabulum[J]. *Injury*, 2001, 32(Suppl 1): SA45–SA50.
- [29] RUAN Z Y, LUO C F, ZENG B F, et al. Percutaneous screw fixa-



- tion for the acetabular fracture with quadrilateral plate involved by three-dimensional fluoroscopy navigation:surgical technique [J]. *Injury*, 2012, 43(4):517-521.
- [30] CHEN H F, WANG G, LI R G, et al. A novel navigation template for fixation of acetabular posterior column fractures with antegrade lag screws: design and application [J]. *Int Orthop*, 2016, 40(4):827-834.
- [31] 李明, 冯乐玲, 肖靖炜, 等. 髋臼骨折后方内固定术后创伤性关节炎患者的内植物分析 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2023, 16(6):513-522.
- LI M, FENG L L, XIAO J W, et al. Implant analysis of patients with traumatic arthritis after posterior internal fixation of acetabular fractures [J]. *Chin J Bone Jt Surg*, 2023, 16(6):513-522. Chinese.
- [32] TOSOUNIDIS T H, GUDIPATI S, PANTELI M, et al. The use of buttress plates in the management of acetabular fractures with quadrilateral plate involvement: is it still a valid option [J]. *Int Orthop*, 2015, 39(11):2219-2226.
- [33] BONI G, PIRES R E, SANCHEZ G T, et al. Use of a stainless steel locking calcaneal plate for quadrilateral plate buttress in the treatment of acetabular fractures [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2019, 29(5):1141-1145.
- [34] SCHÄFFLER A, DÖBELE S, STUBY F, et al. A new anatomical wing plate for osteoporotic acetabular fractures: biomechanical testing and first clinical experience [J]. *Z Orthop Unfall*, 2014, 152(1):26-32.
- [35] KISTLER B J, SMITHSON I R, COOPER S A, et al. Are quadrilateral surface buttress plates comparable to traditional forms of transverse acetabular fracture fixation [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2014, 472(11):3353-3361.
- [36] ZHA G C, TULUMUHAN D M, WANG T, et al. A new internal fixation technique for acetabular fractures involving the quadrilateral plate [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2020, 106(5):855-861.
- [37] WANG C B, CHEN Y H, WANG L P, et al. Three-dimensional printing of patient-specific plates for the treatment of acetabular fractures involving quadrilateral plate disruption [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1):451.
- [38] WAN Y Z, YAO S, MA Y, et al. The novel infra-pectineal buttress plates used for internal fixation of elderly quadrilateral surface involved acetabular fractures [J]. *Orthop Surg*, 2022, 14(8):1583-1592.
- [39] WANG Z D, WANG Z H, CHEN G D, et al. Clinical application of the anterior pelvic wall locking plate (APWLP) in acetabular fractures involving the quadrilateral surface [J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18(1):76.
- [40] LI M. General anatomic self-locking plate for medial acetabulum and auxiliary apparatus thereof: US20170181784 [P]. 2017-06-29.
- [41] 李明. 一种通用髋臼内侧解剖型锁定接骨板及其配套器械: CN205126393U [P]. 2016-4-6.
- LI M. The invention relates to a general acetabular medial anatomic locking bove plate and a supporting instrument there of: CN205126393U [P]. 2016-4-6. Chinese.
- [42] 万意州, 陈开放, 马彦, 等. “框架阻挡”固定治疗髋臼四边体骨折 [J]. *中华骨科杂志*, 2023, 43(14):933-940.
- WAN Y Z, CHEN K F, MA Y, et al. "Frame and buttress" fixation for the treatment of acetabular quadrilateral fractures [J]. *Chin J Orthop*, 2023, 43(14):933-940. Chinese.
- [43] ZENG C J, HUANG W H, HUANG H J, et al. Laparoscopic acetabular fracture fixation after three-dimensional modelling and printing [J]. *Indian J Orthop*, 2017, 51(5):620-623.
- [44] TRULSON A, KÜPER M A, TRULSON I M, et al. Endoscopic approach to the quadrilateral plate (EAQUAL): a new endoscopic approach for plate osteosynthesis of the pelvic ring and acetabulum—a cadaver study [J]. *Z Orthop Unfall*, 2019, 157(1):22-28.
- [45] KÜPER M A, ATESSCHRANG A, HIRT B, et al. Laparoscopic acetabular surgery (LASYS)-vision or illusion [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2021, 107(6):102964.
- [46] HARTEL M J, ALTHOFF G, WOLTER S, et al. Full endoscopic anterior intrapelvic plate osteosynthesis: a cadaveric feasibility study [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2023, 143(1):365-371.
- [47] WU X B, WANG J Q, SUN X, et al. Guidance for treatment of pelvic acetabular injuries with precise minimally invasive internal fixation based on the orthopaedic surgery robot positioning system [J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(3):341-347.
- [48] DUAN S J, LIU H S, WU W C, et al. Robot-assisted percutaneous cannulated screw fixation of femoral neck fractures: preliminary clinical results [J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(1):34-41.
- [49] HANUSRICHTER Y, GEBERT C, FRIELER S, et al. Beyond type III Paprosky acetabular defects: are partial pelvic replacements with iliosacral fixation successful [J]. *Int Orthop*, 2023, 47(9):2253-2263.

(收稿日期:2023-10-27 本文编辑:李宜)