

老年脆性骨折患者五年随访研究*

王冰^{1,2} 李芳菲¹ 刘九华¹ 鱼潇雅¹ 李光灿¹ 张春玉^{1**}

¹大连医科大学附属第二医院, 大连 116027; ²山西医科大学附属第六医院, 太原 030000

[摘要] 目的 观察老年脆性骨折患者五年内再骨折率、死亡率, 探讨相关影响因素。方法 选取 2015 年 1 月—2016 年 12 月于大连医科大学附属第二医院骨科住院的 775 例老年脆性骨折患者进行回顾性分析。采用电话咨询方式结合医院电子病历系统收集患者五年内再骨折及死亡的情况, 采用 Cox 风险比例模型分析再骨折及死亡的影响。结果 五年内有效随访患者 634 例, 五年内总体再骨折率为 16.25% (103 例), 死亡率为 32.97% (209 例)。Cox 多因素回归分析显示: 年龄、首次椎体骨折是再骨折发生的独立危险因素 ($P < 0.05$), 应用抗骨质疏松药物、服用钙剂和 (或) 维生素 D、血肌酐水平是再骨折发生的保护因素 ($P < 0.05$); 年龄、男性、空腹血糖是死亡的独立危险因素 ($P < 0.05$), 体质量指数、白蛋白、首次骨折部位为四肢骨折、服用抗骨质疏松药物、服用钙剂和 (或) 维生素 D 是死亡的保护因素 ($P < 0.05$)。结论 老年脆性骨折患者五年内再骨折率、死亡率较高。年龄、首次骨折部位、应用抗骨质疏松药物、服用钙剂和 (或) 维生素 D 对再骨折及死亡有影响。

[关键词] 老年脆性骨折; 再骨折率; 死亡率

doi: 10.3969/j.issn.1674-7593.2024.03.003

A Five-year Follow-up Study on Elderly Patients with Fragility Fractures

Wang Bing^{1,2}, Li Fangfei¹, Liu Jiuhua¹, Yu Xiaoya¹, Li Guangcan¹, Zhang Chunyu^{1**}

¹The Second Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116027; ²Six Affiliated Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000

** Corresponding author: Zhang Chunyu, email: zhangchunyu0924@qq.com

[Abstract] **Objective** To understand the refracture and mortality rate of elderly patients with fragility fractures within 5 years, and in order to identify relevant influencing factors. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 775 elderly patients with brittle fractures admitted to the Orthopedics Department of the Second Affiliated Hospital of Dalian Medical University from January 2015 to December 2016. The patient's refracture and death rates within 5 years were analyzed through telephone consultation combined with the hospital's electronic medical record system. The impact of refracture and death was analyzed using a Cox risk ratio model. **Results** 634 patients were effectively followed up within 5 years, with an overall refracture rate of 16.25% (103 cases) and a mortality rate of 32.97% (209 cases) within 5 years. Cox multiple regression analysis showed that age, first vertebral fracture were independent risk factors for refracture ($P < 0.05$), while the use of anti-osteoporosis drugs, calcium supplements and/or vitamin D, and blood creatinine levels were protective factors for refracture ($P < 0.05$); Age, male, and fasting blood glucose were independent risk factors for death ($P < 0.05$), while body mass index, albumin, limb fracture as the first fracture site, taking anti-osteoporosis drugs, calcium supplements, and/or vitamin D were protective factors for death ($P < 0.05$). **Conclusion** Elderly patients with fragility fractures have a higher rate of refracture and mortality within 5 years. Age, site of first fracture, use of anti-osteoporosis drugs, and use of calcium and/or vitamin D have an impact on refracture and mortality.

[Key words] Fragility fracture in the elderly; Refracture rate; Mortality rate

我国第 7 次人口普查结果显示 65 岁以上人群占比 13.5%^[1]。我国 65 岁以上人群骨质疏松症患者病率为 32.0%^[2]。骨质疏松性骨折又称脆性骨折, 预计 2050 年我国将有 599 万人发生脆性骨折^[3]。

脆性骨折是老年人致残、致死的主要原因之一, 其中髌部骨折致残、致死率最高, 给家庭、社会带来沉重负担^[2,4]。本研究对五年内再骨折及死亡情况进行分析, 为优化脆性骨折患者管理提供依据。

* 2022 年大连医科大学附属第二医院临床能力提升“1+X”计划临床研究孵化项目 (2022LCYJYB19)

** 通讯作者: 张春玉, 电子邮箱 zhangchunyu0924@qq.com

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2015 年 1 月—2016 年 12 月于大连医科大学附属第二医院骨科住院的 775 例老年脆性骨折患者进行回顾性分析。纳入标准：①年龄 ≥ 60 岁；②影像学检查明确骨折部位；③非暴力性骨折；④同意并接受随访。排除标准：①严重精神、心理障碍；②病理性骨折；③中、重度肝肾功不全；④继发性骨质疏松所致骨折（恶性肿瘤、内分泌性疾病、血液性疾病、肾脏疾病）。本研究经医院伦理委员会批准（伦理审批号 2023102）。

1.2 方法

根据影像学检查确定骨折部位（髋部组、椎体组、四肢组、其他组）。收集基本资料：性别、年龄、血压、体质量指数（Body mass index, BMI）、实验室指标（血红蛋白、白蛋白、血清碱性磷酸酶、血钙、血磷、血糖、肌酐等）及基础疾病史（高血压病史、心血管疾病史、脑血管疾病史）。通过电话咨询结合医院电子病历系统随访，记录五年内再骨折人数、骨折部位、死亡时间及原因。

1.3 统计学方法

采用 SPSS25.0 统计学软件进行数据分析，正态分布计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示，采用 *t* 检验；非正态分布计量资料用 $M(P_1, P_3)$ 表示，采用 Mann - Whitney *U* 检验。计数资料采用 χ^2 检验；再骨折及死亡的影响因素采用 Cox 比例风险模型分析； $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总体随访结果

有效随访 634 例（81.81%），五年内再次骨折

103 例（16.25%）、死亡 209 例（32.97%）。五年内一次再骨折者 86 例（13.56%），两次再骨折者 11 例（1.74%），三次再骨折者 5 例（0.79%），四次再骨折者 1 例（0.16%）。再骨折患者中男 21 例（20.39%），女 82 例（79.61%）。首次椎体骨折后再次骨折人数最多（39 例），其中再次发生椎体骨折者 25 例。五年内死亡 209 例（32.97%），平均年龄（81.97 ± 8.23）岁，首次髋部骨折者死亡人数最多（117 例），见表 1。

表 1 五年内再骨折及死亡情况 [例 (%)]

Tab. 1 Recurrent fractures and deaths within 5 years [n (%)]

骨折部位	首次骨折	再骨折	原位再骨折	死亡
髋部	238(37.54)	37(15.54)	20(8.40)	117(49.16)
椎体	163(25.71)	39(23.92)	25(15.34)	50(30.68)
四肢	168(26.50)	19(11.31)	5(2.98)	23(13.69)
其他部位	65(10.25)	8(12.31)	1(1.54)	19(29.23)
合计	634(100.00)	103(16.25)	51(49.51)	209(32.97)

2.2 五年内再骨折情况分析

2.2.1 再骨折组与非再骨折组患者资料比较 再骨折组年龄大于非再骨折组，舒张压、血清肌酐水平及应用抗骨质疏松药物、服用钙剂和（或）维生素 D 的比例均低于非再骨折组，两组首次骨折部位位置不同，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表 2。

表 2 再骨折组与非再骨折组患者的资料比较

Tab. 2 Comparison of patient data between the recurrent fracture group and the non - recurrent fracture group

资料	非再骨折组(531 例)	再骨折组(103 例)	<i>t/z/χ²</i> 值	<i>P</i> 值
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	78.19 ± 8.50	80.50 ± 8.06	-2.619	0.009
舒张压($\bar{x} \pm s$, mmHg)	80.11 ± 11.47	77.31 ± 14.61	2.160	0.031
血清肌酐 [$M(P_1, P_3)$, μmol/L]	61.00(50.56, 73.59)	56.37(50.00, 64.25)	-2.383	0.017
男性[例(%)]	142(26.74)	21(20.39)	1.823	0.177
有基础疾病史[例(%)] ^a	338(63.65)	71(68.93)	1.050	0.306
有手术史[例(%)]	465(87.57)	84(81.55)	2.690	0.101
应用抗骨质疏松药物[例(%)] ^b	183(34.46)	20(19.42)	8.972	0.003
服用钙剂和(或)维生素 D[例(%)]	144(27.12)	13(12.62)	9.731	0.002
首次骨折部位[例(%)]			11.205	0.010
髋部	201(37.85)	37(35.92)		
椎体	124(23.35)	39(37.86)		
四肢	149(28.06)	19(18.45)		
其他部位	57(10.73)	8(12.31)		

注：^a 有基础疾病史的患者中，基础疾病占比由高到低分别是高血压 252 例（61.61%）、心血管疾病 113 例（27.62%）、脑血管疾病 92 例（22.49%）；^b 应用抗骨质疏松药物的患者中，中成药 93 例、双膦酸盐类 67 例、鲑降钙素 2 例、活性维生素 D 39 例、地舒单抗 2 例

2.2.2 五年内再骨折情况 第 1 年再骨折 29 例, 第 2 年再骨折 28 例, 第 3 年再骨折 19 例, 第 4 年再骨折 9 例, 第 5 年再骨折 18 例, 见图 1。第 1 ~ 3 年, 首次椎体骨折后再骨折率明显高于其他各组 ($P < 0.05$), 见图 2。五年内使用抗骨质疏松药物组再骨折率低于无抗骨质疏松药物组 ($P < 0.05$), 见图 3。

2.2.3 再次骨折的多因素分析 将首次骨折后第 1 次发生再骨折作为因变量, 将表 1 中差异有统计

学意义的因素为自变量, 年龄、血肌酐、舒张压等连续型变量原数代入方程, 椎体骨折、抗骨质疏松药物治疗及钙剂和 (或) 维生素 D 服用情况赋值为“无 = 0, 有 = 1”, 经多因素 Cox 比例风险模型分析显示: 年龄、首次椎体骨折是再骨折发生的独立危险因素 ($P < 0.05$), 应用抗骨质疏松药物、服用钙剂和 (或) 维生素 D、血肌酐水平是再骨折发生的保护因素 ($P < 0.05$), 见表 3。

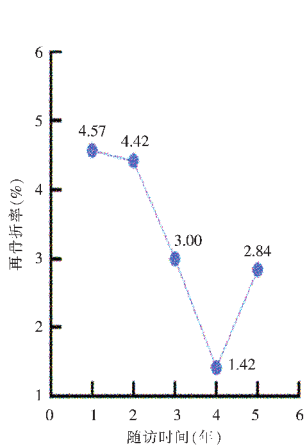


图 1 五年内再骨折率
Fig. 1 Refracture rate within 5 years

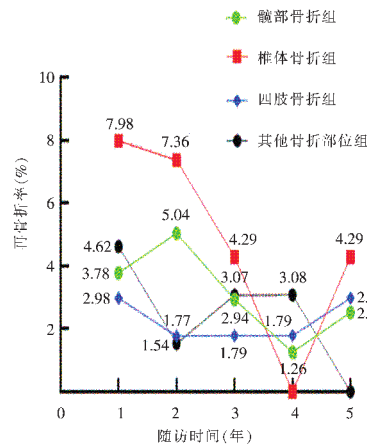


图 2 首次不同骨折部位的患者五年内再骨折率比较
Fig. 2 Comparison of refracture rates within 5 years among patients with different fracture sites for the first time

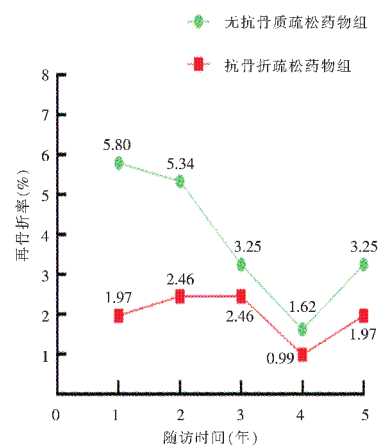


图 3 抗骨质疏松药物组与无抗骨质疏松药物组五年内再骨折率比较
Fig. 3 Comparison of the 5 year recurrence rate between the anti osteoporosis drug group and the non anti osteoporosis drug group

表 3 再次骨折的多因素分析结果

Tab. 3 Multivariate analysis results of recurrent fractures

自变量	β	SE	Wald χ^2	P 值	HR	95% CI
年龄	0.032	0.012	7.244	0.007	1.033	1.009 ~ 1.057
椎体骨折	0.579	0.208	7.772	0.005	1.784	1.188 ~ 2.680
应用抗骨质疏松药物	-1.031	0.257	16.161	<0.001	0.357	0.216 ~ 0.590
服用钙剂和(或)维生素 D	-1.094	0.305	12.829	<0.001	0.335	0.184 ~ 0.609
血肌酐	-0.035	0.007	26.024	<0.001	0.966	0.953 ~ 0.979
舒张压	-0.018	0.009	3.878	0.049	0.982	0.965 ~ 1.000

2.3 死亡结果分析

2.3.1 死亡情况 死于心血管疾病 61 例 (29.19%), 不明原因死亡 56 例 (26.79%), 死于脑血管疾病 36 例 (17.22%), 死于多器官衰竭 25 例 (11.96%), 死于糖尿病并发症 20 例 (9.57%), 死于重症肺炎 4 例 (1.91%), 死于休克 3 例 (1.44%), 死于恶性肿瘤 3 例 (1.44%), 死于重症胰腺炎 1 例 (0.48%)。第 1 年死亡 22 例, 第 2 年死亡 42 例, 第 3 年死亡 39 例, 第 4 年死亡 52 例, 第 5 年死亡 54 例, 见图 4。首次髋部

骨折的患者随访期间死亡率高于首次椎体骨折、四肢骨折、其他骨折, 以首次骨折后第 4 年和第 5 年为著, 见图 5。应用抗骨质疏松药物患者死亡率低于未应用患者 ($P < 0.05$), 见图 6。

2.3.2 死亡风险的多因素分析 以“性别 (女 = 0, 男 = 1), 年龄、收缩压、舒张压、BMI、血红蛋白、碱性磷酸酶、白蛋白、肌酐、血钙、血磷、空腹血糖 (连续型变量原值代入), 基础疾病史、手术史、髋部骨折、椎体骨折、四肢骨折、其他部位骨折、抗骨质疏松药物、服钙剂和 (或) 维生

素 D (无 = 0, 有 = 1)” 为自变量, 进行单因素和
多因素分析, 将单因素 Cox 回归分析 (表 4) 中有
统计学意义的因素纳入多因素 Cox 回归分析, 结果
显示: 年龄、男性、空腹血糖是死亡的独立危险因

素 ($P < 0.05$), BMI、白蛋白、首次骨折部位为四
肢骨折、服用抗骨质疏松药物、服用钙剂和 (或)
维生素 D 是死亡的保护因素 ($P < 0.05$), 见表 5。

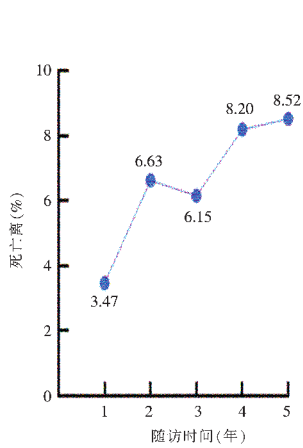


图 4 五年内死亡率
Fig. 4 Mortality rate
within 5 years

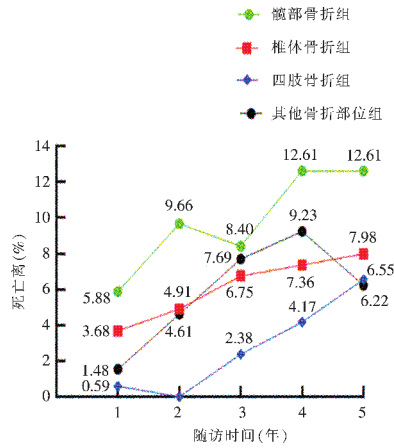


图 5 首次不同骨折部位
五年内死亡率比较
Fig. 5 Comparison of mortality rate
within 5 years among patients
with different fracture sites
for the first time

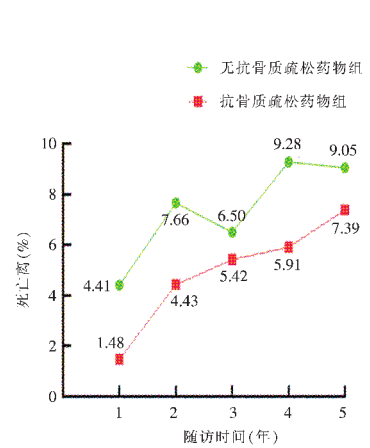


图 6 抗骨质疏松药物组
与无抗骨质疏松药物组
五年内死亡率比较
Fig. 6 Comparison of the 5 year
mortality rate between the anti
osteoporosis drug group and the
non anti osteoporosis drug group

表 4 死亡风险的单因素 Cox 分析结果

Tab. 4 Single factor Cox analysis results of mortality risk

自变量	β	SE	Wald χ^2	P 值	HR	95% CI
年龄	0.044	0.008	27.992	<0.001	1.045	1.028 ~ 1.063
男性	0.474	0.140	11.459	0.001	1.607	1.221 ~ 2.115
收缩压	0.007	0.003	4.785	0.029	1.007	1.001 ~ 1.013
舒张压	-0.008	0.006	1.817	0.178	0.992	0.980 ~ 1.004
BMI	-0.078	0.022	13.108	<0.001	0.925	0.887 ~ 0.965
血红蛋白	-0.016	0.004	17.585	<0.001	0.984	0.977 ~ 0.992
碱性磷酸酶	0.002	0.002	0.831	0.362	1.002	0.998 ~ 1.005
白蛋白	-0.115	0.13	73.589	<0.001	0.891	0.868 ~ 0.915
肌酐	0.002	0.001	3.293	0.070	1.002	1.000 ~ 1.003
血钙	-2.247	0.735	35.915	<0.001	0.106	0.051 ~ 0.220
血磷	-0.949	0.338	7.896	0.005	0.387	0.200 ~ 0.750
空腹血糖	0.061	0.021	7.989	0.005	1.063	1.019 ~ 1.108
有基础疾病史	-0.066	0.143	0.212	0.645	0.936	0.708 ~ 1.239
有手术史	0.576	0.241	5.721	0.017	1.779	1.110 ~ 2.851
髋部骨折	0.765	0.139	30.098	<0.001	2.148	1.635 ~ 2.823
椎体骨折	-0.174	0.162	1.153	0.283	0.840	0.611 ~ 1.155
四肢骨折	-1.039	0.221	22.061	<0.001	0.354	0.229 ~ 0.546
其他部位骨折	-0.073	0.241	0.092	0.762	0.930	0.580 ~ 1.490
服用抗骨质疏松药物	-0.493	0.162	9.230	0.002	0.611	0.445 ~ 0.840
服用钙剂和 (或) 维生素 D	-0.836	0.217	14.798	<0.001	0.433	0.283 ~ 0.664

表 5 死亡风险的多因素 Cox 分析结果

Tab. 5 Multivariate factor Cox analysis results of mortality risk

变量	β	SE	Wald χ^2	P 值	HR	95% CI
年龄	0.023	0.009	6.825	0.009	1.024	1.006 ~ 1.042
男性	0.293	0.148	3.883	0.049	1.340	1.002 ~ 1.792
收缩压	0.005	0.003	2.573	0.109	1.005	0.999 ~ 1.012
BMI	-0.50	0.023	4.698	0.030	0.952	0.910 ~ 0.995
血红蛋白	-0.001	0.005	0.019	0.890	0.999	0.990 ~ 1.008
白蛋白	-0.084	0.019	18.762	<0.001	0.920	0.886 ~ 0.955
血钙	-0.286	0.012	0.218	0.641	0.752	0.227 ~ 2.492
血磷	-0.594	0.368	2.614	0.106	0.552	0.268 ~ 1.134
空腹血糖	0.066	0.022	9.009	0.003	1.068	1.023 ~ 1.115
有手术史	0.264	0.251	1.106	0.293	1.302	0.796 ~ 2.129
髌部骨折	0.043	0.161	0.071	0.789	1.044	0.762 ~ 1.430
四肢骨折	-0.510	0.244	4.365	0.037	0.601	0.372 ~ 0.969
服用抗骨质疏松药物	-0.519	0.169	9.455	0.002	0.595	0.427 ~ 0.828
服用钙剂和(或)维生素 D	-0.691	0.227	9.258	0.002	0.501	0.321 ~ 0.782

3 讨论

骨质疏松症及脆性骨折发生与增龄密切相关, 本研究发现在脆性骨折中, 女性多于男性, 考虑可能与女性绝经后雌激素水平快速下降导致体内骨质大量丢失相关^[5]。

老年脆性骨折患者五年内再骨折率 16.25%, 与韩国研究结果相似^[6]。报道显示, 首次椎体骨折后再骨折风险最高, 首次脆性骨折后 1~2 年内再发骨折风险最高^[7]。应用抗骨质疏松药物患者再骨折率低于未应用者。本研究 Cox 多因素分析发现年龄、首次椎体骨折是再次骨折的危险因素, 应用抗骨质疏松药物、服用钙剂和(或)维生素 D、血肌酐是再次骨折的保护因素, 与团队前期报道^[8]有些差异, 考虑与纳入样本量、采用的分析方式不同有关, 今后需进一步验证。临床中, 老年脆性骨折患者应尽早应用抗骨质疏松药物、服用钙剂和(或)维生素 D 以预防再骨折的发生。

本研究中, 老年脆性骨折患者五年内死亡率为 32.97% (209 例), 首次髌部骨折患者死亡率明显高于首次椎体骨折组、四肢骨折组、其他骨折组, 以骨折后第 4 年和第 5 年为著, 且应用抗骨质疏松药物患者死亡率低于未应用的患者, 多因素 Cox 分析发现年龄、男性、空腹血糖是死亡的独立危险因素 ($P < 0.05$)。本研究中首次髌部骨折在多因素 Cox 回归分析未见统计学意义, 与 Wang 等^[9]存在差异, 考虑可能与采用的分析方式、骨折分组、纳入变量、随访时间等不同有关, 今后需要扩大样本量进一步研究。

已有文献报道基础疾病、手术对于老年脆性骨折患者有影响, 基础疾病越多、非手术治疗的患者

死亡率高^[10-12]。本研究中基础疾病对死亡无影响, 考虑可能与统计的疾病种类较少有关。本研究单因素分析中发现手术与死亡相关, 多因素分析中这种影响不显著, 提示老年脆性骨折患者手术治疗前后应充分评估老年人身体情况, 同时, 配合抗骨质疏松药物可使治疗取得较好效果。

老年脆性骨折患者五年内再骨折率、死亡率较高。老年脆性骨折患者应尽早实施抗骨质疏松治疗, 同时积极治疗基础疾病、预防跌倒以降低再骨折率和死亡率, 防止日常生活能力下降, 改善老年人生活质量。

参考文献

- [1] 国家统计局, 国务院第七次全国人口普查领导小组办公室. 第七次全国人口普查公报 (第五号) —— 人口年龄构成情况 [J]. 中国统计, 2021, 69 (5): 10-11.
National Bureau of Statistics, Office of the Leading Group for the Seventh National Population Census of the State Council. Announcement of the seventh national population census (No. 5) - population age composition [J]. China Statistics, 2021, 69 (5): 10-11.
- [2] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南 (2022) [J]. 中国全科医学, 2023, 26 (14): 1671-1691.
Research CSoOaBM. Guidelines for the diagnosis and treatment of primary osteoporosis (2022) [J]. Chin Gen Pract, 2023, 26 (14): 1671-1691.
- [3] 中华医学会骨科学分会. 骨质疏松性骨折诊疗指南 (2022 年版) [J]. 中华骨科杂志, 2022, 42 (22): 1473-1491.

- COA. Guidelines for the diagnosis and treatment of osteoporotic fractures (2022 edition) [J]. Chin J Orthop, 2022, 42 (22): 1473–1491.
- [4] Zhang C, Feng J, Wang S, et al. Incidence of and trends in hip fracture among adults in urban China: a nationwide retrospective cohort study [J]. PLoS Med, 2020, 17 (8): e1003180.
- [5] Wang Y, Ding H, Wang X, et al. Associated factors for osteoporosis and fracture in Chinese elderly [J]. Med Sci Monit, 2019, 25: 5580–5588.
- [6] Shim YB, Park JA, Nam JH, et al. Incidence and risk factors of subsequent osteoporotic fracture; a nationwide cohort study in South Korea [J]. Arch Osteoporos, 2020, 15 (1): 180.
- [7] 林华. 中国老年人群迫在眉睫的骨折风险 [J]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37 (5): 436–440.
Lin H. The imminent risk of osteoporotic fracture in Chinese elderly population [J]. Chin J Endocrinol Metab, 2021, 37 (5): 436–440.
- [8] 姚宝红, 金博, 高晓云, 等. 老年脆性骨折患者再次骨折的危险因素 [J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2023, 22 (4): 241–245.
- Yao BH, Jin B, Gao XY, et al. Risk factors for re-fractures in elderly patients after fragility fracture [J]. Chin J Mult Organ Dis Elderly, 2023, 22 (4): 241–245.
- [9] Wang PW, Yao XD, Zhuang HF, et al. Mortality and related risk factors of fragile hip fracture [J]. Orthop Surg, 2022, 14 (10): 2462–2469.
- [10] Dokládlová P, Majerníček M, Vaculík J, et al. Results of surgically treated patients for hip fracture – complications, mortality [J]. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2017, 84 (6): 424–430.
- [11] Choi HG, Lee YB, Rhyu SH, et al. Mortality and cause of death postoperatively in patients with a hip fracture: a national cohort longitudinal follow-up study [J]. Bone Joint J, 2018, 100–B (4): 436–442.
- [12] Vidal EIO, Moreira – Filho DC, Pinheiro RS, et al. Delay from fracture to hospital admission; a new risk factor for hip fracture mortality [J]. Osteoporos Int, 2012, 23 (12): 2847–2853.

(2023–11–30 收稿)

片语健康

元

元 (Perfect robustness) 是完好的身体和精神状态, 为健康的极值。在古代, 用“元气”描述这种状态。古人云: “气 (元气) 聚则生, 气壮则康, 气衰则弱, 气散则亡; 元气循‘道’, 道法自然”。

在现代医学中, 元的基础可被理解为健康要素^[1-2]。基本的健康要素包括: 屏障结构、袭扰遏制、回收更新、网络整合、节律波动、自稳平衡、增壮适应 (Hormesis) 和修复再生。人体被屏障分区, 线粒体、溶酶体、细胞核和细胞有膜屏障, 大脑有血脑屏障, 肠道、呼吸道和皮肤是接触外环境的屏障。人生在世, 袭扰不断。袭扰可来自内部, 如 DNA 修复失败、细胞器功能失调和异常蛋白堆积; 袭扰可来自外部, 如入侵的病原体, 机械、化学或物理损伤。为延缓退化, 细胞及其成分经历回收更新。人运行于多维网络中, 细胞内有信号, 细胞间有沟通, 器官间有交流。血管、淋巴管和神经纤维分布全身。在进化过程中, 人类日出而作, 日落而息, 因而获得了以 24 h 为周期 (地球自转一圈) 的昼夜节律调控机制。与生命体征相关的 pH 值、血氧、血糖、血压、体温和激素浓度等受到严格的自稳调控。低剂量的袭扰子能强化对袭扰子的抵抗力, 损伤的组织能被修复再生。

参考文献

- [1] López – Otín C, Kroemer G. Hallmarks of health [J]. Cell, 2021, 184 (7): 1929–1939.
- [2] 王放. 健康要素与管控 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2020.
Wang F. Elements and management of health [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2020.

(作者: 于永利)