

DOI:10.3969/j.issn.1005-202X.2022.04.022

生物力学与材料

髋部骨折老年患者 Singh 指数与股骨近端几何结构及承重区生物力学的关系

徐霄^{1,2}, 闫凯欣^{1,3}, 张浩沙强², 王志刚², 李坤²

1. 新疆医科大学研究生院, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆维吾尔自治区人民医院骨科中心关节与运动医学病区, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 新疆维吾尔自治区人民医院老年医学中心, 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】目的:探讨髋部骨折老年患者 Singh 指数与股骨近端几何结构及承重区生物力学的关系。**方法:**选取 82 例髋部骨折老年患者(观察组)与 41 例既往存在闭合性髋部骨折史青壮年者(对照组)的临床资料进行回顾性分析,对比 Singh 指数分级、股骨近端几何结构指标(股骨颈轴长、颈干角、颈长、内侧偏距)及承重区生物力学指标(骨极限应力、弹性模量),分析 Singh 指数与股骨近端几何结构指标、承重区生物力学指标的关系。**结果:**观察组 Singh 指数分级中 II、III 级占比高于对照组,而 IV、V、VI 级占比低于对照组($P<0.05$);观察组 Singh 指数、颈干角、骨极限应力、弹性模量低于对照组,而股骨颈轴长、内侧偏距、颈长高于对照组($P<0.05$)。分层回归显示,颈干角、骨极限应力、弹性模量会对 Singh 指数产生显著的正向影响关系,而股骨颈轴长会对 Singh 指数产生显著的负向影响关系($P<0.05$)。**结论:**髋部骨折老年患者 Singh 指数与股骨近端几何结构及承重区生物力学具有密切关系, Singh 指数的降低会严重影响患者的股骨近端几何结构及承重区生物力学。

【关键词】髋部骨折;老年;Singh 指数;股骨;几何结构;生物力学

【中图分类号】R318.01;R683.3

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2022)04-0513-05

Relationships of Singh index to the geometric structure of the proximal femur and the biomechanics of the load-bearing area in elderly patients with hip fracture

XU Xiao^{1,2}, YAN Kaixin^{1,3}, ZHANG Haoshaqiang², WANG Zhigang², LI Kun²

1. Graduate School of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, China; 2. Department of Joint and Sports Medicine, Orthopedics Center, Xinjiang Uygur Municipal People's Hospital, Urumqi 830000, China; 3. Geriatrics Center, Xinjiang Uygur Municipal People's Hospital, Urumqi 830000, China

Abstract: Objective To investigate the relationships of Singh index to the geometric structure of the proximal femur and the biomechanics of the load-bearing area in elderly patients with hip fracture. **Methods** The clinical data of 82 elderly patients with hip fracture (observation group) and 41 young adults with a history of closed hip fracture (control group) were selected for retrospective analysis. The grading by Singh index, the geometric structure indexes of the proximal femur (femoral neck axial length, neck-shaft angle, neck length, medial offset) and the biomechanical indexes of the load-bearing area (bone ultimate stress, elastic modulus) were compared. Moreover, the relationships of Singh index to the geometric structure indexes of the proximal femur and the biomechanical indexes of the load-bearing area were analyzed. **Results** According to grading by Singh index, the proportions of grades II and III in observation group were higher than those of control group, while the proportions of grades IV, V and VI were lower than those of control group ($P<0.05$). Compared with control group, observation group had lower Singh index, neck-shaft angle, bone ultimate stress and elastic modulus, but higher femoral neck axial length, medial offset and neck length ($P<0.05$). Hierarchical regression showed that the neck-shaft angle, bone ultimate stress and elastic modulus were positively related to Singh index, while the femoral neck axial length had significant negative relationships with Singh index ($P<0.05$). **Conclusion** The Singh index of elderly patients with hip fracture is closely related to the geometric structure of the proximal femur and the biomechanics of the load-bearing area. The decrease of Singh index

【收稿日期】2021-12-13

【基金项目】新疆维吾尔自治区自然科学基金(2021D01C137)

【作者简介】徐霄, 硕士研究生, 住院医师, 研究方向: 骨与关节损伤, E-mail: 771932727@qq.com

【通信作者】张浩沙强, 博士, 主任医师, 硕士生导师, 研究方向: 骨与关节损伤, E-mail: 1320186635@qq.com

will significantly affect the geometric structure of the proximal femur and the biomechanics of the load-bearing area.
Keywords: hip fracture; elderly; Singh index; femur; geometric structure; biomechanics

前 言

髋部骨折为骨科常见病、多发病,包括股骨粗隆间骨折、股骨粗隆下骨折、股骨颈骨折等。流行病学调查发现髋部骨折多见于老年人群^[1]。随着人口老龄化进展,其发生率呈日益上升趋势。临床针对该病多采用手术方法治疗,但因术前缺乏评估骨质量的客观指标,导致部分患者出现内固定术失败。有研究报道股骨近端几何结构会随着 Singh 指数的降低而发生异常改变^[2],也有研究报道 Singh 指数与股骨近端承重区生物力学具有密切联系^[3]。但目前关于 Singh 指数与股骨近端几何结构及承重区生物力学关系的研究报道相对较少。本研究选取 82 例髋部骨折老年患者与 41 例既往存在闭合性髋部骨折史青壮年者,接受髋部手术治疗的临床资料进行回顾性分析,旨在探讨髋部骨折老年患者 Singh 指数与股骨近端几何结构及承重区生物力学的关系。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析 2018 年 6 月至 2021 年 8 月诊治的 82 例髋部骨折老年患者与 41 例既往存在闭合性髋部骨折史青壮年者的临床资料,其中髋部骨折老年患者设立为观察组,既往存在骨折史青壮年者设立为对照组。观察组纳入标准:(1)年龄 60~90 岁;(2)创伤机制由低能量性摔伤所致;(3)闭合性新鲜髋部骨折;(4)于骨折后 48 h 内就诊。对照组纳入标准:(1)年龄 20~45 岁;(2)既往存在闭合性髋部骨折史;(3)认知功能正常;(4)创伤机制由坠落伤或车祸所致。排除标准:(1)患有严重精神性疾病;(2)合并恶性肿瘤等疾病;(3)伴有心功能不全、凝血功能障碍等疾病。两组性别、体质量指数(BMI)等一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$,表 1)。

表 1 两组患者一般资料比较
Table 1 Comparison of general data between two groups

组别	n	性别(男/女)	年龄/岁	BMI(kg/m ²)	不同病史[例(%)]			
					高血压	糖尿病	吸烟史	饮酒史
观察组	82	41/41	72.4±5.6	23.5±2.2	21(25.61)	13(15.85)	16(19.51)	10(12.2)
对照组	41	21/20	41.2±3.5	22.7±3.0	11(26.83)	10(24.39)	12(29.27)	6(14.63)
χ^2/t 值		0.016	32.417	1.687	0.021	1.310	1.480	0.144
P值		0.899	<0.001	0.094	0.884	0.252	0.224	0.705

1.2 方法

设计统一的病例调查表,由专业医师收集髋部骨折老年患者与既往存在骨折史青壮年者的临床资料,包括性别、年龄、BMI、高血压史、糖尿病史、吸烟史、饮酒史、Singh 指数分级、股骨颈轴长(Femoral Neck Axis Length, FNAL)、颈干角(Femoral Neck Angle, FNA)、颈长(Neck Length, NL)、内侧偏距(Medial Offset, MO)、骨极限应力、弹性模量等。Singh 指数分级评估:和高年资影像学医师共同根据受试者健侧股骨上端 X 线图像(图 1)进行测评,VI 级表示股骨颈张力和压力骨小梁完整,V 级表示股骨颈次级张力骨小梁消失,次级压力骨小梁密度减低,IV 级表示在 V 级基础上出现次级压力骨小梁消失和主张力骨小梁部分消失,III 级表示在 IV 级基础上出现主张力骨小梁密度减低和中断,II 级表示在 III 级基础上出现

主张力骨小梁消失,主压力骨小梁密度降低和中断,I 级表示仅残留部分主压力骨小梁,Singh 指数≤IV 级视为骨质疏松,仪器为西门子 YSIO 双板。
股骨近端几何结构测量:采用美国 GE 公司的 DPX-NT 型和 MEDILINK 公司 Qsteocore 3 型双能 X 线骨密度仪测量,测量部位为股骨近端,均测量健侧,将受试者双足固定于配套的专用固定装置上,内旋 15°~20°,测量 FNAL、FNA、NL,计算 MO,即为股骨头圆心至股骨纵轴的距离。生物力学测量:术中对股骨头组织标本,利用中空取样器在其承重区 10 mm×10 mm×15 mm 的部分骨组织,采用微机全数字电子万能试验机(双臂型)对受试者留取样本行纵向力学压缩试验,参数:加载速度 0.8 mm/min,最大加载压力 3 000 N,将试验结果通过感应器传送至相应计算机中完成,计算骨极限应力、弹性模量,其中

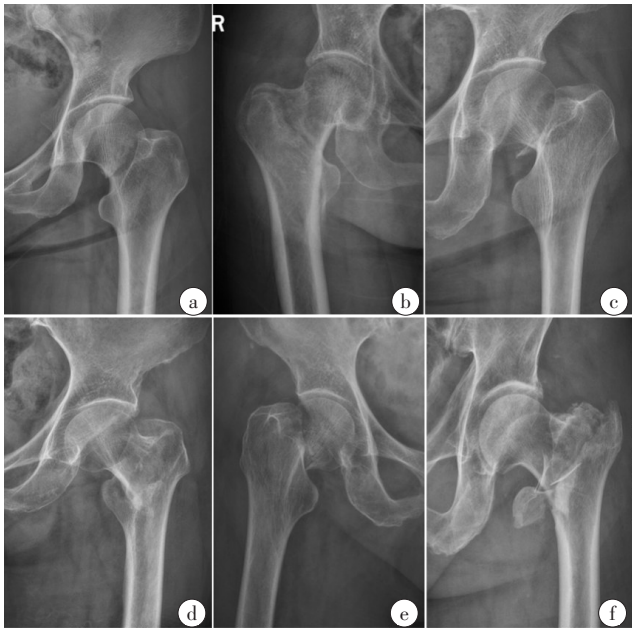


图1 髌部骨折影像表现分析

Figure 1 Analysis of imaging manifestations of hip fracture

a: Singh 指数分级VI级;b: Singh 指数分级V级;c: Singh 指数分级IV级;
d: Singh 指数分级III级;e: Singh 指数分级II级;f: Singh 指数分级I级

骨应力为骨标本单位面积上承受的载荷值,弹性模量为骨标本的内在硬度,即骨极限应力=载荷/受力面积,弹性模量=应力/应变。

- 1.3 观察指标
- 1.3.1 评估两组 Singh 指数分级
- 1.3.2 评估 两组 股骨近端 几何结构 指标 (FNA、FNAL、MO、NL) 和 承重区 生物力学 指标 (骨极限应力、弹性模量)
- 1.3.3 分析 Singh 指数与 股骨近端 几何结构 指标、承重区 生物力学 指标 的关系
- 1.4 统计学方法

采用 SPSS22.0 软件分析。计量资料用均数±标准差表示,采用独立样本 *t* 检验;计数资料用率表示,行 χ^2/Z 检验;Singh 指数与股骨近端几何结构、承重区生物力学的相关性采用分层回归模型分析;*P*<0.05 表示差异具有统计学意义,检验水准 α =0.05。

2 结果

2.1 Singh 指数比较

观察组 Singh 指数分级中II、III级占比高于对照组,而IV、V、VI级占比低于对照组(*P*<0.05);观察组的 Singh 指数低于对照组(*P*<0.05)。见表2。

2.2 股骨近端几何结构指标比较

观察组的 FNA 低于对照组,而 FNAL、MO、NL 高于对照组(*P*<0.05),见表3。

表2 两组患者 Singh 指数比较
Table 2 Comparison of Singh index between two groups

组别	<i>n</i>	Singh 指数分级[例(%)]						Singh 指数
		I级	II级	III级	IV级	V级	VI级	
观察组	82	3(3.66)	28(34.15)	35(42.68)	10(12.2)	4(4.88)	2(2.44)	3.25±1.25
对照组	41	0(0.00)	2(4.88)	2(4.88)	12(29.27)	16(39.02)	9(21.95)	5.27±1.68
<i>Z/t</i> 值					-5.823			7.507
<i>P</i> 值					<0.001			<0.001

2.3 承重区生物力学指标比较

观察组的骨极限应力、弹性模量低于对照组(*P*<0.05,表4)。

2.4 分层回归分析

针对模型1,将“FNA、FNAL、MO、NL”作为自变量,将“Singh 指数”作为因变量进行线性回归分析,得出 FNA、FNAL、MO、NL 可对 Singh 指数产生 39.4% 变化,意味着 FNA、FNAL、MO、NL 中至少一项会对 Singh 指数产生影响关系(*F*=19.209, *P*<0.05),其中, FNA 会对 Singh 指数产生显著的正向影响关系(*t*=8.077, *P*=0.000), FNAL 会对 Singh 指数产生显著的负向影响关系(*t*=-2.484, *P*=0.014)。而 MO、NL 并不会对

表3 两组患者股骨近端几何结构指标比较
Table 3 Comparison of the geometric structure indexes of the proximal femur between two groups

组别	<i>n</i>	FNA/°	FNAL/cm	MO/cm	NL/cm
观察组	82	124.05±8.32	9.85±1.02	4.02±1.11	4.09±0.98
对照组	41	129.45±10.62	8.52±0.62	3.52±0.65	3.32±0.25
<i>t</i> 值		3.087	7.662	2.662	4.942
<i>P</i> 值		0.003	<0.001	0.009	<0.001

FNA:颈干角;FNAL:股骨颈轴长;MO:内侧偏距;NL:颈长

Singh 指数产生影响关系(*P*>0.05)。针对模型2,其在模型1的基础上加入“骨极限应力、弹性模量”后,*F*

表 4 两组患者承重区生物力学指标比较
Table 4 Comparison of the biomechanical indexes of the
load-bearing area between two groups

组别	n	骨极限应力/Pa	弹性模量/MPa
观察组	82	14.05±1.52	128.25±16.85
对照组	41	19.23±3.52	158.65±19.72
t值		11.401	8.904
P值		<0.001	<0.001

值变化呈现出显著性($P<0.05$), R 方值由 0.394 上升到 0.593, 得出骨极限应力、弹性模量可对 Singh 指数产生 19.9% 的解释力度, 其中, 骨极限应力、弹性模量会对 Singh 指数产生显著的正向影响关系($t=4.106/2.874$, $P=0.000$)。

3 讨论

针对老年人创伤机制分析, 发现髌部骨折的发生与两方面有关: 一方面是外因, 如老年人随着年龄增大, 机体功能发生退行性改变, 如反应灵敏度降低、运动量减少、肌力下降等, 均会使老年人行走不稳, 易于跌倒^[4]; 另一方面是内因, 老年人群大多伴有骨质疏松, 受其影响, 股骨颈逐渐出现退行性改变, 如皮质骨薄而脆、骨小梁稀疏、张力骨小梁及压力骨小梁减少, 均会使髌部不能承受较大的应力和形变^[5]; 若是在此时遭受轻微外力, 骨折即可发生。目前手术是治疗髌部骨折的首选方案, 如全髌关节置换、动力髌螺钉、股骨近端髓内钉、空心螺钉等内固定。但经临床实践发现, 部分患者可出现内固定术失败等情况, 究其原因可能与骨折部位的骨质疏松情况较为严重有关, 继而影响内固定疗效^[6-7]。

目前临床上对于直接测量骨质量存在一定困难, 如承重区生物力学指标测量, 需留取受试者股骨头承重区的松质骨柱样本, 采用微机全数字电子万能试验机(双臂型)对样本行纵向力学压缩试验后根据公式计算骨极限应力、弹性模量^[8-9]。其中, 骨应力是指骨标本单位面积上承受的载荷值, 而弹性模量则是指骨标本的内在硬度, 通过对上述两项指标的计算, 反映骨组织结构生物力学^[10]。尽管能准确评估股骨近端骨小梁生物力学特征, 但无法满足术前评估的需求。因此常利用间接方法预测骨质量, 如 Singh 指数, 是一种通过 X 线平片判断股骨近端丢失情况的半定量形态学指标, 主要是依据骨小梁消失顺序及程度将股骨近端骨小梁变化进行分级, 并因其具有较好的重复性、较低的误差率, 广泛用于骨质量评估中^[11-12]。同时也是诊断骨质疏松的辅助手段之一, 即以 Singh 指数 \leq IV 级表示骨质疏松。针对该

指数分析, 发现 Singh 指数评估标准是根据张力骨小梁、压力骨小梁及大粗隆骨小梁的分布、骨吸收程度而决定, 即其分级越高代表患者骨小梁数量、骨小梁厚度及骨小梁连接性越好^[13-15]。

本研究结果显示观察组的 Singh 指数低于对照组, 且其分级多见于 II、III 级, 而对照组多见于 IV、V、VI 级, 说明观察组患者存在骨质疏松, 在轻微外力作用下能造成髌部骨折。另外, 在承重区生物力学比较中, 也可见观察组的骨极限应力、弹性模量低于对照组, 故推测观察组患者受骨质疏松影响, 其髌部骨折区张力侧骨小梁微结构破坏明显, 从而引起股骨颈外侧区域力学性能降低^[16-18]。针对 Singh 指数与承重区生物力学分析, 本研究发现两者之间具有密切联系。据曹向宇等^[20]报道 Singh 指数能较好地反映股骨近端生物力学情况, 即认为骨极限应力、弹性模量会随着 Singh 指数增加而增高。为了进一步论证上述两者的关系, 本研究将其纳入分层回归模型中, 研究结果显示骨极限应力、弹性模量会对 Singh 指数产生显著的正向影响关系, 证实了上述说法的可靠性。此外, 在股骨近端几何结构指标比较中, 发现观察组的 FNA 更低, 而 FNAL、MO、NL 更高, 经分析发现可能也与患者合并骨质疏松有关, 在其影响下导致患者的股骨近端结构发生改变^[21-23]。因此本研究认为 Singh 指数可能为反映患者的股骨近端骨骼几何解剖形态结构提供参考。为了验证上述推测的可靠性, 将 FNA、FNAL、MO、NL 与 Singh 指数纳入分层回归模型中, 结果显示 FNA 会对 Singh 指数产生显著的正向影响关系, 而 MO、NL 并不会对 Singh 指数产生影响关系, 说明 Singh 指数与股骨近端骨骼几何解剖形态结构具有一定联系, 但不能代替 FNAL、MO、NL 对股骨近端几何结构的评估^[24-26]。

综上所述, 髌部骨折老年患者 Singh 指数与股骨近端几何结构及承重区生物力学具有密切关系, Singh 指数的降低会严重影响患者的股骨近端几何结构及承重区生物力学。

【参考文献】

[1] 张兴胜, 周方, 张志山, 等. Singh 指数与股骨转子间骨折术后再骨折的相关性研究[J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(9): 786-789.
ZHANG X S, ZHOU F, ZHANG Z S, et al. Singh index in hip re-fractures after intertrochanteric fracture operation [J]. Journal of Practical Orthopaedics, 2019, 25(9): 786-789.

[2] 叶云金, 李健阳, 葛继荣, 等. 髌部几何力学结合骨折风险预测简易工具预测中老妇女的骨折风险[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(26): 4101-4105.
YE Y J, LI J Y, GE J R, et al. Combination of hip geometry mechanics and fracture risk assessment tool to predict fracture risk in middle-aged and elderly women [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2020, 24(26): 4101-4105.

[3] 闵重函, 周琰, 张洪美, 等. 老年国人股骨近端生物力学特点与股骨

- 粗隆间骨折内固定选择的试验研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(8): 789-793.
- MIN C H, ZHOU Y, ZHANG H M, et al. Biomechanical stress research of proximal femur of old Chinese people and a guide to choose fixation for femoral intertrochanteric fractures[J]. Chinese Journal of Bone and Joint Injury, 2018, 33(8): 789-793.
- [4] LIU J, CHU B, YANG X, et al. Relationship between the index of protein modification (Kolbach index) and degradation of macromolecules in wheat malt[J]. J Food Sci, 2021, 86(6): 2300-2311.
- [5] 蔡滕滕, 缪娟娟, 葛建林, 等. IVC/Ao对老年髌部骨折患者术前容量反应性的预测价值[J]. 山东医药, 2020, 60(11): 52-55.
- CAI M M, MIAO J J, GE J L, et al. Predictive value of IVC/Ao in preoperative volume responsiveness in elderly patients with hip fracture[J]. Shandong Medical Journal, 2020, 60(11): 52-55.
- [6] 王小辉, 李涛, 张长虹. PFNA与PFLCP内固定老年股骨粗隆下骨折的生物力学分析及其临床疗效比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2020, 35(8): 822-824.
- WANG X H, LI T, ZHANG C H. Biomechanical analysis of PFNA and PFLCP internal fixation for elderly subtrochanteric fractures and comparison of clinical efficacy[J]. Chinese Journal of Bone and Joint Injury, 2020, 35(8): 822-824.
- [7] LAI W Y, CHIU Y C, LU K C, et al. Beneficial effects of preoperative oral nutrition supplements on postoperative outcomes in geriatric hip fracture patients: A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies[J]. Medicine, 2021, 100(47): 27755.
- [8] 李建涛, 张里程, 徐高翔, 等. 股骨近端三角形结构重建失效对骨折手术失败的影响[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(14): 928-935.
- LI J T, ZHANG L C, XU G X, et al. Effect of invalid reconstruction of proximal femoral triangular structure on failure of fracture surgery[J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2020, 40(14): 928-935.
- [9] 何苗, 邓志龙, 曹志东, 等. 防旋型股骨近端髓内钉内固定术治疗股骨粗隆间骨折患者的生物力学性能[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(8): 989-994.
- HE M, DENG Z L, CAO Z D, et al. Biomechanical properties in patients with intertrochanteric fracture treated with proximal femoral nail internal fixation[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2019, 36(8): 989-994.
- [10] CURE E, CUMHUR CURE M. Comment on "The relationship between atherogenic index of plasma and no reflow in patients with acute ST segment elevation myocardial infarction who underwent primary percutaneous coronary intervention"[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2020, 36(5): 797-798.
- [11] 新延利, 苗强, 刘涛, 等. 女性髌部骨质疏松性骨折患者股骨近端几何结构对患者骨折危险的影响[J]. 创伤外科杂志, 2018, 20(3): 194-197.
- JIN Y L, MIAO Q, LIU T, et al. Effect of the proximal femur geometry on the risk of fracture in female patients with osteoporotic hip fracture[J]. Journal of Traumatic Surgery, 2018, 20(3): 194-197.
- [12] 李木生, 林梓凌, 郑永泽, 等. 股骨皮质厚度参数及骨小梁密度在老年髌部骨折治疗中的临床意义[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2019, 27(4): 11-14.
- LI M S, LIN Z L, ZHENG Y Z, et al. Clinical significance of hip fracture in the elderly with cortical thickness parameters of femur and Singh index[J]. Chinese Journal of Traditional Medical Traumatology & Orthopedics, 2019, 27(4): 11-14.
- [13] BANACK H R, BEA J W, KAUFMAN J S, et al. The effects of reverse causality and selective attrition on the relationship between body mass index and mortality in postmenopausal women[J]. Am J Epidemiol, 2019, 188(10): 1838-1848.
- [14] 陈少坚, 林臻, 刘清平, 等. 股骨近端防旋髓内钉近端两种锁定方式治疗Evans-JensenIV/V型股骨粗隆间骨折的效果[J]. 实用医学杂志, 2019, 35(19): 3027-3032.
- CHEN S J, LIN Z, LIU Q P, et al. Clinical retrospective study of proximal femoral nail antirotation with two locking techniques in treatment of Evans-JensenIV/Vintertrochanteric femoral fractures[J]. The Journal of Practical Medicine, 2019, 35(19): 3027-3032.
- [15] 张宇博, 冯华明, 黄笃, 等. 老年髌部骨折患者骨密度与骨碱性磷酸酶、I型胶原羧基端前肽、I型胶原羧基端交联肽的相关性[J]. 实用临床医药杂志, 2019, 23(3): 14-17.
- ZHANG Y B, FENG H M, HUANG D, et al. Correlation between bone mineral density and expression of bone alkaline phosphatase, propeptide I carboxy-terminal procollagen, and type I collagen carboxy terminal cross-linking peptide in elderly patients with hip fracture[J]. Journal of Clinical Medicine in Practice, 2019, 23(3): 14-17.
- [16] WALSH M E, FERRIS H, COUGHLAN T, et al. Trends in hip fracture care in the Republic of Ireland from 2013 to 2018: results from the Irish Hip Fracture Database[J]. Osteoporos Int, 2021, 32(4): 727-736.
- [17] LEE H, COOK J A, LAMB S E, et al. The findings of a surgical hip fracture trial were generalizable to the UK national hip fracture database[J]. J Clin Epidemiol, 2021, 131: 141-151.
- [18] 李金奇, 崔北辰, 王军强, 等. 老年髌部骨折患者术后2年内再发对侧髌部骨折的危险因素研究[J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23(3): 209-215.
- LI J Q, CUI B C, WANG J Q, et al. A study of risk factors for contralateral hip fracture within 2 years following primary hip fracture surgery in elderly patients[J]. Chinese Journal of Orthopaedic Trauma, 2021, 23(3): 209-215.
- [19] JAZINIZADEH F, QUENNEVILLE C E. Enhancing hip fracture risk prediction by statistical modeling and texture analysis on DXA images[J]. Med Eng Phys, 2020, 78: 14-20.
- [20] 曹向宇, 徐丛, 任江涛, 等. 绝经后髌部骨折患者Singh指数与股骨头承重区生物力学指标的相关性分析[J]. 山东医药, 2017, 57(19): 21-24.
- CAO X Y, XU C, REN J T, et al. Correlation of Singh index with biomechanics properties in main bearing area of femoral head in postmenopausal women with hip fracture[J]. Shandong Medical Journal, 2017, 57(19): 21-24.
- [21] 汤璐璐, 邓伟民, 苏海容, 等. 补肾壮骨颗粒对SAMP6小鼠股骨宏观结构及生物力学的影响[J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 24(1): 91-97.
- TANG L L, DENG W M, SU H R, et al. The effects of Bushen Zhuanggu granules on macrostructure and biomechanical properties of the femur of SAMP6 mice[J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2018, 24(1): 91-97.
- [22] PEKONEN S R, KOPRA J, KRÖGER H, et al. Regional and gender-specific analyses give new perspectives for secular trend in hip fracture incidence[J]. Osteoporos Int, 2021, 32(9): 1725-1733.
- [23] JAZINIZADEH F, ADACHI J D, QUENNEVILLE C E. Advanced 2D image processing technique to predict hip fracture risk in an older population based on single DXA scans[J]. Osteoporos Int, 2020, 31(10): 1925-1933.
- [24] 张成宝, 余润泽, 喻德富, 等. 不同移位程度GardenI型股骨颈骨折股骨近端力学的有限元分析[J]. 山东医药, 2019, 59(34): 56-59.
- ZHANG C B, YU R Z, YU D F, et al. Finite element analysis of proximal femoral mechanics in GardenI femoral neck fractures with different degrees of displacement[J]. Shandong Medical Journal, 2019, 59(34): 56-59.
- [25] TOMIOKA S, FUJINO Y, NAKAYA T, et al. Equality of treatment for hip fracture irrespective of regional differences in socioeconomic status: analysis of nationwide hospital claims data in Japan[J]. Tohoku J Exp Med, 2019, 247(3): 161-171.
- [26] ZHONG B X, ZHONG H L, ZHOU G Q, et al. Physical performance and risk of hip fracture in community-dwelling elderly people in China: a 4-year longitudinal cohort study[J]. Maturitas, 2021, 146: 26-33.

(编辑:黄开颜)