



分类号: R683

学校代码: 10114

密 级: 公开

学 号: 202000230470

山西医科大学

SHANXI MEDICAL UNIVERSITY

硕士学位论文

桡骨远端骨折合并腕骨骨折的发病率及危险因素分析

To analyze the incidence and risk factors of distal radius
fractures combined with carpal fractures

研 究 生: 赵潇雄

指导教师: 常文凯 主任医师

专业名称: 骨科

研究方向: 骨显微手外科

学位类型: 专业学位

所在学院: 第二临床学院

中国 山西

二〇二三年三月二十五日

分类号: R683

学校代码: 10114

密 级: 公开

学 号: 202000230470

桡骨远端骨折合并腕骨骨折的发病率及危险因素分析

To analyze the incidence and risk factors of distal radius
fractures combined with carpal fractures

研 究 生: 赵潇雄

指导教师: 常文凯主任医师

专业名称: 骨科

研究方向: 骨显微手外科

学位类型: 专业学位

所在学院: 第二临床学院

中国 山西

二〇二三年三月二十五日

目 录

前言.....	1
1 材料与方法.....	2
1.1 一般资料.....	2
1.2 研究方法和内容.....	2
1.3 统计学处理.....	3
2 结果.....	4
2.1 桡骨远端骨折伴腕骨骨折的发病率及其特点	4
2.2 桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的危险因素	5
2.2.1 桡骨远端骨折伴腕骨骨折相关风险单因素分析	6
2.2.2 桡骨远端骨折伴腕骨骨折相关风险多因素分析	6
2.2.3 危险因素对桡骨远端骨折伴腕骨骨折预测价值	7
3 讨论.....	9
3.1 桡骨远端骨折伴腕骨的发病率及其特点	9
3.2 桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的危险因素	10
4 结论.....	13
参考文献.....	14
综述 月骨无菌性坏死的治疗进展	16
参考文献.....	25

桡骨远端骨折合并腕骨骨折的发病率及危险因素分析

摘 要

目的:

研究桡骨远端骨折患者伴发腕骨骨折的发病率和特点,探讨桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的危险因素。

方法:

收集我院骨科自 2016 年 1 月 1 日到 2022 年 12 月 31 日期间所有桡骨远端骨折患者的基本资料,包含年龄、性别、受伤机制、以及影像学等资料,共计 791 例。详细收集桡骨远端骨折患者的骨折类型、有无骨质疏松、受伤能量等信息,讨论以下内容:

- ①桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的发病率及其特点;
- ②各种因素对桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的影响。

结果:

最终纳入 791 例桡骨远端骨折患者,其中 50 例患者同时伴有腕骨骨折,发病率为 6.32%。50 例患者中,男性 33 例,女性 17 例,年龄 10~88 岁,平均年龄(48.2 ± 16.4)岁。其中合并舟状骨骨折的有 38 例(76.0%);合并月骨骨折的有 10 例(20%);合并三角骨骨折的有 6 例(12.0%);合并豆状骨骨折的有 1 例(2.0%);合并大多角骨骨折的有 2 例(4.0%);合并小多角骨骨折的有 1 例(2.0%);合并钩骨骨折的有 3 例(6.0%);无合并头状骨骨折的患者(0%)。此外,与桡骨远端骨折相关的腕骨骨折有 97%发生于近端腕骨。

对单纯性桡骨远端骨折组和桡骨远端骨折伴腕骨骨折组进行相关性分析,发现桡骨远端骨折与腕骨骨折同时发生与 AO 分型为 B 型、高能量损伤以及骨质疏松相关,进一步纳入多因素 logistic 分析结果提示:AO 分型为 B 型($OR=14.532$, 95%CI:

6.627~31.869)、高能量损伤 ($OR=9.749$, $95\%CI: 4.130\sim23.012$)、合并有骨质疏松 ($OR=8.099$, $95\%CI: 3.880\sim16.907$) 为桡骨远端骨折合并腕骨骨折发生的独立危险因素。ROC 曲线显示, 高能量损伤预测桡骨远端骨折伴腕骨骨折的 AUC 为 0.748 ($95\%CI 0.716\sim0.778$, $P<0.001$); AO 分型为 B 型预测桡骨远端骨折伴腕骨骨折的 AUC 为 0.742 ($95\%CI 0.710\sim0.772$, $P<0.001$); 合并骨质疏松预测桡骨远端骨折伴腕骨骨折的 AUC 为 0.721 ($95\%CI 0.688\sim0.752$, $P<0.001$); 三者联合预测桡骨远端骨折伴腕骨骨折的 AUC 为 0.908 ($95\%CI 0.886\sim0.927$, $P<0.001$)。利用 MedCalc 软件比较高能量损伤、AO 分型为 B 型、合并骨质疏松以及三者联合预测桡骨远端骨折伴腕骨骨折的 AUC 值, 结果示高能量损伤、AO 分型为 B 型与合并骨质疏松相比, 三者间两两比较差异不具有统计学意义 ($P>0.05$), 而三者联合的 AUC 值大于高能量损伤 ($Z=4.967$, $P<0.001$)、骨质疏松 ($Z=4.967$, $P<0.001$) 及 AO 分型为 B 型 ($Z=2.468$, $P<0.001$), 差异具有统计学意义。

结论:

桡骨远端骨折伴腕骨骨折发生率较低, 临床工作中极易忽视或漏诊。当受到高能量损伤, AO 分型为 B 型且伴有骨质疏松的桡骨远端骨折患者, 应高度怀疑腕骨骨折与桡骨远端骨折可能同时发生, 并予以 CT 或 MRI 检查进行明确诊断。

关键词: 桡骨远端骨折; 腕骨骨折; 发病率; 危险因素

To analyze the incidence and risk factors of distal radius fractures combined with carpal fractures

Abstract

Objective:

To investigate the incidence and characteristics of carpal fractures associated with distal radius fractures, and to explore the risk factors of carpal fractures associated with distal radius fractures.

Methods:

A total of 791 patients with distal radius fractures were treated in our hospital from January 1, 2016 to December 31, 2022. The basic data including age, gender, injury mechanism, and imaging data were collected. The patient's information on the type of distal radius fracture, the presence or absence of osteoporosis, and the energy of injury were collected in detail, and the following contents were discussed:

- ① Incidence and characteristics of carpal fractures associated with distal radius fractures;
- ② Influence of various factors on distal radius fracture associated with carpal fracture.

Results:

A total of 791 patients with distal radius fractures were included, of which 50 patients were accompanied by carpal fractures, with an Incidence of 6.32%. Among the 50 patients, there were 33 males and 17 females, aged from 10 to 88 years, with an average age of (48.2 ± 16.4) years. There were 38 cases (76.0%) with scaphoid fracture. There were 10 cases (20%) with lunate fracture. There were 6 cases (12.0%) with

triquetrum fracture. There were 1 case (2.0%) of lenticular fracture and 2 cases (4.0%) of trapezium fracture. There was 1 case (2.0%) with small polyangular fracture. There were 3 cases (6.0%) with hamate fracture. No case (0%) was associated with capitate fracture. In addition, 97% of carpal fractures associated with distal radius fractures occurred in the proximal carpal bone.

The correlation analysis between the simple distal radius fracture group and the distal radius fracture with carpal fracture group showed that the co-occurrence of distal radius fracture and carpal fracture was related to AO type B, high-energy injury and osteoporosis. Further multivariate logistic analysis showed that AO type B (OR=14.532, 95%CI: 6.627-31.869), high-energy injury (OR=9.749, 95%CI: 4.130-23.012) and osteoporosis (OR=8.099, 95%CI: 3.880-16.907) were independent risk factors for distal radius fractures combined with carpal fractures. The ROC curve showed that the area under the curve (AUC) of high-energy injury in predicting distal radius fracture with carpal fracture was 0.748 (95%CI 0.716-0.778, $P < 0.001$). The AUC of AO classification type B for predicting distal radius fracture with carpal fracture was 0.742 (95%CI 0.710-0.772, $P < 0.001$). The AUC of osteoporosis in predicting distal radius fracture combined with carpal fracture was 0.721 (95%CI 0.688-0.752, $P < 0.001$). The AUC of the combination of the three factors for predicting distal radius fracture with carpal fracture was 0.908 (95%CI 0.886-0.927, $P < 0.001$). MedCalc software was used to compare the AUC values of high-energy injury, AO type B, combined with osteoporosis, and the combination of the three in predicting distal radius fracture with carpal fracture. There was no significant difference between any two of the three factors ($P > 0.05$), but the combination of the three factors compared with any one of the three factors, the difference was statistically significant ($P < 0.05$).

Conclusion:

The Incidence of distal radius fractures combined with carpal fractures is low, which is easily overlooked or missed diagnosed in clinical work. When a patient with

osteoporotic distal radius fracture of AO type B is subjected to high-energy injury, carpal fracture and distal radius fracture should be highly suspected to occur at the same time, and CT or MRI should be performed for confirmation.

Key words : Fractures of the distal radius; Carpal fractures; Incidence of disease; Risk factors.

常用缩写词中英文对照表

英文缩写	英文名称	中文名称
95% <i>CI</i>	95% Confidence Interval	95%可信区间
ROC curve	Receiver operating characteristic curve	受试者工作特征曲线
AUC	Area Under Curve	曲线下面积
TFCC	triangular fibrocartilage complex	三角纤维软骨复合体

前 言

桡骨远端骨折是指距桡骨远端关节面 3cm 以内的骨折，是上肢最为常见的骨折，约占所有骨折的 12% - 17%^[1]。腕骨骨折除舟状骨以外则较为罕见，约占所有骨折的 1.1%^[2]。据报道，桡骨远端骨折同时伴有舟骨骨折发生率为 0.5%-6%^[3]，但很少有关于桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的文献报道。随着医学技术的不断发展，掌侧锁定钢板的出现使桡骨远端骨折患者术后可以早期行康复锻炼，但患者在没有意识到腕骨骨折的情况下进行腕关节早期康复锻炼，可能会导致骨折延迟愈合或不愈合。所以及时有效地诊断以及治疗显得尤为重要。本文通过对我院骨科既往收治的桡骨远端骨折患者进行回顾性分析，收集了 2016 年-2022 年期间在我院骨科就诊的 791 例桡骨远端骨折患者作为本研究的研究对象，分析桡骨远端骨折伴腕骨骨折的发病率以及危险因素，为急诊临床工作中及时诊断桡骨远端骨折伴腕骨骨折提供指导意见。

1 材料与方法

1.1 一般资料

选取 2016 年 1 月-2022 年 12 月期间山西医科大学第二医院骨科就诊的 791 例桡骨远端骨折患者为研究对象,统计患者的年龄、性别、损伤能量、有无骨质疏松、桡骨远端骨折类型等信息,就其发病特点和临床诊断进行回顾性分析。

纳入标准:1.符合桡骨远端骨折的诊断标准;2.一般资料完整并签署知情同意书;3.影像学资料完整。

排除标准:1.X 线或 CT 缺失的患者;2.曾有同侧腕骨骨折手术既往史;3.其他原因引起的腕骨骨折(如病理性骨折等)。

1.2 研究方法和内容

收集来自山西医科大学第二医院自 2016 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日期间就诊的桡骨远端骨折患者的临床资料,包含年龄、性别、受伤机制、以及影像学等资料,共计 791 例。详细收集患者桡骨远端骨折类型、有无骨质疏松、受伤能量等信息,讨论以下内容:

①桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的发病率及其特点;

②各种因素对桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的影响。

桡骨远端骨折分型按 20 世纪 90 年代瑞士内固定协会提出的 AO/ASIF 分类系统^[1]:A 型,即关节外骨折,又可分为 3 组:A1 为撕脱骨折;A2 为简单骨折,如无移位、Colles 骨折、Smith 骨折;A3 为楔形或多块骨折。B 型,即部分关节骨折,又可分为 3 组:B1 为桡骨远端矢状面骨折;B2 为桡骨远端背侧面骨折;B3 为桡骨远端掌侧面骨折。C 型,即关节内骨折,也分为 3 组:C1 为关节内简单骨折;C2 为累及干骺端的关节内简单骨折;C3 为粉碎的关节内骨折。在 791 例桡骨远端骨折中,A 型 306 例,B 型 274 例,C 型 211 例。

损伤能量分为 2 个等级:从 1.5 米以上的高度坠落、交通事故、重物击打和运动损伤定义为高能量损伤;摔倒等其余损伤定义为低能量损伤。在 791 例桡骨远端骨折中,494 例被归类为低能量损伤,297 例被归类为高能量损伤。

1.3 统计学处理

采用 SPSS26.0 统计学软件进行数据分析,正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以率(%)表示,将变量纳入单因素 logistic 回归分析,对于 $P < 0.05$ 的危险因素则纳入多因素 logistic 回归。绘制受试者工作特征(ROC)曲线,通过计算 ROC 曲线下面积(AUC)来评估不同危险因素对桡骨远端骨折伴腕骨骨折发生的预测价值。 $P < 0.05$ 被认为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 桡骨远端骨折伴腕骨骨折的发病率及其特点

研究结果显示, 791 例桡骨远端骨折患者中有 50 例合并腕骨骨折, 发生率为 6.32%。其中男性 33 例, 女性 17 例, 年龄 10~88 岁, 平均年龄 (48.2 ± 16.4) 岁 (表 1)。其中合并舟状骨骨折的有 38 例 (76.0%); 合并月骨骨折的有 10 例 (20%); 合并三角骨骨折的有 6 例 (12.0%); 合并豆状骨骨折的有 1 例 (2.0%); 合并大多角骨骨折的有 2 例 (4.0%); 合并小多角骨骨折的有 1 例 (2.0%); 合并钩骨骨折的有 3 例 (6.0%); 无合并头状骨骨折的患者 (0%) (图 1)。

在 50 例桡骨远端骨折合并腕骨骨折的病例中, 舟状骨骨折最为常见, 且大多数骨折多发生于近端腕骨。此外, 在 50 例桡骨远端合并腕骨骨折的病例中, 42 例只有 1 处腕骨骨折, 5 例有 2 处腕骨骨折, 3 例有 3 处腕骨骨折。50 例中有 8 例伴有两块以上腕骨骨折。

表 1 两组患者临床数据比较

变量	桡骨远端骨折伴腕骨骨折		总计
	(—)	(+)	
例数 (n,%)	741(93.7%)	50(6.3%)	791(100%)
年龄 (岁) ($\bar{x} \pm s$)	47.25 \pm 18.74	48.24 \pm 16.36	47.31 \pm 18.61
男性 (n,%)	436 (62.5%)	33 (66.0%)	469 (59.3%)
损伤能量			
高 (n,%)	255(34.4%)	42(84.0%)	297(37.5%)
低 (n,%)	486(65.6%)	8(16.0%)	494(62.5%)
AO 分型			
A 型 (n,%)	305(41.2%)	1(2.0%)	306(38.7%)
B 型 (n,%)	236(31.8%)	38(76.0%)	274(34.6%)
C 型 (n,%)	200(27.0%)	11(22.0%)	211(26.7%)
伴有骨质疏松 (n,%)	86 (11.6%)	30 (60.0%)	116 (14.7%)

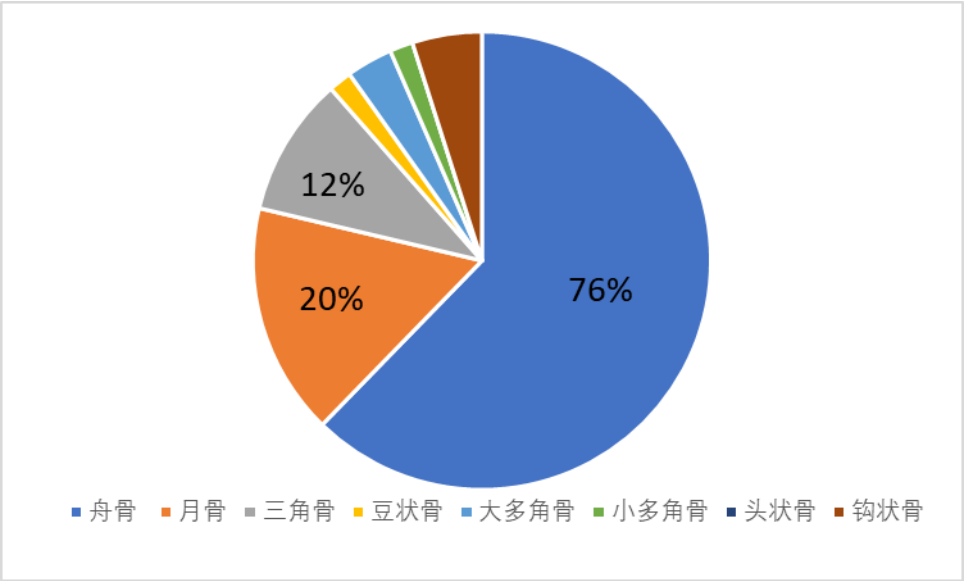


图 1 腕骨骨折分布图

2.2 桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的危险因素

本研究有 50 例患者诊断为桡骨远端骨折合并腕骨骨折，其中男性 33 例（33/50），年龄主要分布在 30-60 岁之间（33/50），高损伤能量 42 例（42/50），AO 分型以 B 型为主（37/50），骨质疏松患者 20 例（20/50）。（详见表 2）

表 2 50 例桡骨远端骨折伴腕骨骨折患者临床资料

变量		例数	百分比
性别	男性	33	67.0%
	女性	17	34.0%
年龄(岁)	10-30	5	10.0%
	30-60	33	66.0%
	60-90	12	24.0%
损伤能量(n,%)	高能量	42	84.0%
	低能量	8	16.0%
AO 分型(n,%)	A 型	1	2.0%
	B 型	37	74.0%
	C 型	12	24.0%
骨质疏松(n,%)	有	30	60.0%

无	20	40.0%
---	----	-------

续表 2

2.2.1 桡骨远端骨折伴腕骨骨折相关风险单因素分析

根据表 2, 50 例桡骨远端骨折伴腕骨骨折患者中, 性别以男性为主, 年龄以 30-60 岁年龄段为主, AO 分型以 B 型为主, 且伴有骨质疏松的患者较多, 将以上因素纳入单因素 logistic 回归, 分析各因素与桡骨远端骨折伴腕骨骨折发生的相关性, 结果如下表 2.3 显示, 高能量损伤、AO 分型为 B 型、伴有骨质疏松与桡骨远端骨折伴腕骨骨折的发生相关, 差异具有统计学意义 ($P<0.05$), 而与性别和年龄差异无统计学意义 ($P>0.05$)。(详见表 3)

表 3 桡骨远端骨折合并腕骨骨折相关风险单因素分析

变量	β 值	标准误	OR 值	95%CI	P 值
男性	-0.306	0.308	0.736	0.403-1.346	0.320
年龄 (30-60 岁)	0.523	0.312	0.094	0.915-3.111	1.688
高能量损伤	2.303	0.393	10.006	4.628-21.634	<0.001
AO 分型为 B 型	1.913	0.340	6.776	3.477-13.205	<0.001
伴有骨质疏松	2.4366	0.227	11.424	6.215-21.001	<0.001

2.2.2 桡骨远端骨折伴腕骨骨折相关风险多因素分析

将单因素分析中具有统计学意义的 3 个相关因素进一步多因素分析以排除其他混杂因素干扰, 利 logistic 回归分析模型进行分析, 结果如下表 (表 4)。结果显示高能量损伤 (OR=9.749, 95%CI: 4.130~23.012)、AO 分型为 B 型 (OR=14.532, 95%CI: 6.627~31.869)、合并有骨质疏松 (OR=8.099, 95%CI: 3.880~16.907) 为桡骨远端骨折合并腕骨骨折发生的独立危险因素。

表 4 桡骨远端骨折合并腕骨骨折相关风险多因素分析

变量	β 值	标准误	OR 值	95%CI	P 值
高能量损伤	2.277	0.438	9.749	4.130-23.012	<0.001
AO 分型为 B 型	2.676	0.410	14.532	6.627-31.869	<0.001
伴有骨质疏松	2.092	0.375	8.099	3.880-16.907	<0.001

2.2.3 危险因素对桡骨远端骨折伴腕骨骨折预测价值

以所有入组患者为高能量损伤、AO 分型为 B 型、合并骨质疏松与桡骨远端骨折伴腕骨骨折发生关系绘制 ROC 曲线。结果显示高能量损伤诊断桡骨远端骨折伴腕骨骨折的 AUC 为 0.748 (95%CI 0.716-0.778, $P<0.001$); AO 分型为 B 型诊断桡骨远端骨折伴腕骨骨折的 AUC 为 0.742 (95%CI 0.710-0.772, $P<0.001$); 合并骨质疏松诊断桡骨远端骨折伴腕骨骨折的 AUC 为 0.721 (95%CI 0.688-0.752, $P<0.001$); 三者联合的 AUC 为 0.908 (95%CI 0.886-0.927, $P<0.001$)。(表 5, 图 2)。利用 MedCalc 软件比较高能量损伤、AO 分型为 B 型、合并骨质疏松及三者联合预测桡骨远端骨折同时伴腕骨骨折的 AUC 值, 结果示高能量损伤、AO 分型为 B 型、合并骨质疏松三者间两两比较差异不具有统计学意义 ($P>0.05$), 三者联合的 AUC 值大于高能量损伤 ($Z=4.967$, $P<0.001$)、骨质疏松 ($Z=4.967$, $P<0.001$) 及 AO 分型为 B 型 ($Z=2.468$, $P<0.001$), 差异具有统计学意义。(表 6)

表 5 危险因素对桡骨远端骨折伴腕骨骨折的预测效能

变量	AUC (95%CI)	P 值	敏感度	特异度	约登指数
高能量损伤	0.748 (0.716-0.778)	<0.001	84.00%	65.59%	0.4959
骨质疏松	0.742 (0.710-0.772)	<0.001	60.00%	88.39%	0.4839
AO 分型为 B 型	0.721 (0.688-0.752)	<0.001	76.00%	68.15%	0.4415
三者联合	0.908 (0.886-0.927)	<0.001	90.00%	85.56%	0.7556

表 6 三者危险因素及联合预测桡骨远端骨折伴腕骨骨折曲线下面积比较

变量	AUC 差值	P 值	Z 值
高能量损伤与三者联合	-0.160±0.032	<0.001	4.967
骨质疏松与三者联合	-0.166±0.042	<0.001	4.967
AO 分型为 B 型与三者联合	-0.187±0.027	<0.001	2.468
AO 分型为 B 型与骨质疏松	-0.021±0.054	0.6929	0.395
AO 分型为 B 型与高能量损伤	-0.072±0.045	0.5494	0.599

骨质疏松与高能量损伤

-0.006

0.9013

0.124

续表 6

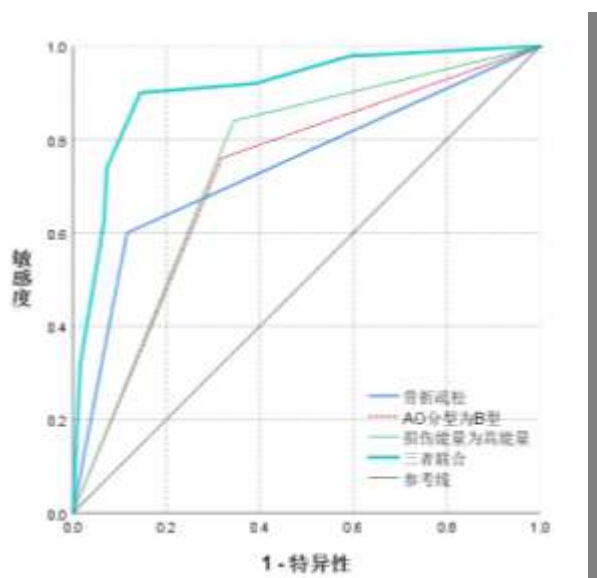


图 2 三者危险因素单独及联合检测预测桡骨远端骨折伴腕骨骨折的 ROC 曲线

3 讨 论

桡骨远端骨折在任何年龄段均较常见,若同时伴有严重骨质疏松发生骨折的风险则更高^[4]。其致病原因多为摔伤、高处坠落伤、重物击打和交通事故等。通常桡骨远端骨折常伴有其他几种类型的损伤,包括尺骨远端骨折(6%-9%)、尺骨茎突骨折(55-61%)、TFCC(39%-43%)、舟月韧带损伤(16%-40%)以及月三角骨韧带损伤(9%-15%)^[5-8]。然而,关于桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的文献鲜有报道。由于桡骨远端骨折伴发腕骨骨折在临床上的发病率不高,急性腕骨骨折在X线移位显示不明显、急诊工作性质等种种原因,明确桡骨远端骨折合并腕骨骨折的危险因素就显得尤为重要。

3.1 桡骨远端骨折伴腕骨的发病率及其特点

组成腕关节的八块腕骨由近端向远端,由桡侧向尺侧分别为舟骨、月骨、三角骨、豌豆骨、大多角骨、小多角骨、头状骨和钩骨,且腕骨之间的稳定性由多条掌侧和背侧韧带维持。由于腕骨体积较小,且结构复杂,X线较难诊断腕骨骨折。漏诊或误诊腕骨骨折可能会导致严重并发症:骨不愈合、畸形愈合、缺血性骨坏死、腕关节不稳以及创伤性关节炎。本研究发现我院就诊的桡骨远端骨折患者同时伴有腕骨骨折的发病率为6.32%,且大多数诊断由CT确诊。而Komura等^[9]报道桡骨远端骨折患者伴有腕骨骨折的发病率为7.00%。Welling等^[10]发现约有30%的腕骨骨折在X线诊断漏诊,因此建议临床工作中对于腕部损伤的患者应在X线检查结果阴性后行CT检查。Kiuru等^[11]也建议对于复杂的腕关节骨折在X线结果不明确时,应行CT检查进行评估,因为除舟骨骨折外,其他腕骨骨折在X线检查中灵敏度较低,难以确诊。此外,MRI既能诊断腕骨骨折,同时也可以诊断腕部韧带损伤^[12]。有文献表明,在诊断腕骨损伤时,CT的灵敏度、特异度和准确度分别为67%、96%和91%,MRI分别为67%、96%、85%^[13]。虽然MRI与CT均可诊断腕关节损伤,但CT对于检查骨质连续性更为敏感,且在急诊情况下也容易进行。

舟骨骨折是最常见的腕骨骨折,约占腕骨的70%;其次为三角骨骨折,约占所有腕骨的18%,且有超过90%的腕骨骨折均发生于近端腕骨^[14-15]。在本研究中,舟骨骨折占有所有腕骨骨折的76%,三角骨骨折占有所有腕骨的12%,并且与桡骨远端骨折

相关的腕骨骨折有 97% 发生于近端腕骨, 50 例患者中均未发生桡骨远端骨折伴头状骨骨折。因此, 与桡骨远端骨折相关的腕骨骨折发生的频率和分布大致与普通腕骨骨折相同。

桡骨远端骨折常见于腕背伸桡偏位撑地, 地面冲击力由掌骨向上传导, 而桡骨近端在身体重力的作用下, 对其桡骨远端密质骨与松质骨的交界处产生撞击以致其发生骨折。因为腕骨损伤机制与桡骨远端骨折类似, 所以腕骨骨折在一定程度上可能与桡骨远端骨折同时发生。据文献报道, 桡骨远端骨折并发症的发病率约为 6%-80%^[16]。桡骨远端骨折的预后与损伤严重程度、患者身体素质、是否合并软组织损伤和治疗方法有关。随着腕关节镜手术的不断完善, 不少学者报道了关于腕关节镜治疗桡骨远端骨折伴随软组织损伤(如腕骨间韧带、TFCC 等)的案例, 并且强调了治疗这种伴随软组织损伤的重要性^[17-19]。然而, 很少有文献报道桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的发病率以及对其预后的影响因素。Pretell-Mazzini 等^[20]报道了 28 例儿童桡骨远端骨折且同时伴有腕骨骨折的病例, 并且强调了骨科医师在面对桡骨远端骨折患者时, 应首先排除同侧腕骨骨折, 因为两者受伤机制相似, 不恰当的治疗可能会导致严重的后遗症。除了舟骨骨折, 其他腕骨骨折可经制动 4-6 周保守治疗。而对于桡骨远端骨折, 一般采用切开复位锁定钢板内固定治疗。Calderon 等^[21]比较了桡骨远端骨折掌侧板固定术后早期康复锻炼(2 周内)和晚期康复锻炼(4 周内)的预后, 发现两组患者腕关节背伸掌屈活动度、握力、疼痛评分均无显著差异。因此, 对于桡骨远端骨折患者, 当腕骨骨折诊断不明确时, 术后制动是有必要的。此外值得注意的是, 若在 X 线或 CT 观察到腕骨为撕脱性骨折, 则可能意味着腕关节不稳或韧带损伤^[22]。

3.2 桡骨远端骨折伴发腕骨骨折的危险因素

本研究发现, 桡骨远端骨折伴腕骨骨折的发生与高能量损伤、AO 分型为 B 型、伴有骨质疏松具有统计学意义 ($P < 0.05$), 而与性别和年龄差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。后将 AO 分型为 B 型、伴有骨质疏松、高能量损伤纳入多因素 Logsitic 回归分析后发现, 三者均为桡骨远端骨折伴腕骨骨折发生的独立危险因素。上述结果提示, 若桡骨远端骨折的患者 AO 分型为 B 型, 同时伴有骨质疏松, 且受伤机制为高能量损伤, 应予以腕关节 CT 或 MRI 检查, 警惕腕骨骨折的发生。

临床上桡骨远端骨折分型有多种, 传统上有以人名分类^[23-24]: 爱尔兰医师 Colles

于 1814 年第一次报道伸直型桡骨远端骨折, 亦称 Colles 骨折; 英格兰医师 Smith 于 1847 年第一次报道屈曲型桡骨远端骨折, 亦称 Smith 骨折; 美国医师 Barton 于 1938 年第一次报道累及桡骨远端关节面同时伴腕关节半脱位的骨折, 亦称 Barton 骨折; 骨科医师 Frykman 于 1976 年提出 Frykman 分型, 此类型强调了桡腕关节和桡尺关节的重要性。20 世纪 90 年代 AO 组织提出新的分型, 此分型主要根据桡骨远端骨折的严重程度进行分类: A 型为关节外骨折, B 型为部分关节骨折; C 型为关节内骨折。此分型详细的描述了骨折线与关节面的关系, 对骨折做出全面评估和治疗指导。本研究发现 AO 分型为 B 型是桡骨远端骨折伴腕骨骨折的危险因素。桡骨远端有 3 个关节面, 分别为位于桡背侧的舟骨关节面、尺掌侧的月骨关节面以及垂直两者的乙状切迹。故当腕关节着地桡偏且过度背伸时, 桡骨远端发生关节内骨折, 近排腕骨与骨折块受力不均匀, 舟状骨所承受的负荷最大且最容易发生骨折。故 AO 分型为 B 型的桡骨远端骨折易合并舟骨骨折。

本研究发现高能量损伤和骨质疏松也是桡骨远端骨折伴腕骨骨折的独立危险因素。高能量损伤一般指交通事故、1.5 米以上的高处坠落、运动、工业事故以及重物击打所造成的损伤。而骨质疏松是人类常见的骨骼疾病, 其特征是骨量减少和骨小梁等结构退行性变, 最终导致骨密度降低, 脆性增大, 低能量骨折的风险增加。据文献报道, 全球约有 2 亿女性患有骨质疏松症, 年龄 50 岁以上的女性约有三分之一可能会发生与骨质疏松症相关的骨折, 而年龄 50 岁以上的男性约有五分之一可能发生与骨质疏松症相关的骨折^[25-26]。与骨质疏松症有关的骨折常发生于腰椎、髋关节和腕关节。当腕部受到较高能量的外力时, 腕骨及腕间韧带极易受到损伤。若同时合并有骨质疏松, 则腕骨骨折的风险会明显增高。

为了进一步探讨 AO 分型为 B 型、高能量损伤以及骨质疏松对桡骨远端骨折伴腕骨骨折的预测价值, 我们绘制了 AO 分型为 B 型, 高能量损伤以及骨质疏松的 ROC 曲线。结果显示三者的 AUC 值分别为 0.721、0.748、0.742。其中, AO 分型为 B 型的灵敏度为 76.00%, 特异度为 68.15%; 高能量损伤的灵敏度为 84.00%, 特异度为 65.59%; 骨质疏松的灵敏度为 60.00%, 特异度为 88.39%, 三者联合的 AUC 值为 0.908。三者预测桡骨远端骨折伴腕骨骨折的灵敏度和特异度各占优势, 三者联合可以互相补充, 并可以提高诊断效能。

本文的局限性: 1. 部分石膏固定保守治疗的患者未行 CT 检查, 一些腕骨骨折可

能会在 X 线检查种漏诊。其次，AO 分型为 B 型和 C 型的骨折患者 CT 的使用率要高于 AO 分型为 A 型的骨折患者，具有一定的选择偏倚。2. 本研究为单中心回顾性研究，仍需大量、前瞻性的研究进一步证明我们的结论。

4 结 论

1. 桡骨远端骨折伴腕骨骨折的发生率较低，临床上极易漏诊应予以重视。
2. 与桡骨远端相关的腕骨骨折 90% 以上发生在近端腕骨，且以舟骨骨折最常见。
3. 对于高能量损伤、AO 分型为 B 型且伴有骨质疏松的桡骨远端骨折患者，应高度怀疑腕骨骨折与桡骨远端骨折可能同时发生，并予以 CT 或 MRI 检查进一步明确诊断。

参考文献

- [1] Katt B, Seigerman D, Lutsky K, Beredjiklian P. Distal Radius Malunion. *J Hand Surg Am*. 2020. 45(5): 433-442.
- [2] Suh N, Ek ET, Wolfe SW. Carpal fractures. *J Hand Surg Am*. 2014. 39(4): 785-91; quiz 791.
- [3] Dumontier C, Carmès S, Kadji O. [Combined scaphoid and distal radius fractures in adults]. *Hand Surg Rehabil*. 2016. 35S: S55-S59.
- [4] KHADER B A, TOWLER M R. Common treatments and procedures used for fractures of the distal radius and scaphoid: A review[J]. *Mater SCI Eng C Mater Biol Appl*, 2017,74:422-433.
- [5] DUMA S M, BOGGESS B M, CRANDALL J R, et al. Injury risk function for the small female wrist in axial loading[J]. *Accid Anal Prev*, 2003,35(6):869-875.
- [6] KWON B C, BAEK G H. Fluoroscopic diagnosis of scapholunate interosseous ligament injuries in distal radius fractures[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2008,466(4):969-976.
- [7] SAMMER D M, SHAH H M, SHAUVER M J, et al. The effect of ulnar styloid fractures on patient-rated outcomes after volar locking plating of distal radius fractures[J]. *J Hand Surg Am*, 2009,34(9):1595-1602.
- [8] KIM J K, KOH Y D, DO N H. Should an ulnar styloid fracture be fixed following volar plate fixation of a distal radial fracture?[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2010,92(1):1-6.
- [9] Komura S, Yokoi T, Nonomura H, et al. Incidence and characteristics of carpal fractures occurring concurrently with distal radius fractures[J]. *J Hand Surg Am*, 2012,37(3):469-476.
- [10] WELLING R D, JACOBSON J A, JAMADAR D A, et al. MDCT and radiography of wrist fractures: radiographic sensitivity and fracture patterns[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008,190(1):10-16.
- [11] KIURU M J, HAAPAMAKI V V, KOIVIKKO M P, et al. Wrist injuries; diagnosis with multidetector CT[J]. *Emerg Radiol*, 2004,10(4):182-185.
- [12] FOTIADOU A, PATEL A, MORGAN T, et al. Wrist injuries in young adults: the diagnostic impact of CT and MRI[J]. *Eur J Radiol*, 2011,77(2):235-239.
- [13] MALLEE W, DOORNBERG J N, RING D, et al. Comparison of CT and MRI for diagnosis of suspected scaphoid fractures[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011,93(1):20-28.
- [14] HOVE L M. Epidemiology of scaphoid fractures in Bergen, Norway[J]. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 1999,33(4):423-426.
- [15] PAPP S. Carpal bone fractures[J]. *Orthop Clin North Am*, 2007,38(2):251-260, vii.
- [16] TURNER R G, FABER K J, ATHWAL G S. Complications of distal radius fractures[J]. *Hand Clin*, 2010,26(1):85-96.
- [17] AHSAN Z S, YAO J. Complications of Wrist and Hand Arthroscopy[J]. *Hand Clin*, 2017,33(4):831-838.

- [18] KAKAR S, BURNIER M, ATZEI A, et al. Dry Wrist Arthroscopy for Radial-Sided Wrist Disorders[J]. J Hand Surg Am, 2020,45(4):341-353.
- [19] D'AILLY P N, SCHEP N, COERT J. [Arthroscopy of the wrist][J]. Ned Tijdschr Geneesk, 2022,166
- [20] PRETELL-MAZZINI J, CARRIGAN R B. Simultaneous distal radial fractures and carpal bones injuries in children: a review article[J]. J Pediatr Orthop B, 2011,20(5):330-333.
- [21] LOZANO-CALDERÓN S A, SOUER S, MUDGAL C, et al. Wrist mobilization following volar plate fixation of fractures of the distal part of the radius[J]. J Bone Joint Surg Am, 2008,90(6):1297-1304.
- [22] SLUTSKY D J. Predicting the outcome of distal radius fractures[J]. Hand Clin, 2005,21(3):289-294.
- [23] FRYKMAN G. Fracture of the distal radius including sequelae--shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study[J]. Acta Orthop Scand, 1967:Suppl 108:3+.
- [24] DIAZ-GARCIA R J, CHUNG K C. Common myths and evidence in the management of distal radius fractures[J]. Hand Clin, 2012,28(2):127-133.
- [25] KANIS J A. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk[J]. Lancet, 2002,359(9321):1929-1936.
- [26] CURTIS E M, VAN DER VELDE R, MOON R J, et al. Epidemiology of fractures in the United Kingdom 1988-2012: Variation with age, sex, geography, ethnicity and socioeconomic status[J]. Bone, 2016,87:19-26.

综述

月骨无菌性坏死的治疗进展

月骨无菌性坏死又称 Kienböck 病, 是较为常见的骨坏死性疾病, 于 1910 年首次被奥地利放射科医师 Robert Kienböck 发现并命名。该疾病常表现为腕关节活动受限, 并伴有肿胀和疼痛, 多见于 20-30 岁男性, 发病率约为 7/10 万人^[2]。该疾病发展隐匿, 早期较难诊断, 如不予干预易发展为创伤性关节炎, 最终丧失腕关节功能。本文着重分析了月骨无菌性坏死的诱发因素, 并对其目前的治疗策略进行了详细阐述, 为后续的研究提供参考。

1. 诱发因素

1.1 月骨血供

月骨的血供由掌侧和背侧滋养血管供应。Lamas 等^[3]通过乳胶注射和 Spalteholz 技术对 27 具尸体上肢解剖, 发现所有月骨掌侧及背侧均有滋养血管, 但掌侧滋养血管及滋养孔数量较背侧多。Gelberman 等^[4]同样用此方法对 35 例新鲜尸体的月骨血管进行了分类: X 型 (10%)、Y 型 (59%) 和 I 型 (31%), 并且指出 I 型最有可能发生血管破裂进而发生骨坏死。但该分型并未强调优势侧血供, 所以在临床应用中存在一定局限性。

Nieradko-Iwanicka 报道了一例 61 岁建筑工人因长时间使用振动工具导致右侧月骨缺血性坏死^[5]。在工作中使用振动工具通常会引起手臂振动综合征, 主要表现为血管症状 (职业性雷诺氏病)、神经系统症状 (腕管综合征) 和肌肉骨骼症状 (如月骨无菌性坏死)。多数学者认为骨坏死是反复微创伤引起的血管破裂所致。此外, Kim 等^[6]对 17 例月骨无菌性坏死患者在腕部不同体位下行骨间动脉微血管造影, 发现腕关节的活动会减少骨间血流量, 只有中立位时血供无明显影响。因此腕部长时间夹板固定或职业原因导致的腕关节过伸过屈均可能导致月骨无菌性坏死的发生。

1.2 月骨形态

Viegas 等^[7]将月骨形态分为两种类型: I 型月骨远端仅有一个头状骨关节面; II 型月骨远端除头状骨关节面以外还有一个内侧小关节。Nakamura 等^[8]对 170 具尸体腕部解剖, 发现 71% 的月骨存在内侧小关节。月骨的骨小梁与近、远端关节面垂直, 所以

大部分学者认为内侧小关节的存在可能会改变月骨负荷方向。由于骨小梁内成角的变化,不同的月骨形态会产生不同的压力负荷,这可能是导致月骨疲劳、应力性骨折以及反复微创伤后骨折不愈合的原因。此外,Nakamura 认为与 I 型月骨相比,桡骨在 II 型月骨分布的力量更大^[10]。种种现象表明额外关节面的存在可能是月骨发生无菌性坏死的解剖学危险因素。

1.3 月骨生物力学

部分学者认为月骨生物力学的改变是月骨无菌性坏死的危险因素。Schuind 等^[11]使用刚体弹簧建模技术评估了 120 例正常成人腕骨力的传导,发现穿过桡舟关节、桡月关节和三角纤维软骨复合体的相对力传导分别为 55%、35%和 10%。此外,月骨暴露指数越大,桡月关节负荷越小,桡舟关节和尺腕关节负荷越高。Ledoux 等^[12]利用尸体骨骼的几何数据建立了月骨的有限元分析模型,发现月骨暴露指数高,月骨骨小梁成角和尺骨负性变异三个条件同时具备时月骨骨折会不断进展,最终其塌陷。

1.4 尺骨变异

尺骨变异是指尺骨远端相对于桡骨远端长度的关系。Hulten^[13]于 1928 年首次提出尺骨负性变异与月骨无菌性坏死两者间具有相关性。Afshar 等^[14]测定了 60 例月骨无菌性坏死患者和 400 个正常人的尺骨变异分布情况,发现两者之间尺骨变异的方差差异具有统计学意义。Ledoux 和 Wouter 等^[12,15]也认为尺骨变异对月骨无菌性坏死有很大影响。此外,据报道月骨无菌性坏死患者在经桡骨截骨术获得良好的效果。因此大部分学者提出假设:尺骨缩短会导致相对较长的桡骨对月骨施加过度的机械应力和重复的微创伤。

但部分学者反对这一假设。Leeuwen 等^[16]发现大部分正常人也存在尺骨负性变异,月骨无菌性坏死病患者也存在尺骨中性和正性变异。此外,尺骨变异会随着前臂旋前和旋后发生变化,其次尺骨变异在男性和女性之间有显著差异,并且尺骨负性变异随着年龄的增长而增加^[17]。他们认为尺骨负性变异在月骨无菌性坏死疾病发展中作用仍不明确。

1.5 非解剖学因素

月骨骨折非常罕见,仅占有腕骨骨折的 0.5%-6.5%^[18]。当骨折线穿过月骨冠状面时,如不能及时干预则会缺血性坏死。在持续的应力下继而发生骨小梁塌陷,最

终形成月骨无菌性坏死。导致月骨骨折较难诊断的原因有以下 3 点：(1) 80% 的月骨表面由软骨覆盖，导致损伤后患者无知觉而无法及时就医；(2) 月骨被桡骨远端包围，无法直接接触诊，定位困难；(3) 腕部 X 线腕骨重叠，较难发现月骨骨折^[19,20]。

遗传因素也被认为可能是月骨无菌性坏死的发病机制，但比较罕见。Templeman 于 1985 年报道了一对母女发生家族性的月骨缺血性坏死，两例均表现为腕部疼痛伴肿胀，腕关节活动屈曲 $\leq 55^\circ$ ，背伸 $\leq 35^\circ$ ^[5]。此外，I 型糖尿病、系统性红斑狼疮和 Perthes 病也被认为是月骨无菌性坏死的危险因素^[21]。

2. 影像学表现及分期

月骨无菌性坏死分期使用最广泛的是 Lichtman 分期，此分期以 X 线为基础，但 MRI 对该疾病更敏感^[22]。I 期月骨无异常，保持正常的结构及密度，然而在 T1 加权磁共振图像上信号略有下降^[23]；II 期月骨密度增加并且弥漫性硬化，但其高度及关节面保持不变；III 期月骨开始塌陷，T2 加权磁共振图像上可见明显高信号^[24]，其中 IIIA 期近排腕骨排列保持不变，IIIB 期头状骨近端移位伴舟状骨旋转，桡舟角 $> 60^\circ$ ，X 线表现为骨皮质“环状征”^[23]，IIIC 期月骨冠状面可见骨折线^[25]；IV 期腕关节发生退行性关节炎，如关节面狭窄等。

Schmitt 等^[26]使用钆灌注技术增强 T1 加权抑脂序列，从而识别月骨三种类型的骨髓区域：近端坏死区、中间修复区和远端正常区。修复区的高信号表明愈合预后良好，而低信号表明由于骨髓不能存活而预后不良；正常骨髓的特征是在 T1 和 T2 加权像上信号正常，无明显强化；坏死骨髓在 T1 和 T2 加权像上表现为异常信号，注射后未见增强；修复区骨髓注射钆后明显强化。因此 Schmitt 等^[27]对静脉注射钆造影剂后的月骨 MRI 信号变化进行了分期：N 期：月骨信号正常，无强化；A 期（骨缺血）：月骨近端水肿且强化；B 期（部分坏死）：近端坏死区无强化，中间修复区强化，远端月骨信号正常；C 期（完全坏死）：无强化。这一分类具有预后和治疗意义，有助于选择最佳的血运重建手术。

Bain 等^[28]利用关节镜对月骨缺血性坏死严重程度进行了分级：0 级腕关节可能有滑膜炎，但所有关节面功能正常；1 级单纯累及月骨近端关节面；2 级累及两个关节面，其中 2A 级累及月骨近端关节面和桡骨远端关节面，2B 级累及月骨近端和远端关节面；3 级累及桡骨远端关节面、月骨近端和远端关节面，未累及头状骨；4

级所有四个关节面均累及。关节镜的使用使外科医生能够直观识别受累关节面，并根据结果定制手术方案，最终改善患者的预后效果^[22]。

Lichtman 等^[29]于 2017 年提出一个新的分类，此分类综合了 Lichtman X 线分期、Schmitt MRI 分期和 Bain 关节镜分级，并且纳入患者年龄、月骨损伤的阶段和腕关节面的状态（见表 1）。此分类更加精确并且遵循个体化治疗原则。此外，Lichtman 发现儿童和老年人预后较好，通常建议保守或微创治疗。

(表1) 月骨无菌性坏死Lichtman新分类				
	Lichtman X线分期	Schmitt MRI分期	Bain关节镜分级	治疗原则
月骨完整	I期 II期	A期	0级	保守制动 月骨减压 血运重建
月骨损伤	IIIA期	B期	1级	月骨重建
月骨不可重建	IIIC期	C期	2b级	月骨切除
腕关节损伤	IIIA期	B 期	2a级	桡舟月关节融合
	IIIA 期 IIIC期	B期	3级 4级	舟头关节融合
	IIIB期	B期	2-4级	舟头关节融合 STT融合
腕关节不可重建	IV期	C期	4级	腕关节融合

3.治疗

迄今为止任何治疗方案都不可能完全阻止月骨无菌性坏死的发展进程，因此其治疗方案应考虑各种因素：患者年龄、月骨损伤阶段、尺骨变异等解剖因素以及术者的偏好等等。早期（月骨塌陷前）的治疗方案旨在保护月骨，而一旦月骨塌陷，则应进行移除。

3.1 保守治疗

Irisarri 等^[30]回顾分析了 13 例月骨无菌性坏死患儿发现腕关节经制动治疗后预后良好。Mohseni 等^[31]报道了一例 11 岁女孩月骨无菌性坏死，接受了 10 周的夹板治疗，2 个月后症状消失，且 MRI 证实月骨部分血运重建。有研究表明，如果患者小于 15 岁，首先应保守治疗，因为疼痛症状可能会消失^[32]，如果患者年龄在 15~20 岁之间，在微创手术前，需要 3~6 个月的保持腕关节制动^[29]。

Taniguchi 等^[33]对 14 例月骨无菌性坏死老年患者进行了调查，发现月骨坏死通常发生在体力劳动者的优势手，且女性比在男性常见。并且，老年患者的发病诱因与年轻人不同：老年患者诱因为骨质疏松症、自身免疫性疾病和骨性关节炎^[32]。虽然影像学显示月骨坏死一直进展，但临时制动和抗炎药物等保守治疗仍是老年患者的有

效治疗方法。对于腕关节持续疼痛和肿胀患者,滑膜切除术可以减轻症状^[34]。

3.2 手术治疗

3.2.1 月骨减压及血运重建术

此类手术主要有桡骨截骨术、头状骨截骨术、尺桡骨干骺端核心减压术等,目的是减轻月骨负荷和改善血运,以此保护完整的月骨,适合形状正常、关节面完好并且血运预后良好的月骨,即 Lichtman I 和 II 期、Bain 0 级和 Schmitt A 期。

对于尺骨负性变异患者,最常采用的是桡骨截骨术。Schulz 等^[35]对 13 例 Lichtman I 和 II 期的月骨无菌性坏死患者行桡骨截骨术,术后平均 6 周恢复,且 MRI 显示月骨愈合迹象。Žiger 等^[36]对 20 例上肢进行解剖,发现桡骨缩短对月骨压力的减轻程度取决于尺骨变异程度。在尺骨变异-1 中(即尺骨远端比桡骨远端短 1mm),桡骨缩短 2 mm 可减少月骨 37%的压力。对于尺骨变异-2(尺骨远端比桡骨远端短 2mm)和-3(即尺骨远端比桡骨远端短 3mm)中,桡骨缩短 3 mm 减少月骨 5%、75%的压力。Lee 等^[37]对 12 例接受桡骨截骨术的患者进行回顾性分析,通过静脉注射钆造影剂增强 MRI 来观察月骨灌注量,发现月骨灌注量从 24%增加到 54%,说明桡骨截骨术一定程度上可以恢复月骨血运。目前桡骨截骨术已有多种术式,其中 Camembert 截骨术是一种桡骨楔形截骨术,只缩短面向月骨的部分桡骨。Camus 等^[38]使用有限元建立了一个腕关节三维模型,并将不同的截骨术应用于模型,发现 Camembert 截骨术能最有效的减轻月骨负荷。Camus 等^[39]对 10 例采用 Camembert 截骨术的患者随访 7 年发现,患者腕部疼痛缓解,腕关节屈伸、尺斜明显改善。此外,一些长期随访的研究报道尺骨延长术也具有良好的临床效果^[40]。Trumble 等^[41]行月骨生物力学研究中发现桡骨截骨术和尺骨延长术在减轻月骨负荷方面效果相似^[41]。

对于尺骨中性或正性变异的患者可行头状骨截骨术,将负荷转向舟骨和三角骨^[42]。Yıldırım 等^[43]对 19 例采用头状骨截骨术的月骨无菌性坏死患者随访 16 个月,其中 10 例月骨血运完全重建,6 例月骨血运部分重建,2 例月骨血运无好转,1 例月骨血运恶化,表明这种方法在改善月骨无菌性坏死临床症状和功能方面与桡骨截骨术一样有效。Kayaokay 等^[44]比较头状骨截骨术与桡骨截骨术对月骨无菌性坏死血运重建以及病程变化的结果,发现与桡骨截骨术相比,头状骨截骨术在不增加尺骨负荷血运重建率更高。Mazhar 等^[45]通过 52 例月骨无菌性坏死患者来比较头状骨截骨术与桡骨

截骨术的临床疗效,发现与桡骨截骨术相比,头状骨截骨术手术切口更小,愈合时间更短,术后并发症更少。

月骨无菌性坏死患者在行桡骨或头状骨截骨术后,尽管腕关节疼痛症状,力量以及活动度方面有较大改善,但在腕关节稳定度仍存在隐患,甚至月骨坏死进一步恶化^[22]。Luegmair 等^[46] 随访 12.1 年,分析了 36 例行桡骨截骨术治疗月骨无菌性坏死的患者,发现 15 例患者月骨进一步坏死,这表明截骨术可能会减缓疾病的进程,但不能彻底治愈。但是,仍有学者仍认为在月骨无菌性坏死治疗后出现月骨硬化,塌陷甚至坏死导致进一步腕关节炎并不代表治疗失败^[39,46-49]。

除月骨减压术外,血运重建术也至关重要。血运重建术最早于 2001 年由 Illarramendi 提出,即尺桡骨干骺端核心减压术,作为一种月骨无菌性坏死侵袭性较小的治疗方法^[51]。此方法可通过月骨继发性充血减轻患者疼痛,并且直接降低月骨骨内压,最终实现血运重建。Sevimli 等^[52]对 10 例月骨无菌性坏死患者行干骺端核心减压术,发现术后患者握力以及腕部活动度均获得良好改善。Bain 等^[53]对采用关节镜下行干骺端核心减压术的患者随访 6 年后发现患者腕部活动度及握力与健侧相当。Kamrani 等^[54]评估了关节镜下干骺端核心减压术与桡骨截骨术治疗月骨无菌性坏死的效果,发现使用前者腕部被动背伸有明显改善,术后握力较术前有明显提高,并且手术治疗效果与桡骨截骨术差异无统计学意义。这说明与截骨术相比,关节镜下减压术操作更简单,并发症风险也更低。

3.2.2 月骨重建术

若月骨坏死进一步发展,出现部分关节面损伤,如月骨近端关节面,即 Lichtman IIIA 期、Bain 1 级和 Schmitt B 期时,理想的治疗方法是月骨重建术。

月骨重建术可以通过移植不同部位的带血管蒂骨或游离血管化骨来实现,如桡骨远端、豌豆骨、第二掌骨头部、股骨内侧髁、髂骨等等。美国手外科医生通常使用第 4、5 伸肌鞘管动脉桡骨瓣进行月骨重建治疗月骨无菌性坏死^[55]。Aydemir 等^[56]对 10 例月骨无菌性坏死患者行第 4 伸肌鞘管动脉桡骨瓣术,所有患者术后均恢复日常活动,无 1 例患者因并发症或疾病进展而需要再次手术。Ye 等^[57]对 9 例月骨无菌性坏死患者行第 4、5 伸肌鞘管动脉桡骨瓣术,平均随访 69 个月,所有患者疼痛及握力均获得满意的改善。

Xu 等^[58]通过显微 CT 扫描和 Mimics 软件重建豌豆骨和月骨的三维图像,发现豌豆骨的远端、近端、桡侧和尺侧均有营养血管,且近端明显多于远端。此发现为带血管蒂豌豆骨移植术治疗月骨无菌性坏死提供理论支持。Daecke 等^[59]对行带血管蒂的豌豆骨移植术的 23 例病人进行了 12 年的随访显示 23 例患者中有 20 例疼痛明显减轻,手术效果较好,值得注意的是,在带血管蒂的豌豆骨移植术中骨科医师应注意避免过度剥离豌豆骨近端以及尺侧的软组织,以防造成豌豆骨供血不足。

Lichtman 推荐使用带血管蒂的股骨内侧髁移植治疗月骨无菌性坏死^[29]。Van Handel 等^[60]使用三维几何计量分析比较了头状骨近端和股骨内侧髁表面与月骨近端的形态,发现在大多数志愿者中股骨内侧髁表面在解剖学上更接近月骨近端的形状。Hachisuka 等^[61]对采用带血管的股骨内侧髁移植的患者行 6 年随访,发现患者腕部活动度及握力完全恢复,X 线未显示移植出现骨吸收和塌陷,腕骨高度也保持在正常范围内。

许多学者已经证明其余月骨重建术既可以实现骨内减压,又可以借新生血管与骨内原有血管吻合,提供充足的血供,从而可以促进月骨自身修复能力^[61-67]。但值得注意的是月骨重建术对骨科医生更具挑战性,容易导致关节面的损伤,进一步加重月骨坏死。

3.2.2 月骨切除

如果月骨已经塌陷,并且没有血运重建的潜力,即 Lichtman IIIC 期、Bain 2b 级和 Schmitt C 期时,此时月骨已无法重建,应将月骨切除,包括月骨置换术或近端腕骨切除术。

月骨置换代替物最早从 Lippman 在 1949 年描述的金属假体开始,后逐渐出现硅胶、豌豆骨、自体肌腱、高分子材料等替代物^[69]。上世纪 80 年代后期学者们观察到植入硅胶后大部分患者腕关节出现局限性异物滑膜炎,且硅胶假体塌陷率高达 22%,因此硅胶代替物已被放弃^[70-72]。Levent 等^[73]评估了 38 例接受掌长肌替代月骨治疗患者的长期结果,虽然临床效果和患者预后较为满意,但腕关节出现了退行性改变。Karalezli 等^[74]在尸体上行桡侧腕长伸肌腱替代月骨的生物力学手术,发现此手术既可以保持近端腕骨的完整性,又将轴向负荷均匀分布到远端腕骨。但此研究并非临床研究,仍需要大量临床病例进一步证实此手术的疗效。

Parwaiz 报道了一例金属月骨置换术的患者,术后 40 年仍可以很好的发挥功能

[75]。但钛等金属材料只有月骨大体形状,不适合患者个体化治疗,也无法完成腕关节的一些复杂运动。3D 打印技术使制作患者特定的植入物成为可能,从而使患者更准确地恢复腕关节运动,从而可能改善预后。但目前关于 3D 打印月骨假体的具体设计和手术技术的信息仍比较少。Ma 等^[76]回顾了 5 例采用 3D 打印月骨假体治疗的月骨无菌性坏死患者,平均随访 19 个月,所有患者的腕关节活动和力量均有明显改善,证明了 3D 打印月骨假体治疗的可行性。为了准确设计患者的月骨植入物,有必要在月骨塌陷之前获得其最准确的形状。Yuan 等^[77]以患者对侧健康月骨为参照,采用镜像技术对患侧月骨进行三维重建,术后 1 年对患者进行随访,患者腕部的活动范围、抓力和 VAS 评分均有显著改善,术后 X 线检查表明月骨假体在解剖学上对邻近骨结构有良好的适应性。扫描健侧月骨,并将其形状作为模板是基于双侧月骨对称的假设。这种假设从未被证明适用于月骨,通常也不适用于其他骨骼^[78]。Tümer 等^[79]对 54 对月骨进行 CT 扫描,建立月骨三维模型,评价双侧月骨的对称性,使用对侧月骨形状作为 3D 打印的模板并不准确。

如果头状骨和月骨桡骨窝关节面功能正常,则可以行近端腕骨切除术。虽然被认为是一种挽救性手术,并且改变了腕关节的生物力学,但近端腕骨切除术能减轻疼痛并改善功能^[80]。该术式是切除三角骨、月骨和舟骨,使头状骨与桡骨远端连接。Zhu 等^[81]研究了 6 例新鲜冷冻尸体行近端行腕骨切除术后头桡关节的生物力学,发现头桡关节的解剖并不匹配导致新的腕关节负荷增加。Hogan^[82]发现行近端腕关节切除术后腕关节平均负荷增加了 57%,但头状骨在腕关节活动中比原生舟骨更容易移动。尤其在腕关节背伸 40° 和屈曲 20° 之间活动时,头状骨向掌侧和背侧偏移增加了 108%。桡头关节活动度的增加可能是行近端腕骨切除术的患者桡腕关节炎发病率低的原因。Lumsden 等^[83]报告了 13 例行近端腕骨切除术的患者,经过至少 10 年随访发现其中 12 例预后良好,腕关节活动度与健侧相比为 73%,握力为 92%。此外,学者们有患者行近端腕骨切除术有桡头关节发生退行性改变,但桡头关节的退行性影像学改变并不意味预后不良,并且与疼痛症状无关^[84,85]。

3.2.3 局限性腕关节融合

当患者只有桡月关节面受损,腕中关节面功能正常时,即 Lichtman IIIA 期、Schmitt B 期和 Bain 2a 级,可以行桡舟月骨关节融合术(RSL 融合术)。Montoya 等^[86]

对 34 例行 RSL 融合术的患者进行平均 53 个月的随访,发现虽然 79%的患者对术后恢复程度感到满意,但融合率只有 71%,29%的患者发生骨不连。McNary 等^[87]在 10 具新鲜尸体手腕模拟 RSL 融合术、舟状骨切除术和三角骨切除术来测量头月关节的压力和接触面积,发现 RSL 融合术联合舟状骨切除术使头月关节的接触面积增大,但接触压力无明显变化。Suzuki^[88]也发现 RSL 融合术联合舟状骨切除术可以降低腕关节炎的发病率,但也容易造成腕关节背伸不稳。

若患者桡月关节面和腕中关节面均受损时,即 Lichtman IIIA、Lichtman IIIC 期、Schmitt B 期和 Bain 3~4 级,可以行舟头关节融合术。Collon 等^[89]对 17 例行舟头关节融合术的患者进行平均 5.8 年的随访,发现屈曲和背伸为 91° ,握力为健侧的 76%。Meena 发现行 Herbert 螺钉舟头关节融合术的患者术后手腕活动范围和握力显著改善,并且有融合率高、并发症低等优点,是月骨无菌性坏死 Lichtman IIIA 患者的首选^[90]。此外,若月骨碎块引起局限性滑膜炎,或 CT 显示月骨明显增宽,必要时可切除月骨。

由于患者 Lichtman IIIB 期的症状与舟状骨屈曲有关,Watson 于 1985 年提出舟骨大小多角骨间关节融合术(STT 融合术)^[91]。此方法将腕关节的轴向负荷绕过了塌陷的中央柱,稳定了桡侧柱,并通过完整的桡舟关节进行连接。Acar 等^[92]回顾了接受 STT 融合术的 9 例 IIIB 期月骨无菌性坏死患者,所有患者均完全愈合,握力也显著提高。Meier 等^[93]对接受了 STT 融合术的 111 例患者进行平均 4 年的随访,发现患者腕关节伸展和屈曲的活动范围恢复到术前的 81%,桡偏和尺偏恢复到术前的 68%,术前 VAS 评分在非应急条件下降低了 76%、在应急条件下降低了 55%,平均握力提高到健侧的 65%。上述数据表明 STT 融合术在治疗月骨坏死和缓解疼痛方面是可靠和有效的。

3.2.4 全腕关节融合术

患者一旦桡舟关节也损伤,即 Lichtman IV 期、Schmitt C 期和 Bain 4 级时,腕关节已无法重建,此时手术方式包括全腕关节融合术或腕关节成形术。据统计,美国 2008 年腕关节融合术的手术量是腕关节成形术的近 10 倍^[94]。年轻患者和创伤性关节炎患者行腕关节融合术,而老年患者和类风湿性关节炎患者更多行腕关节成形术^[95]。Nydyck 等^[96]比较了 15 名接受腕关节融合术和 7 名接受腕关节成形术治疗的患者

的临床结果发现,两组术后 VAS 评分平均为 2 分,关节融合术组的患者腕关节评分为 73 分,关节成形术组评分为 31 分。两组中的大多数患者对手术效果满意,并发症发生率也相似。

腕关节融合术最常见的并发症为骨不连。相对于身体的其他关节,腕关节关节内接触表面积的大小是腕关节成功融合的关键因素,这通常需要仔细切除所有关节软骨。腕关节融合的第二个关键因素是坚强内固定,背侧加压钢板在关节高愈合率方面提供很大帮助^[97]。腕管综合征也是腕关节融合术后的并发症,一些研究显示其发生率高达 10%,有些患者需要行腕管正中神经探查松解术^[98]。因此,一些外科医生提倡在腕关节融合手术时应该同时松解腕管。

4.结语

月骨无菌性坏死是一个不断进展的疾病,不同阶段的最佳治疗方法仍在争论中。由于缺乏随机多中心对照研究的明确指南,因此选择正确的治疗方案对手外科医生来说是一种挑战。月骨无菌性坏死治疗的关键在于准确判断该疾病的分期,Lichtman 量表是用于判断月骨无菌性坏死分期最常见的影像学方法。此外,手术的选择也应考虑患者个人因素以及手外科医生的经验。同时医患之间应积极的沟通,以此来权衡每种手术选择的风险和益处。

参考文献

- [1] Jupiter J B, Fernandez D L. Comparative Classification for Fractures of the Distal End of the Radius[J]. The Journal of Hand Surgery, 1997, 22(4): 563-571.
- [2] van Leeuwen W F, Janssen S J, ter Meulen D P, Ring D. What Is the Radiographic Prevalence of Incidental Kienböck Disease?[J]. Clinical Orthopaedics & Related Research, 2016, 474(3): 808-813.
- [3] Lamas C, Carrera A, Proubasta I, Llusà M, Majó J, Mir X. The anatomy and vascularity of the lunate: Considerations applied to Kienböck's disease[J]. Chirurgie de la Main, 2007, 26(1): 13-20.
- [4] Gelberman R H, Bauman T D, Menon J, Akeson W H. The vascularity of the lunate bone and Kienböck's Disease[J]. The Journal of Hand Surgery, 1980, 5(3): 272-278.
- [5] Nieradko-Iwanicka B. Hand-Arm Vibration Syndrome[J]. Reumatologia, 2019, 57(6): 347-349.
- [6] Kim S, Eichenauer F, Asmus A, Mutze S, Eisenschenk A, Honigsmann P. Superselective Angiography of the Wrist in Patients with Kienböck's Disease[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2019, 20(1): 143.
- [7] Viegas S F, Patterson R M, Hokanson J A, Davis J. Wrist anatomy: Incidence, distribution, and correlation of anatomic variations, tears, and Arthrosis[J]. The Journal of Hand Surgery, 1993,

- 18(3): 463-475.
- [8] Nakamura K, Patterson R M, Moritomo H, Viegas S F. Type I versus type II lunates: Ligament anatomy and presence of Arthrosis[J]. The Journal of Hand Surgery, 2001, 26(3): 428-436.
- [9] Nakamura K, Beppu M, Patterson R M, Hanson C A, Hume P J, Viegas S F. Motion analysis in two dimensions of Radial-ulnar deviation of type I versus type II Lunates[J]. The Journal of Hand Surgery, 2000, 25(5): 877-888.
- [10] Rhee P C, Moran S L. The Effect of Lunate Morphology in Carpal Disorders: Review of the Literature[J]. Current Rheumatology Reviews, 2020, 16(3): 184-188.
- [11] Schuind F, Cooney W P, Linscheid R L, An K N, Chao E Y S. Force and pressure transmission through the normal wrist. A theoretical two-dimensional study in the posteroanterior Plane[J]. Journal of Biomechanics, 1995, 28(5): 587-601.
- [12] Ledoux P, Lamblin D, Wuilbaut A, Schuind F. A Finite-Element Analysis of Kienbock's Disease[J]. The Journal of Hand Surgery, European Volume, 2008, 33(3): 286-291.
- [13] Yildirim T, Unsal S S, Armangil M. Association of the Interfacet Angle and the Lunate Facet Inclination Angle With Kienböck Disease[J]. The Journal of Hand Surgery, 2022, 47(4): 391.e1-391.e6.
- [14] Afshar A, Aminzadeh-Gohari A, Yekta Z. The association of Kienböck's disease and ulnar variance in the Iranian population[J]. Journal of Hand Surgery (European Volume), 2013, 38(5): 496-499.
- [15] van Leeuwen W F, Tarabochia M A, Schuurman A H, Chen N, Ring D. Risk Factors of Lunate Collapse in Kienböck Disease[J]. The Journal of Hand Surgery, 2017, 42(11): 883-888.e1.
- [16] van Leeuwen W F, Oflazoglu K, Menendez M E, Ring D. Negative Ulnar Variance and Kienböck Disease[J]. The Journal of Hand Surgery, 2016, 41(2): 214-218.
- [17] Thienpont E, Mulier T, Rega F, De Smet L. Radiographic Analysis of Anatomical Risk Factors for Kienböck's Disease[J]. Acta Orthopaedica Belgica, 2004, 70(5): 406-409.
- [18] Hey H W D, Chong A K S, Murphy D. Prevalence of Carpal Fracture in Singapore[J]. The Journal of Hand Surgery, 2011, 36(2): 278-283.
- [19] Ogawa T, Asakawa S. Existing or Worsening Symptoms of Kienböck's Disease after Distal Radius Fracture: Two Case Reports[J]. The Journal of Hand Surgery Asian-Pacific Volume, 2018, 23(4): 585-588.
- [20] Brolin I. POST-TRAUMATIC LESIONS OF THE LUNATE BONE[J]. Acta Orthopaedica Scandinavica, 1964, 34: 167-182.
- [21] White C, Benhaim P, Plotkin B. Treatments for Kienböck Disease: What the Radiologist Needs to Know[J]. Skeletal Radiology, 2016, 45(4): 531-540.
- [22] Yesiloz M, Louis M, DeVerbizier J, Dautel G, Dap F, Blum A, Teixeira P G. Kienböck's Disease: Role of Cross-Sectional Imaging in Treatment Choice and Patient Follow-Up[J]. European Journal of Radiology, 2018, 105: 269-282.

- [23] Kennedy C, Abrams R. In Brief: The Lichtman Classification for Kienböck Disease[J]. Clinical Orthopaedics & Related Research, 2019, 477(6): 1516-1520.
- [24] White C, Benhaim P, Plotkin B. Treatments for Kienböck disease: What the radiologist needs to Know[J]. Skeletal Radiology, 2016, 45(4): 531-540.
- [25] Lichtman D M, Lesley N E, Simmons S P. The classification and treatment of Kienböck's disease: The state of the art and a look at the Future[J]. Journal of Hand Surgery (European Volume), 2010, 35(7): 549-554.
- [26] Schmitt R, Kalb K. Bildgebende Diagnostik der Lunatumnekrose[J]. Handchirurgie · Mikrochirurgie · Plastische Chirurgie, 2010, 42(03): 162-170.
- [27] Lichtman D M, Pientka W F, Bain G I. Kienböck Disease: Moving Forward[J]. The Journal of Hand Surgery, 2016, 41(5): 630-638.
- [28] Bain G I, Begg M. Arthroscopic Assessment and Classification of Kienböck's Disease:[J]. Techniques in Hand & Upper Extremity Surgery, 2006, 10(1): 8-13.
- [29] Lichtman D, Pientka W, Bain G. Kienböck Disease: A New Algorithm for the 21st Century[J]. Journal of Wrist Surgery, 2016, 06(01): 002-010.
- [30] Irisarri C, Kalb K, Ribak S. Infantile and juvenile LunatomalaC/a[J]. Journal of Hand Surgery (European Volume), 2010, 35(7): 544-548.
- [31] Mohseni A A, Zairi M, Boussetta R, Saied W, Bouchoucha S, Nessib N. Kienböck's Disease in an 11-Year-Old Girl: A Case Report[J]. The Pan African Medical Journal, 2019, 34: 95.
- [32] Dm L, Wf P, S M, G B. PreC/sion MediC/ne for Kienböck Disease in the 21st Century[J]. The Journal of hand surgery, 2022, 47(7).
- [33] Taniguchi Y, Yoshida M, Iwasaki H, Otakara H, Iwata S. Kienböck's disease in elderly patients[J]. The Journal of Hand Surgery, 2003, 28(5): 779-783.
- [34] Rj F, Dh L, Rr L B. Pediatric Kienböck's disease: Case report and review of the Literature[J]. Clinical orthopaedics and related Research, 2003(408).
- [35] Schulz C U. Metaphyseal Core Decompression of the Distal Radius for Early Lunate Necrosis[J]. The Journal of Hand Surgery Asian-PaC/fic Volume, 2019, 24(3): 276-282.
- [36] Žiger T, Kopljär M, Bakota B, Milošević M, Kondža G, Pavić R, Čoklo M. Experimental Shortening of the Radius in the Treatment of Kienböck's Disease[J]. Injury, 2021, 52 Suppl 5: S7-S10.
- [37] Lee J H, Kim J, Hwang J S, Baek G H. Improvement in Lunate Perfusion after Radial Closing-Wedge Osteotomy in Patients with Kienböck's Disease[J]. Hand Surgery & Rehabilitation, 2021, 40(5): 588-594.
- [38] Camus E J, Aimar A, Van Overstraeten L, Schuind F, Innocenti B. Lunate Loads Following Different Osteotomies Used to Treat Kienböck's Disease: A 3D Finite Element Analysis[J]. Clinical Biomechanics (Bristol, Avon), 2020, 78: 105090.
- [39] Camus E J, Van Overstraeten L. Evaluation of Kienböck's Disease Treated by Camembert

- Osteotomy at Seven Years[J]. Journal of Wrist Surgery, 2019, 08(03): 226-233.
- [40] Trail I A, Linscheid R L, Quenzer D E, Scherer P A. Ulnar Lengthening and Radial Recession Procedures for Kienböck's Disease. Long-Term Clinical and Radiographic Follow-Up[J]. Journal of Hand Surgery (Edinburgh, Scotland), 1996, 21(2): 169-176.
- [41] Trumble T, Glisson R R, Seaber A V, Urbaniak J R. A Biomechanical Comparison of the Methods for Treating Kienböck's Disease[J]. The Journal of Hand Surgery, 1986, 11(1): 88-93.
- [42] Pegoli L, Ghezzi A, Cavalli E, Luchetti R, Pajardi G. ARTHROSCOPIC ASSISTED BONE GRAFTING FOR EARLY STAGES OF KIENBÖCK'S DISEASE[J]. Hand Surgery, 2011, 16(02): 127-131.
- [43] Am Y, A P, B K, M S. Functional and radiological results of partial capitate shortening osteotomy in the treatment of Kienböck's disease[J]. The Journal of hand surgery, European volume, 2020, 45(4).
- [44] Kayaokay K, Ozcan C, Bulut T, Gursay M, Dirim Mete B. Radial Shortening Osteotomy vs Partial Capitate Shortening Osteotomy in Kienböck's Disease: Medium-Term Radiological and Clinical Results[J]. Hand Surgery & Rehabilitation, 2021, 40(4): 427-432.
- [45] Mazhar F N, Motaghi P, Kooshesh M R, Mahmoudinasab O. Comparing the Radiologic and Functional Outcome of Radial Shortening Versus Capitate Shortening in Management of Kienböck's Disease[J/OL]. Hand (New York, N.Y.), 2022: 15589447221081564.
- [46] Luegmair M, Goetz F, Kalb K, C/p J, van Schoonhoven J. Radial Shortening Osteotomy for Treatment of Lichtman Stage IIIA Kienböck Disease[J]. The Journal of Hand Surgery, European Volume, 2017, 42(3): 253-259.
- [47] Stahl S, Hentschel P J H, Santos Stahl A, Meisner C, Schaller H E, Manoli T. Comparison of Clinical and Radiologic Treatment Outcomes of Kienböck's Disease[J]. Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 2015, 10: 133.
- [48] Watanabe T, Takahara M, Tsuchida H, Yamahara S, Kikuchi N, Ogino T. Long-Term Follow-up of Radial Shortening Osteotomy for Kienbock Disease[J]. The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume, 2008, 90(8): 1705-1711.
- [49] Matsui Y, Funakoshi T, Motomiya M, Urita A, Minami M, Iwasaki N. Radial Shortening Osteotomy for Kienböck Disease: Minimum 10-Year Follow-Up[J]. The Journal of Hand Surgery, 2014, 39(4): 679-685.
- [50] van Leeuwen W F, Janssen S J, Ring D. Radiographic Progression of Kienböck Disease: Radial Shortening Versus No Surgery[J]. The Journal of Hand Surgery, 2016, 41(6): 681-688.
- [51] Illarramendi A A, Schulz C, De Carli P. The Surgical Treatment of Kienböck's Disease by Radius and Ulna Metaphyseal Core Decompression[J]. The Journal of Hand Surgery, 2001, 26(2): 252-260.
- [52] Sevimli R, Ertem K, Aslantürk O, Ari B. Mid Term Results of Radial Metaphyseal Core Decompression on Kienböck's Disease[J]. European Review for Medical and Pharmacological

- SCIences*, 2017, 21(24): 5557-5561.
- [53] Bain G I, Smith M L, Watts A C. Arthroscopic Core Decompression of the Lunate in Early Stage Kienbock Disease of the Lunate[J]. *Techniques in Hand & Upper Extremity Surgery*, 2011, 15(1): 66-69.
- [54] Kamrani R S, Najafi E, Azizi H, Oryadi Zanjani L. Outcomes of Arthroscopic Lunate Core Decompression Versus Radial Osteotomy in Treatment of Kienböck Disease[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 2022, 47(7): 692.e1-692.e8.
- [55] Kolovich G P, Kalu C M K, Ruff M E. Current Trends in Treatment of Kienböck Disease: A Survey of Hand Surgeons[J]. *Hand (New York, N.Y.)*, 2016, 11(1): 113-118.
- [56] Aydemir A N, Gönen M, Yorukoğlu A Ç, Yücens M, Demirkan A F. The Use of Fourth Extensor Compartment Artery Bone Flap in Kienböck's Disease[J]. *Eklemler Hastalıkları Ve Cerrahisi = Joint Diseases & Related Surgery*, 2019, 30(2): 124-129.
- [57] Ye X, Feng J T, Yin H W, Qiu Y Q, Shen Y D, Xu W D. Use of 4+5 Extensor Compartmental Vascularized Bone Graft and K-Wire Fixation for Treating Stage II-III A Kienböck's Disease[J]. *Hand Surgery & Rehabilitation*, 2020, 39(3): 207-213.
- [58] Xu Y, Xu Y, Luo H, He X, Zhang X, Zhao W, Wu H, Yuan L. [Anatomy of pisiform blood supply and feasibility of vascularized pisiform transfer for avascular necrosis of lunate based on digital technique][J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi = Zhongguo Xiu fu Chongjian Wai ke Zazhi = Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery*, 2020, 34(5): 596-601.
- [59] Daecke W, Lorenz S, Wieloch P, Jung M, Martini A K. Vascularized Os Pisiform for Reinforcement of the Lunate in Kienböck's Disease: An Average of 12 Years of Follow-up Study[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 2005, 30(5): 915-922.
- [60] Van Handel A C, Lynch L M, Daruwalla J H, Higgins J P, Allen K L, Pet M A. Medial Femoral Trochlea Flap Reconstruction versus Proximal Row Carpectomy for Kienböck's Disease: A Morphometric Comparison[J]. *The Journal of Hand Surgery, European Volume*, 2021, 46(10): 1042-1048.
- [61] Hachisuka H, Sunagawa T, Ochi M, Morrison W A. A Vascularized Medial Femoral Condyle Cortico-Periosteal Graft for Total Lunate Reconstruction[J]. *Journal of Orthopaedic Science: Official Journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 2020, 25(2): 354-358.
- [62] Orman O, Eren F, Kara A D, Cesur C, Yıldırım C, Aysal B K. A Different Option in Vascular Bone Grafts in the Hand and Wrist Region: Use of a Dorsoulnar Artery-Based Osteo-Fascio-Cutaneous Flap: A Case Series[J]. *Joint Diseases and Related Surgery*, 2021, 32(2): 504-513.
- [63] Nicholson L T, Pidgeon T S, Lauder A, Rellan I, Richard M J, Ruch D S. Lunate Revascularization With Temporary Internal Radiocarpal Spanning Fixation for Kienböck Disease[J/OL]. *Hand (New York, N.Y.)*, 2021: 15589447211006858.
- [64] Higgins J P, Bürger H K. Medial Femoral Trochlea Osteochondral Flap: Applications for Scaphoid and Lunate Reconstruction[J]. *Clinics in Plastic Surgery*, 2020, 47(4): 491-499.

- [65] Saeki M, Yamamoto M, Tatebe M, Kurimoto S, Yoneda H, Hirata H. Postoperative Magnetic Resonance Imaging Following Lunate Resection and Vascularized Os Pisiform Transfer in Kienböck's Disease[J]. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery: JPRAS*, 2022, 75(8): 2831-2870.
- [66] Shin Y H, Yoon J O, Ryu J J, Lee T K, Choi S W, Kim J K. Pronator Quadratus Pedicled Bone Graft in the Treatment of Kienböck Disease: Follow-up 2 to 12 Years[J]. *The Journal of Hand Surgery, European Volume*, 2020, 45(4): 396-402.
- [67] Tsantes A G, Papadopoulos D V, Gelalis I D, Vekris M D, Pakos E E, Korompilias A V. The Efficacy of Vascularized Bone Grafts in the Treatment of Scaphoid Nonunions and Kienböck Disease: A Systematic Review in 917 Patients[J]. *Journal of Hand and Microsurgery*, 2019, 11(1): 6-13.
- [68] Windhofer C M, Anoshina M, Ivusits P, Bürger H P. The Free Vascularized Lateral Femoral Trochlea Osteochondral Graft: A Reliable Alternative for Stage III Kienböck's Disease[J]. *The Journal of Hand Surgery, European Volume*, 2021, 46(10): 1032-1041.
- [69] Lippman E M, McDERMOTT L J. Vitallium Replacement of Lunate in Kienböck's Disease[J]. *Military Surgeon*, 1949, 105(6): 482-484, illust.
- [70] Kato H, Usui M, Minami A. Long-Term Results of Kienböck's Disease Treated by Excisional Arthroplasty with a Silicone Implant or Coiled Palmaris Longus Tendon[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 1986, 11(5): 645-653.
- [71] Viljakka T, Vastamäki M, Solonen K A, Tallroth K. Silicone Implant Arthroplasty in Kienböck's Disease[J]. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 1987, 58(4): 410-414.
- [72] Kaarela O I, Raatikainen T K, Torniainen P J. Silicone Replacement Arthroplasty for Kienböck's Disease[J]. *Journal of Hand Surgery (Edinburgh, Scotland)*, 1998, 23(6): 735-740.
- [73] Küçük L, Ozdemir O, Coşkunol E, Süğün T S, Ozaksar K. The Effect of Excisional Arthroplasty with Palmaris Longus Tendon on Carpal Height Ratio in Stage 3 Kienböck's Disease[J]. *Acta Orthopaedica Et Traumatologica Turcica*, 2011, 45(6): 393-398.
- [74] Karalezli N, Uz A, Esmer A F, Demirtaş M, Taşçı A G, Kütahya H, Ulusoy G. Tendon Interposition and Ligament Reconstruction with ECRL Tendon in the Late Stages of Kienböck's Disease: A Cadaver Study[J]. *TheScientificWorldJournal*, 2013, 2013: 416246.
- [75] Parwaiz H, Elnikety S. More than 40 Years' Follow-up of an Unconstrained Metal Lunate Replacement for the Treatment of Kienböck's Disease[J]. *BMJ Case Reports*, 2018, 2018: bcr-2017-223546.
- [76] Ma Z, Liu Z, Shi Q, Li T, Liu Z, Yang Z, Liu Y, Xu Y, Dai K, Yu C, Gan Y, Wang J. Varisized 3D-Printed Lunate for Kienböck's Disease in Different Stages: Preliminary Results[J]. *Orthopaedic Surgery*, 2020, 12(3): 792-801.
- [77] Yuan C S, Tang Y, Xie H Q, Liang T T, Li H T, Tang K L. Application of 3 Dimension-Printed Injection-Molded Polyether Ether Ketone Lunate Prosthesis in the Treatment of Stage III

- Kienböck's Disease: A Case Report[J]. *World Journal of Clinical Cases*, 2022, 10(24): 8761-8767.
- [78] Van der Stok J, Van der Jagt O P, Amin Yavari S, De Haas M F P, Waarsing J H, Jahr H, Van Lieshout E M M, Patka P, Verhaar J A N, Zadpoor A A, Weinans H. Selective Laser Melting-Produced Porous Titanium Scaffolds Regenerate Bone in Critical Size Cortical Bone Defects[J]. *Journal of Orthopaedic Research: Official Publication of the Orthopaedic Research Society*, 2013, 31(5): 792-799.
- [79] Tümer N, Hiemstra O, Schreurs Y, Kraan G A, van der Stok J, Zadpoor A A. The Three-Dimensional Shape Symmetry of the Lunate and Its Implications[J]. *The Journal of Hand Surgery, European Volume*, 2021, 46(6): 587-593.
- [80] Tang P, Gauvin J, Muriuki M, Pfaeffle J H, Imbriglia J E, Goitz R J. Comparison of the 《Contact Biomechanics》 of the Intact and Proximal Row Carpectomy Wrist[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 2009, 34(4): 660-670.
- [81] Zhu Y L, Xu Y Q, Ding J, Li J, Chen B, Ouyang Y F. Biomechanics of the Wrist after Proximal Row Carpectomy in Cadavers[J]. *The Journal of Hand Surgery, European Volume*, 2010, 35(1): 43-45.
- [82] Hogan C J, McKay P L, Degnan G G. Changes in Radiocarpal Loading Characteristics after Proximal Row Carpectomy[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 2004, 29(6): 1109-1113.
- [83] Lumsden B C, Stone A, Engber W D. Treatment of Advanced-Stage Kienböck's Disease with Proximal Row Carpectomy: An Average 15-Year Follow-Up[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 2008, 33(4): 493-502.
- [84] Jebson P J L, Hayes E P, Engber W D. Proximal Row Carpectomy: A Minimum 10-Year Follow-up Study[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 2003, 28(4): 561-569.
- [85] DiDonna M L, Kiefhaber T R, Stern P J. Proximal Row Carpectomy: Study with a Minimum of Ten Years of Follow-Up[J]. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 2004, 86(11): 2359-2365.
- [86] Montoya-Faivre D, Pomares G, Calafat V, Dap F, Dautel G. Clinical and Radiological Outcomes Following Radioscapholunate Fusion[J]. *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research: OTSR*, 2017, 103(7): 1093-1098.
- [87] McNary S M, Heyrani N, Volk I, Szabo R M, Bayne C O. The Effect of Radioscapholunate Fusion With and Without Distal Scaphoid and Triquetrum Excision on Capitulum Contact Pressures[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 2019, 44(5): 420.e1-420.e7.
- [88] Suzuki D, Omokawa S, Iida A, Nakanishi Y, Moritomo H, Mahakkanukrauh P, Tanaka Y. Biomechanical Effects of Radioscapholunate Fusion With Distal Scaphoidectomy and Triquetrum Excision on Dart-Throwing and Wrist Circumduction Motions[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 2021, 46(1): 71.e1-71.e7.
- [89] Collon S, Tham S K Y, McCombe D, Bacle G. Scaphocapitate Fusion for the Treatment of Lichtman Stage III Kienböck's Disease. Results of a Single Center Study with Literature

- Review[J]. *Hand Surgery & Rehabilitation*, 2020, 39(3): 201-206.
- [90] Meena A, Shaina S, Saikia S S, Raj A A, Verma N, Attri M. Management of Type 3 Kienbock's Disease in Manual Workers by Scaphocapitate Fusion with Minimum 7-Year Follow-Up[J]. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 2022, 28: 101854.
- [91] Watson H K, Ryu J, DiBella A. An Approach to Kienböck's Disease: Triscaphe Arthrodesis[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 1985, 10(2): 179-187.
- [92] Acar B, Turan A, Kose O, Ozturk S, Sindel M. Scaphotrapeziotrapezoid Arthrodesis Using Limited Wrist Fusion Plates in Kienböck's Disease[J]. *Cureus*, 2019, 11(2): e4025.
- [93] Meier R, Prommersberger K J, Krimmer H. [Scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis (triscaphe arthrodesis)][J]. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, Plastische Chirurgie: Organ Der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Fur Handchirurgie: Organ Der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Fur Mikrochirurgie Der Peripheren Nerven Und Gefasse: Organ Der V...*, 2003, 35(5): 323-327.
- [94] Weiss A P C, Kamal R N, Shultz P. Total Wrist Arthroplasty[J]. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 2013, 21(3): 140-148.
- [95] Melamed E, Marascalchi B, Hinds R M, Rizzo M, Capo J T. Trends in the Utilization of Total Wrist Arthroplasty versus Wrist Fusion for Treatment of Advanced Wrist Arthritis[J]. *Journal of Wrist Surgery*, 2016, 5(3): 211-216.
- [96] Nydick J A, Watt J F, GarC/a M J, Williams B D, Hess A V. Clinical Outcomes of Arthrodesis and Arthroplasty for the Treatment of Posttraumatic Wrist Arthritis[J]. *The Journal of Hand Surgery*, 2013, 38(5): 899-903.
- [97] Hartigan B J, Nagle D J, Foley M J. Wrist Arthrodesis with ExC/ision of the Proximal Carpal Bones Using the Ao/ASIF Wrist Fusion Plate and Local Bone Graft[J]. *Journal of Hand Surgery (Edinburgh, Scotland)*, 2001, 26(3): 247-251.
- [98] Hastings H, Weiss A P, Quenzer D, Wiedeman G P, Hanington K R, Strickland J W. Arthrodesis of the Wrist for Post-Traumatic Disorders[J]. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 1996, 78(6): 897-902.