

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.23.010

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20210709.0847.002.html\(2021-07-09\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20210709.0847.002.html(2021-07-09))

## 腹膜透析患者 AAC 与钙磷代谢相关性及其预测 CVD 价值研究\*

陈珊珊,刘东海,岳英丽

(河北省廊坊市人民医院肾内科 065000)

**[摘要]** **目的** 探讨腹膜透析患者腹主动脉钙化(AAC)与钙磷代谢的关系及其判断预测心血管疾病(CVD)的价值。**方法** 选择该院肾内科2018年8月至2020年3月收治的腹膜透析患者80例,采用AAC评分(AACS)记录AAC程度。比较不同钙化程度患者钙磷代谢水平,分析AACS与钙磷代谢指标的关系;治疗结束后对患者均行12个月随访,采用受试者工作特征曲线(ROC)分析AACS预测CVD的价值。**结果** 80例患者中无AAC 36例,轻度钙化18例,中度钙化12例,重度钙化14例。不同钙化程度患者血磷、全段甲状旁腺激素(iPTH)及钙磷乘积(CPP)比较,差异均有统计学意义( $P<0.001$ )。Pearson线性相关分析显示,AACS与血磷、iPTH、CPP呈正相关( $r=0.318,0.387,0.506,P<0.001$ )。中位随访时间为(10.24±1.77)个月,失访3例,77例患者发生CVD 14例(18.18%)。Cox风险回归分析显示,AACS( $HR=1.822,95\%CI:1.308\sim 2.538,P<0.001$ )、高血压肾损害( $HR=1.690,95\%CI:1.325\sim 2.156,P<0.001$ )、CPP( $HR=1.752,95\%CI:1.332\sim 2.304,P<0.001$ )及iPTH( $HR=1.449,95\%CI:1.023\sim 2.052,P=0.037$ )是腹膜透析患者发生CVD的独立影响因素。ROC分析显示,AACS[曲线下面积(AUC)=0.806,95%CI=0.694~0.918]、高血压肾损害(AUC=0.685,95%CI:0.526~0.844)、CPP(AUC=0.671,95%CI=0.506~0.836)及iPTH(AUC=0.703,95%CI=0.548~0.859)对判断CVD风险具有一定价值。AACS判断CVD的AUC明显高于高血压肾损害、CPP及iPTH( $P<0.05$ )。**结论** 腹膜透析患者AAC与钙磷代谢相关,监测AACS有助于判断CVD风险。

**[关键词]** 腹膜透析;腹主动脉钙化;钙磷代谢;心血管事件**[中图分类号]** R692.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2021)23-4003-05

## Correlation between abdominal aortic calcification with calcium and phosphorus metabolism in patients with peritoneal dialysis and its value in predicting cardiovascular disease\*

CHEN Shanshan, LIU Donghai, YUE Yingli

(Department of Nephrology, Langfang Municipal People's Hospital, Langfang, Hebei 065000, China)

**[Abstract]** **Objective** To study the correlation between abdominal aortic calcification (AAC) with calcium and phosphorus metabolism in the patients with peritoneal dialysis and its value in predicting cardiovascular disease (CVD). **Methods** Eighty patients with peritoneal dialysis in this hospital from August 2018 to March 2020 were selected and the degree of AAC was recorded by AAC score (AACS). The levels of calcium and phosphorus metabolism were compared among the patients with different degrees of calcification, the relationship between the AACS with calcium and phosphorus metabolism was analyzed. After treatment, the 12-month follow up lasted in the patients. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the value of AACS in predicting CVD. **Results** Among 80 cases, there were 36 cases without AAC, 18 cases had mild calcification, 12 cases had moderate calcification and 14 cases had severe calcification. There were statistically significant differences in the levels of serum phosphorus, iPTH and calcium phosphorus product (CPP) among the patients with different degrees of calcification ( $P<0.001$ ). The Pearson linear correlation showed that the AACS had significant correlation with serum phosphorus, iPTH and CPP ( $r=0.318,0.387,$

\* 基金项目:河北省医学科学研究指导课题计划项目(20190473);河北省廊坊市科学技术研究与发展指导计划项目(2018013138)。作者

简介:陈珊珊(1983—),副主任医师,硕士,主要从事尿毒症患者的肾脏替代治疗方面的研究。

0.506,  $P < 0.001$ ). The median follow up time was (10.24 ± 1.77) months. Three cases lost to follow-up. Among 77 cases, CVD occurred in 14 cases (18.18%). The Cox risk regression analysis showed that the AACS ( $HR = 1.822, 95\%CI: 1.308 - 2.538, P < 0.001$ ), hypertensive renal damage ( $HR = 1.690, 95\%CI: 1.325 - 2.156, P < 0.001$ ), CPP ( $HR = 1.752, 95\%CI: 1.332 - 2.304, P < 0.001$ ) and iPTH ( $HR = 1.449, 95\%CI: 1.023 - 2.052, P = 0.037$ ) were the independent influencing factors of CVD occurrence in the patients with peritoneal dialysis. The ROC analysis showed that the AACS (AUC = 0.806, 95%CI: 0.694 - 0.918), hypertensive renal damage (AUC = 0.685, 95%CI: 0.526 - 0.844), CPP (AUC = 0.671, 95%CI: 0.506 - 0.836) and iPTH (AUC = 0.703, 95%CI: 0.548 - 0.859) had a certain value in judging the CVD occurrence. AUC of the AACS for judging CVD was significantly higher than that of hypertensive renal damage, CPP and iPTH ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion** AAC is correlated with the calcium and phosphorus metabolism in the patients with peritoneal dialysis. Monitoring the AACS is helpful to judge the risk of CVD.

**[Key words]** peritoneal dialysis; abdominal aortic calcification; calcium and phosphorus metabolism; cardiovascular disease

腹膜透析是慢性肾脏病(CKD)5期重要的治疗方法。有研究显示,CKD 5期患者通过腹膜透析治疗生存率可得到明显改善<sup>[1]</sup>,但因CKD诱发的心血管疾病(CVD)逐渐增多,这可能成为今后CKD患者的主要死因<sup>[2]</sup>。钙磷代谢与CKD患者CVD密切相关,有研究认为,钙磷代谢可能参与颈动脉钙化<sup>[3]</sup>。另外,腹主动脉钙化(AAC)评分(AACS)属半定量评分法。张蕊等<sup>[4]</sup>研究显示,AACS有助于预测血液透析患者CVD风险,推测AACS对判断腹膜透析患者CVD风险有积极作用。因此,本研究回顾性分析2018年8月至2020年3月该院80例腹膜透析患者临床资料,探讨AACS与钙磷代谢的关系,分析其在预测CVD中的应用价值,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选择2018年8月至2020年3月本院肾内科收治的腹膜透析患者80例。纳入标准:(1)患者均在本院接受规范腹膜透析治疗;(2)年龄大于或等于18岁;(3)均使用axter Dianeal透析液与1.5 mmol/L浓度钙离子透析;(4)临床资料完整。排除标准:(1)正在接受激素治疗或既往有冠状动脉搭桥手术治疗者;(2)合并有严重心肺疾病者;(3)合并有恶性肿瘤者;(4)妊娠哺乳期患者;(5)原发性甲状腺功能亢进症(以下简称甲亢)患者;(6)其他原因导致血钙磷代谢异常的疾病。80例患者中男48例,女32例;年龄(57.16 ± 13.32)岁;体重指数(BMI)为(20.81 ± 1.64)kg/m<sup>2</sup>;透析时间(26.72 ± 8.09)个月;透析年龄为(55.41 ± 8.16)岁。原发病:糖尿病肾病31例,慢性肾小球肾炎20例,肾病综合征15例,高血压肾损害5例,多囊肾4例,狼疮性肾炎4例,马兜铃酸肾病1例。

### 1.2 方法

采用AACS对钙化程度进行评估。行腹部侧位

X线检查,根据检查结果对L<sub>1-4</sub>对应腹主动脉前壁和后壁钙化斑块进行评分<sup>[5]</sup>,AACS为0~15分,其中无钙化为0分;钙化斑块小于1/3动脉壁长度为1分;钙化斑块大于或等于1/3~≤2/3动脉壁长度为2分;钙化斑块大于2/3动脉壁长度为3分。根据AACS将80例患者分为无钙化组(AACS=0分,  $n = 36$ )、轻度钙化组(AACS > 0 ~ < 5分,  $n = 18$ )、中度钙化组(AACS 5 ~ ≤ 15分,  $n = 12$ )及重度钙化组(AACS > 15分,  $n = 14$ )。取患者入院时的肘静脉血5 mL,离心后送检。采用比色法测定血磷、分光光度法测定血钙,放射免疫法检测全段甲状旁腺激素(iPTH),计算钙磷乘积(CPP)。采用西门子Siemens全自动生化分析仪检测低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、血肌酐(SCr)及C反应蛋白(CRP)。治疗结束后对患者均行12个月随访,记录CVD发生率,将发生心肌梗死、心力衰竭、心绞痛、心源性猝死定义为CVD<sup>[6]</sup>。

### 1.3 统计学处理

数据采用SPSS20.0软件进行统计学分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较采用重复测量的方差分析,两两比较采用 $t$ 检验;计数资料以率表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。采用Cox风险回归分析发生CVD的因素,使用受试者工作特征(ROC)曲线分析影响因子对判断CVD的价值,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 各组患者钙磷代谢指标比较

80例患者中出现AAC 44例(55.00%)。各组患者血磷、iPTH及CPP水平比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表1。

### 2.2 AACS与钙磷代谢指标Pearson线性相关分析

Pearson线性相关分析显示,AACS与血钙无明显正相关( $r = 0.124, P = 0.587$ );而与血磷、iPTH、

CPP 均呈正相关 ( $r = 0.318, 0.387, 0.506, P < 0.001$ )。

### 2.3 腹膜透析患者 CVD 风险因素分析

80 例腹膜透析患者中位随访时间为 (10.24 ±

1.77) 个月, 失访 3 例, 77 例患者发生 CVD 者 14 例 (18.18%)。采用 Cox 风险回归分析显示, 高血压肾损害、iPTH、CPP 及 AACS 是腹膜透析患者发生 CVD 的独立影响因素 ( $P < 0.05$ ), 见表 2、3。

表 1 各组患者钙磷代谢指标水平比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

项目	无钙化组 (n=36)	轻度钙化组 (n=18)	中度钙化组 (n=12)	重度钙化组 (n=14)	F	P
血钙 (mmol/L)	2.19 ± 0.31	2.21 ± 0.28	2.23 ± 0.32	2.20 ± 0.29	0.058	0.982
血磷 (mmol/L)	1.65 ± 0.27	1.88 ± 0.30 <sup>a</sup>	2.11 ± 0.26 <sup>ab</sup>	2.25 ± 0.23 <sup>ab</sup>	20.469	<0.001
iPTH (pmol/L)	52.75 ± 6.34	65.47 ± 9.52 <sup>a</sup>	76.34 ± 10.33 <sup>a</sup>	82.20 ± 13.75 <sup>ab</sup>	18.161	<0.001
CPP (mmol/L) <sup>2</sup>	2.32 ± 0.44	2.83 ± 0.38 <sup>a</sup>	3.06 ± 0.52 <sup>a</sup>	3.64 ± 0.53 <sup>abc</sup>	46.225	<0.001

<sup>a</sup>:  $P < 0.05$ , 与无钙化组比较; <sup>b</sup>:  $P < 0.05$ , 与轻度钙化组比较; <sup>c</sup>:  $P < 0.05$ , 与中度钙化组比较。

表 2 腹膜透析患者 CVD 风险单因素分析

项目	HR	95%CI	P
性别	1.714	0.826~3.557	0.148
年龄	2.251	1.327~3.818	0.003
透析时间	2.803	1.654~4.750	<0.001
糖尿病肾病	1.416	0.759~2.642	0.274
慢性肾小球肾炎	1.245	0.034~45.589	0.905
肾病综合征	1.885	0.745~4.769	0.181
高血压肾损害	3.087	2.267~4.204	<0.001
多囊肾	1.454	0.547~3.865	0.453
狼疮性肾炎	2.541	0.861~7.499	0.091
马兜铃酸肾病	4.531	0.533~38.518	0.166
HDL-C	1.529	1.032~2.265	0.034
LDL-C	2.083	0.957~4.534	0.064
CRP	1.834	1.024~3.285	0.041
iPTH	2.259	1.531~3.333	<0.001
血磷	1.274	0.794~2.044	0.315
血钙	2.051	0.903~4.658	0.086
CPP	1.916	1.325~2.771	0.001
AACS	2.749	1.697~4.453	<0.001
SCr	1.633	0.832~3.205	0.154

### 2.4 AACS 及 iPTH 等指标预测 CVD 的 ROC 曲线

ROC 曲线分析显示, AACS、高血压肾损害、CPP 及 iPTH 对判断 CVD 均有一定价值 ( $P < 0.05$ ), 见图 1、表 4。AACS 判断 CVD 的曲线下面积 (AUC) 明显

高于高血压肾损害 ( $Z = 2.776, P = 0.017$ )、CPP ( $Z = 3.097, P < 0.001$ ) 及 iPTH ( $Z = 2.362, P = 0.029$ )。

表 3 腹膜透析患者 CVD 风险多因素分析

项目	HR	95%CI	P
年龄	1.161	0.737~1.829	0.520
透析时间	1.525	0.761~3.056	0.234
高血压肾损害	1.690	1.325~2.156	<0.001
HDL-C	1.738	0.657~4.598	0.265
LDL-C	2.261	0.814~6.280	0.118
CRP	1.351	0.705~2.589	0.365
iPTH	1.449	1.023~2.052	0.037
CPP	1.752	1.332~2.304	<0.001
AACS	1.822	1.308~2.538	<0.001

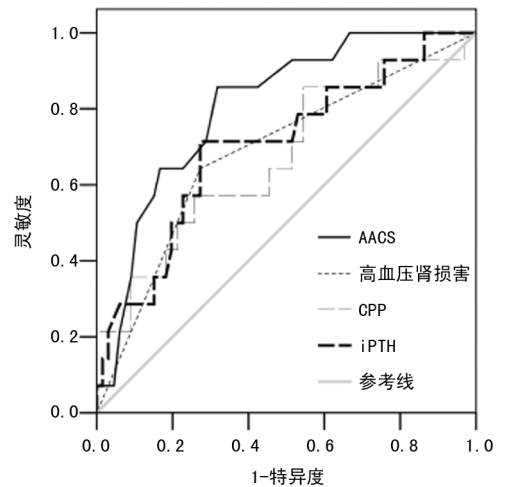


图 1 AACS 及 iPTH 等指标预测 CVD 的 ROC 曲线

表 4 腹膜透析患者 AACS 及 iPTH 等指标预测 CVD 发生的 ROC 曲线分析

项目	AUC	SE	P	95%CI	灵敏度	特异度	截断值
AACS (分)	0.806	0.057	<0.001	0.694~0.918	0.786	0.697	10.00
高血压肾损害	0.685	0.081	0.030	0.526~0.844	0.643	0.727	
CPP (mmol/L) <sup>2</sup>	0.671	0.084	0.045	0.506~0.836	0.857	0.454	3.05
iPTH (pmol/L)	0.703	0.079	0.017	0.548~0.859	0.714	0.716	72.16

### 3 讨 论

近年来有关钙磷代谢与 CVD 的关系已有较多报道,曾鹏廷<sup>[7]</sup>研究发现,成纤维细胞生长因子 23 (FGF23)在钙磷代谢致 CVD 中起到关键作用。在维持性腹膜透析患者中,FGF23 升高早于血磷,并可通过调节血磷、iPTH 水平,参与钙磷代谢,进而造成血管钙化。刘亚等<sup>[8]</sup>研究显示,在钙磷代谢过程中, Fetuin-A 水平降低,其抑制钙磷在软组织沉积的作用被削弱,从而造成钙磷的骨外沉积,导致血管钙化的发生,最终诱导 CVD。另外,也有研究显示,AAC 是 CVD 的诱因<sup>[9]</sup>。腹膜透析患者 AAC 发生率为 33%~80%<sup>[10-11]</sup>,本研究中 AAC 率为 55.00%,与既往报道相符。因腹主动脉在 L<sub>4</sub> 节段下缘分叉,使其局部血流产生湍流效应,这导致 AAC 呈现由近端至远端逐渐加重特点<sup>[12]</sup>。李璐瑶等<sup>[13]</sup>认为,AACS 与 CVD 发生率呈明显相关性。本研究结果证实,AACS 是 CVD 的独立影响因素。

另外,本研究发现,AACS 与血磷、CPP 及 iPTH 呈明显正相关,提示 AAC 与钙磷代谢有关,这可能是 AACS 致 CVD 的原因。腹膜透析患者多合并高磷血症,其风险与透析时间正相关,有研究显示,80% 的 CKD 患者存在高磷血症<sup>[14]</sup>,当肾小球滤过率 (GFR)<60 mL/(min·1.73 m<sup>2</sup>) 时患者尿磷排泄降低,体内血磷水平明显增高,另受透析等因素影响,最终导致高磷血症发生,为保证患者预后,有必要将血磷控制在合理范围内,根据相关指南显示,患者血磷、CPP 应分别低于 1.78 mmol/L、2.94 (mmol/L)<sup>2</sup>,另外,有效控制透析次数及时间也可降低血磷水平<sup>[15]</sup>。对于接受腹膜透析治疗的 CKD 5 期患者,钙磷代谢紊乱发生率高<sup>[16]</sup>,这引起甲状旁腺组织异常增生,使 iPTH 和 CPP 水平上升,加快局部血管钙化,促使 AACS 异常增加。此外,鸢尾素与骨形态发生蛋白 7 (BMP-7)是具有抑制血管钙化作用的相关因子,随着腹膜透析时间的延长,钙磷代谢紊乱日益严重,这导致鸢尾素与 BMP-7 水平降低<sup>[17]</sup>。而随着 BMP-7 和鸢尾素水平降低,其对血管平滑肌细胞增殖的抑制作用降低<sup>[18]</sup>,使 AACS 升高。但有关 AACS 与钙磷代谢相互影响的具体机制尚不完全清楚<sup>[19]</sup>,这有待今后深入研究。

腹部侧位 X 线片检查操作简便,且价格低廉,被全球肾脏病预后组织推荐为可替代 CT 的影像学检查方法<sup>[20]</sup>。本研究显示 AACS 与血磷代谢指标相关,且是判断 CVD 风险的独立因素。因而,AACS 在腹膜透析患者中具有广阔应用前景。本研究在 Cox 分析基础上采用 ROC 探讨 AACS 对判断 CVD 风险的价值,结果显示 AACS 判断 CVD 的 AUC 为 0.806,明显高于其他单项指标,说明 AACS 临床应用价值

高,尤其是 AACS 超过 10 分时,应警惕 CVD 的发生。但本文为回顾性分析,纳入样本量有限,结论还有待今后前瞻性研究证实。

综上所述,腹膜透析患者 AACS 与钙磷代谢相关,监测 AACS 有助于判断 CVD 风险。另外,本研究仍存在一定的不足,即受到时间限制样本量纳入较少、未对发生 CVD 患者的预后及死亡危险因素进行分析。因此,在后续的研究中仍期待扩大样本量,延长随访时间,继续深入探讨腹膜透析患者发生 CVD 的预后及其死亡影响因素,以期为此类患者治疗工作的开展提供更加详细、可靠的依据。

### 参考文献

- [1] HUANG K C, SU Y C, SUN M F, et al. Chinese herbal medicine improves the long-term survival rate of patients with chronic kidney disease in Taiwan: a nationwide retrospective population-based cohort study[J]. *Front Pharmacol*, 2018, 9:1117-1124.
- [2] 李双喜,李娟,赵丽芳. Framingham 风险评估对慢性肾脏病患者心血管疾病患病风险预测及其危险因素分析[J]. *上海医学*, 2019, 42(1):8-10.
- [3] KALANTAR-ZADEH K, PARAMESWARAN V, FICOCIELLO L, et al. Real-world scenario improvements in serum phosphorus levels and pill burden in peritoneal dialysis patients treated with sucroferric oxyhydroxide[J]. *Am J Nephrol*, 2018, 47(3):153-161.
- [4] 张蕊,张念荣,席秋萍,等. 维持性血液透析合并难治性继发性甲状旁腺功能亢进患者腹主动脉钙化相关因素分析[J]. *肾脏病与透析肾移植杂志*, 2017, 26(5):432-437.
- [5] KAKIZAWA N, NODA H, WATANABE F, et al. A high abdominal aortic calcification score on CT is a risk factor for postoperative pancreatic fistula in elderly patients undergoing pancreaticoduodenectomy[J]. *World J Surg*, 2018, 42(4):1129-1137.
- [6] ESTRUCH R, ROS E, SALAS-SALVADÓ J, et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378(25):34-42.
- [7] 曾鹏廷. FGF23、klotho 在慢性肾脏病患者心血管疾病中的作用[J]. *重庆医学*, 2017, 46(5):697-700.

- [8] 刘亚,刘艳,杨克. Fetuin-A 与主动脉瓣膜钙化疾病的临床相关性研究[J]. 现代中西医结合杂志,2020,29(14):1488-1493.
- [9] 王喆,魏芳,毕学青,等. 维持性血液透析患者腹主动脉钙化进展的危险因素分析[J]. 中华肾脏病杂志,2018,34(5):327-333.
- [10] 胡坤,李明,卢国元,等. 腹膜透析患者腹主动脉钙化与成纤维细胞生长因子 23 和可溶性 Klotho 的相关性[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志,2017,26(4):312-316.
- [11] ZHOU Y, HELMBERG M, KOUIDI E, et al. Relationships between abdominal aortic calcification, glomerular filtration rate, and cardiovascular risk factors in patients with non-dialysis dependent chronic kidney disease? [J]. Clin Nephrol,2018,90(6):380-389.
- [12] 吴茜茜,王德光,张森,等. 慢性肾脏病 3~5 期非透析患者中性粒细胞与淋巴细胞比值与腹主动脉钙化的相关性研究[J]. 安徽医科大学学报,2019,54(7):1141-1145.
- [13] 李璐瑶,戴慧莉,张敏芳,等. 腹主动脉钙化对维持性血液透析患者预后的评估价值[J]. 上海交通大学学报(医学版),2016,36(7):1034-1038.
- [14] 陈崴,余学清. 慢性肾脏病透析患者高磷血症管理的挑战与进展[J]. 中华肾脏病杂志,2018,34(11):867-871.
- [15] 慢性肾脏病骨代谢及其疾病的临床实践指南:指南 6 血清钙和钙磷乘积[J]. 中国血液净化,2006,5(4):220-224.
- [16] 王长江,李胜开. 维持性血液透析患者钙磷代谢紊乱及腹主动脉钙化观察[J]. 山东医药,2015,55(35):39-40.
- [17] 李大勇,袁新科,刘冠兰,等. 维持性血液透析患者血清 Irisin、BMP-7 水平与血管钙化及钙磷代谢指标的相关性研究[J]. 中国现代医学杂志,2019,29(15):41-46.
- [18] KLUSÓCZKI Á, VERÉB Z, VÁMOS A, et al. Differentiating SGBS adipocytes respond to PPAR $\gamma$  stimulation, irisin and BMP7 by functional browning and beige characteristics [J]. Sci Rep,2019,9(1):5823-5841.
- [19] FORBANG N I, MCCLELLAND R L, REMIGIO-BAKER R A, et al. Associations of cardiovascular disease risk factors with abdominal aortic calcium volume and density: the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA) [J]. Atherosclerosis,2016,255(20):54-58.
- [20] 马大骅,严豪,杨晓晓,等. 腹主动脉钙化评分预测腹膜透析患者心脑血管预后的价值[J]. 中华肾脏病杂志,2020,36(3):189-196.

(收稿日期:2021-02-22 修回日期:2021-07-08)

(上接第 4002 页)

- [17] LOPIZ Y, CHECA P, GARCÍA-FERNÁNDEZ C, et al. Complications with the clavicle hook plate after fixation of Neer type II clavicle fractures[J]. Int Orthop,2019,43(7):1701-1708.
- [18] KAIPEL M, MAJEWSKI M, REGAZZONI P. Double-plate fixation in lateral clavicle fractures-a new strategy [J]. J Trauma,2010,69(4):896-900.
- [19] LIU H, PENG C G, ZHANGZ Y, et al. Single-center experience in the treatment of extremely medial clavicle fractures with vertical fixation of double-plate:a retrospective study[J]. Medicine(Baltimore),2020,99(14):e19605.
- [20] 李亮,姜保恩,江善勇,等. 双微型钢板垂直固定治疗锁骨远端骨折[J]. 临床骨科杂志,2014,17(6):703-705.
- [21] 许多良,林桂珍,韩丽芳,等. 两种内固定治疗锁骨远端粉碎性骨折的疗效比较[J]. 临床骨科杂志,2019,145(5):581-584.
- [22] 杨晓霞,许金泉,张二虎. 锁骨三维有限元应力分析[J]. 力学季刊,2012,33(4):584-589.
- [23] DENG Z, CAI L, PING A, et al. Anatomical research on the subacromial interval following implantation of clavicle hookplates [J]. Int J Sports Med,2014,35(10):857-862.
- [24] 朱昌荣. 锁骨骨折不同固定方式生物力学特性的有限元分析[D]. 广州:南方医科大学,2013.

(收稿日期:2021-01-17 修回日期:2021-07-10)