

老年住院患者握力及躯体活动能力与骨密度的相关性研究*

朱敏^{1,2} 佟佳欣¹ 刘亚男¹ 高晓云¹ 金博¹ 张春玉^{1**}

¹大连医科大学附属第二医院老年医学科, 大连 116023; ²西安市第三医院全科医学科, 西安 710021

[摘要] 目的 探究老年住院患者握力及躯体活动能力与骨密度 (BMD) 之间的关系。方法 选取 2020 年 10 月—2021 年 10 月在大连医科大学附属第二医院老年医学科治疗的 235 例老年患者 (≥60 岁), 评估其握力及躯体活动能力 (步速、5 次起坐试验时间、起立-行走试验时间), 分析其与 BMD 的相关性。结果 单因素分析显示握力、步速与 BMD 呈正相关, 起立-行走试验时间、5 次起坐试验时间与 BMD 呈负相关, 这种相关性在不同性别的患者中均存在 ($P < 0.001$)。偏相关分析显示握力、步速与 BMD 呈正相关 ($P < 0.001$); 5 次起坐试验时间、起立-行走试验时间与 BMD 呈负相关 ($P < 0.001$)。多元线性回归分析结果显示 BMI、握力、起立-行走试验时间、5 次起坐试验时间为 BMD 的主要影响因素 ($R^2 = 0.449$, $P < 0.05$)。结论 增加 BMI、肌肉力量并改善躯体活动能力有利于维持老年患者的 BMD。

[关键词] 老年患者; 骨密度; 握力; 躯体活动能力

doi: 10.3969/j.issn.1674-7593.2024.02.003

Correlation Analysis between Bone Mineral Density and Grip Strength and Physical Mobility in Hospitalized Elderly Patients

Zhu Min^{1,2}, Tong Jiaxin¹, Liu Yanan¹, Gao Xiaoyun¹, Jin Bo¹, Zhang Chunyu^{1**}

¹Department of Geriatrics of the Second Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Dalian 116023; ²Department of General Practice of Xi'an NO. 3 Hospital, Xi'an 710021

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

[Abstract] **Objective** To investigate the relationship between grip strength and physical mobility and bone mineral density (BMD) in elderly hospitalized patients. **Methods** 235 elderly patients (≥60 years) treated in the Department of Geriatrics of the Second Affiliated Hospital of Dalian Medical University from October 2020 to October 2021 were selected to assess their grip strength and physical mobility (gait speed, 5 sitting up test time, and up-and-go test time) and analyze their correlation with BMD. **Results** Univariate analysis showed that grip strength and gait speed were positively correlated with BMD, and up-and-go test time and 5 sitting up test time were negatively correlated with BMD, and this correlation was present in patients of both genders ($P < 0.001$). Partial correlation analysis showed that grip strength and gait speed were positively correlated with BMD ($P < 0.001$); 5 sitting up test time and get-up and go test times were negatively correlated with BMD ($P < 0.001$). The results of multiple linear regression analysis showed that BMI, grip strength, time of get-up and go test, and time of 5 sitting up test were the main influencing factors of BMD ($R^2 = 0.449$, $P < 0.05$). **Conclusion** An appropriate increase in BMI, muscle strength and improving physical mobility may be beneficial in maintaining BMD for the elderly patients.

[Key words] Elderly patients; Bone mineral density; Grip strength; Physical mobility

老年性骨质疏松症是一种与增龄相关的退行性疾病, 可引起慢性疼痛、平衡能力下降, 在直接增加跌倒和骨折的风险同时, 也影响慢性疾病的进展, 甚至威胁生命^[1-2]。有研究发现, 肌肉质量和力量的降低是反应身体功能下降的一个重要预测因

素, 会增加老年人跌倒风险, 还会影响骨密度 (Bone mineral density, BMD)^[3]。肌肉力量较肌肉质量下降的往往较早, 通过评估肌肉力量可以在早期识别身体功能下降^[4]。握力及躯体活动能力可以

* 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); 大连医科大学附属第二医院-中国科学院大连化学物理研究所医工联合创新基金 (DMU-2&DICP UN202310)

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

较好地反应老年人的四肢肌肉力量及平衡能力^[5]。目前关于老年人握力和躯体活动能力与骨质疏松相关性的研究较少,本研究旨在探索老年人握力及躯体活动能力与BMD的相关性,为老年人骨质疏松症的临床干预提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取2020年10月—2021年10月在大连医科大学附属第二医院老年医学科住院且进行老年综合评估的235例老年患者进行横断面研究。纳入标准:①年龄≥60岁;②能够配合使用双能X线骨密度仪测量骨密度值;③能完成优势手握力、起立-行走试验时间、5次起坐试验时间、步速等相关指标的测量且数据完整;④所有纳入的患者均签署知情同意书。排除标准:①合并风湿免疫系统疾病、中/重度肝肾功能不全、甲状腺疾病、甲状旁腺疾病、恶性肿瘤骨转移、骨软骨病;②3个月内患有严重神经系统疾病及遗留脑梗死后遗症;③服用影响平衡及肌力药物;④长期使用可能影响钙磷代谢的药物;⑤不能配合或拒绝评估以及资料不完整者。235例患者按照所测骨密度值计算骨密度T值,依据世界卫生组织关于骨质疏松症的诊断标准分为骨量正常组(T值≥-1.0)54例、骨量降低组(-2.5<T值<-1.0)98例、骨质疏松组(T值≤-2.5)83例。

1.2 方法

受试者均于同一检测中心,使用同一台双能X

线骨密度仪测量骨密度值;收集受试者一般临床资料:性别、年龄、体质量指数(Body mass index, BMI)、血清25-羟基维生素(D₃)、血清维生素D(VD)等指标;同时完成老年综合评估包括优势手握力、起立-行走试验时间、5次起坐试验时间、步速的测量。

1.3 统计学方法

采用SPSS23.0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,组间比较采用单因素方差分析;非正态分布计量资料采用 $[M(P_1, P_3)]$ 表示,组间比较采用Kruskal-Wallis H检验;计数资料采用 χ^2 检验;相关性分析采用Spearman相关系数;采用多元线性回归分析BMD的主要影响因素; $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 不同BMD研究对象临床资料比较

不同性别的研究对象在骨质疏松的发生率上差异无统计学意义($P > 0.05$);骨质疏松组的年龄较其余两组明显增加,差异有统计学意义($P < 0.05$);骨质疏松组的D₃、VD水平较其余两组明显降低,差异有统计学意义($P < 0.05$);随着BMD的降低,BMI、握力、步速均呈现下降趋势,差异均有统计学意义($P < 0.05$),起立-行走试验时间与5次起坐试验时间均出现延长,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表1。

表1 不同BMD研究对象的临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data of different BMD subjects

指标	骨量正常组(54例)	骨量降低组(98例)	骨质疏松组(83例)	$\chi^2/F/Z$ 值	P值
性别[例(%)]				0.421	0.810
男	23(24.47)	40(42.55)	31(32.98)		
女	31(21.99)	58(41.13)	52(36.88)		
年龄[$M(P_1, P_3)$,岁]	67.00(62.75,74.00)	68.50(64.00,74.25)	72.00(67.00,78.00) ^{ab}	-3.560	<0.001
BMI($\bar{x} \pm s$,kg/m ²)	26.27±3.30	24.62±3.44 ^a	23.46±3.30 ^{ab}	5.474	<0.001
D ₃ [$M(P_1, P_3)$,ng/mL]	17.45(12.98,26.73)	17.42(14.23,24.19)	13.84(9.64,22.66) ^{ab}	3.024	0.001
VD[$M(P_1, P_3)$,mmol/L]	20.20(14.01,28.43)	19.45(15.60,26.05)	14.61(10.42,22.97) ^{ab}	3.516	<0.001
握力[$M(P_1, P_3)$,kg]	27.00(22.28,33.90)	23.15(20.99,29.30) ^a	19.50(17.30,26.70) ^{ab}	9.268	<0.001
起立-行走试验时间 [$M(P_1, P_3)$,s]	6.85(5.67,8.62)	8.48(6.68,10.45) ^a	11.05(9.20,13.45) ^{ab}	-6.594	<0.001
5次起坐试验时间 [$M(P_1, P_3)$,s]	10.30(8.89,13.09)	12.69(10.69,14.67) ^a	14.60(13.19,17.70) ^{ab}	-6.624	<0.001
步速[$M(P_1, P_3)$,m/s]	1.11(1.02,1.23)	1.00(0.90,1.12) ^a	0.85(0.76,1.10) ^{ab}	4.972	<0.001

注:与骨量正常组比较^a $P < 0.05$;与骨量降低组比较^b $P < 0.05$

2.2 握力及躯体活动能力与BMD的相关性分析

相关性分析发现握力、步速与BMD值呈正相

关($r = 0.519, r = 0.310, P < 0.001$);起立-行走试验时间、5次起坐试验时间与BMD值呈负相

关 ($r = -0.397, r = -0.398, P < 0.001$)。

2.3 不同性别研究对象握力及躯体活动能力与 BMD 的相关性分析

男性患者中, 握力、步速与 BMD 呈正相关, 5 次起坐试验时间、起立-行走试验时间与 BMD 呈负相关。女性患者中各指标的相关性分析结果同男性, 见表 2。

表 2 不同性别患者的握力及躯体活动能力与 BMD 的相关性
Tab. 2 Correlation between grip strength and physical mobility and BMD in patients of different genders

指标	男性		女性	
	r 值	P 值	r 值	P 值
握力	0.512	<0.001	0.567	<0.001
5 次起坐试验时间	-0.463	<0.001	-0.386	<0.001
起立-行走试验时间	-0.396	<0.001	-0.432	<0.001
步速	0.375	<0.001	0.290	<0.001

2.4 握力及躯体活动能力与 BMD 的偏相关分析

在控制性别、年龄、BMI 对握力及躯体活动能力的影响后, 对握力及躯体活动能力与 BMD 的关系进行偏相关分析后发现: 握力、步速与 BMD 呈正相关性 ($r = 0.480, r = 0.247, P < 0.001$); 5 次起坐试验时间、起立-行走试验时间与 BMD 呈负相关性 ($r = -0.340, r = -0.338, P < 0.001$)。

2.5 多元线性回归分析确定 BMD 值的主要影响因素

以 BMD 值为因变量, 以年龄、BMI、步速、握力、起立-行走试验时间、5 次起坐试验时间为自变量, 将选取的自变量纳入线性回归分析中, 在最终纳入的模型中发现: 握力、起立-行走试验时间、5 次起坐试验时间、BMI 为 BMD 的主要影响因素 ($P < 0.05$), 见表 3。

表 3 各自变量与 BMD 的多元线性回归分析

Tab. 3 Multiple linear regression analysis of individual variables and BMD

自变量	β	SE	t 值	P 值
握力	0.011	0.001	8.228	<0.001
起立-行走试验时间	-0.009	0.002	-3.667	<0.001
5 次起坐试验时间	-0.005	0.002	-3.367	<0.001
BMI	0.010	0.002	4.679	<0.001

注: $F = 46.921, P < 0.001, R^2 = 0.449, \text{调整 } R^2 = 0.440$

3 讨论

随着人口老龄化程度不断加重, 骨质疏松症已成为继高血压、糖尿病后威胁老年人健康的最常见退行性疾病之一^[6-7]。据一项研究统计, 中国 50

岁以上人群中, 女性的骨质疏松比例为 29.0%, 男性为 13.5%^[8]。本研究通过对 235 例 60 岁以上老年住院患者进行横断面研究后发现, 无论男性女性患者骨量降低比例超过 40%, 骨质疏松的比例超过 30%, 这一结果高于 Chandra 等^[9]所得结果, 一方面由于本研究所纳入的研究对象为住院患者, 并非社区一般健康居民; 另一方面也真实地反映了我国现阶段老年住院患者 BMD 普遍降低的现状, 所以对于 60 岁以上的老年人进行常规的 BMD 检查是十分必要的。

老年性骨质疏松症主要是由于衰老导致的骨强度下降、BMD 降低, 进而增加骨折风险; 另外雌激素参与维持人体内分泌系统、心血管系统、骨骼系统的内环境稳态, 雌激素通过促进降钙素的分泌, 抑制骨吸收。

BMI 是影响 BMD 的主要因素之一。这可能是由于 BMI 较大的老年人对于脂肪组织的机械压力相应增加, 且脂肪组织能够将雄激素转换为雌激素, 从而促进骨的形成^[10]。

本研究中骨质疏松组患者的 VD 水平显著低于另两组患者, 进行相关性分析发现, 血清 VD 水平与 BMD 呈现正相关性。既往多项研究显示, VD 水平降低往往预示着身体机能的下降, 缺乏 VD 会导致人体钙吸收减少从而影响骨骼与肌肉的质量。同时, VD 缺乏会促进肌内脂肪与骨髓脂肪组织生成, 导致肌肉力量降低, 骨量下降^[11-12]。

血清白蛋白及血清前白蛋白是目前评估营养状态通常使用的血清学指标。本研究前期发现血清前白蛋白与 BMD 存在一定的正相关性, 血清白蛋白水平与 BMD 不存在明显相关性。但进一步进行线性回归分析后发现血清前白蛋白并非为 BMD 的主要影响因素。这可能是由于血清前白蛋白在体内半衰期较短, 而 BMD 的变化过程十分缓慢, 所以血清前白蛋白及血清白蛋白水平与 BMD 的相关性还有待进一步研究。

排除了中、重度肾功能不全的患者后, 血肌酐水平与 BMD 呈正相关, 即血肌酐水平越低, BMD 越低。但在后续进行的线性回归分析中发现血肌酐水平并不是 BMD 的主要影响因素。所以本研究仅能表明血肌酐水平在一定程度上能够反应骨骼肌质量、力量及功能水平, 肌酐可能通过影响肌肉质量和力量影响 BMD, 但具体的相关性仍需要进一步研究^[13-14]。

肌肉与骨的强度和重量之间具有很强的相关性, 肌肉力量的大小会对骨骼形态产生相应的负荷, 为成骨提供直接的机械刺激^[15]。握力用于评估上肢的肌肉力量, 本研究发现握力与 BMD 呈正相关性。对不同性别的患者进行亚组分析后发现,

这种相关性在女性中更为明显。将可能影响 BMD 的因素逐一纳入多元线性回归中发现, 握力是影响 BMD 的重要因素之一, 与既往绝大多数研究结果一致^[16]。但也有发现握力与 BMD 相关性并不显著的研究报道^[17]。

步速、起立-行走试验、5 次起坐试验被认为是评估老年人身体活动能力的重要指标, 其能在一定程度上反应下肢肌肉力量。本研究发现起立-行走试验时间、5 次起坐试验时间是影响 BMD 的重要因素。这与国内外学者研究所得结论相同^[18-19]。既往研究显示, 通过运动改善身体活动能力能直接通过应力刺激骨骼生长从而保持一定的骨量^[20]。一项实验结果也表明, 通过进行各种强度的体能训练和抗阻运动, 能显著改善老年人的肌肉功能并且提高 BMD^[21]。所以在老年人群中可以通过适当运动来增加肌肉对骨骼的直接应力刺激, 提高肌肉功能的同时延缓 BMD 的降低过程, 减少骨质疏松性骨折的发生风险。

对于 BMI、握力偏低及起立-行走试验时间、5 次起坐试验时间偏长的老人, 应该尽早检测 BMD 以便早期发现、早期干预骨量降低和骨质疏松, 同时针对这部分老年人群, 适当增加运动尤其是抗阻运动, 加强健康教育, 既能够提高老年人肌肉质量, 也有助于提高 BMD, 降低骨折等不良事件发生的风险^[22-23]。

参考文献

- [1] Zanker J, Duque G. Osteoporosis in older persons: old and new players [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2019, 67 (4): 831-840.
- [2] 张云, 鲁平. 老年 2 型糖尿病患者合并骨质疏松的相关因素分析 [J]. *中华老年医学杂志*, 2018, 37 (4): 417-419.
Zhang Y, Lu P. Risk factors of osteoporosis in elderly type 2 diabetic patients [J]. *Chin J Geriatr*, 2018, 37 (4): 417-419.
- [3] Eva-Maria S, Marlene H, Bernhard F, et al. Strength training increases skeletal muscle quality but not muscle mass in old institutionalized adults: a randomized, multi-arm parallel and controlled intervention study [J]. *Eur J Phys Rehab Med*, 2018, 54 (6): 921-933.
- [4] Porto JM, Nakaishi A, Cangussu-Oliveira LM, et al. Relationship between grip strength and global muscle strength in community-dwelling older people [J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2019, 82: 273-278.
- [5] Béatrice B, Cédric A, Erick L. Osteoporosis in older adults [J]. *Joint Bone Spine*, 2021, 88 (3): 105135.
- [6] Zeng Q, Li N, et al. The prevalence of osteoporosis in China, a nationwide, multicenter DXA survey [J]. *J Bone Miner Res*, 2019, 34 (10): 1789-1797.
- [7] 尹劲, 周兆文, 普有登, 等. 老年人群骨质疏松发生情况及血清 25-羟维生素 D 对其影响 [J]. *国际老年医学杂志*, 2023, 44 (1): 67-70.
Yin J, Zhou ZW, Pu YD, et al. Incidence of osteoporosis and the effect of 25-Hydroxyvitamin D on Osteoporosis in older people [J]. *Int J Geriatr*, 2023, 44 (1): 67-70.
- [8] Cheng XG, Zhao KP, Zha XJ, et al. Opportunistic screening using low-dose CT and the prevalence of osteoporosis in China: a nationwide, multicenter study [J]. *J Bone Miner Res*, 2021, 36 (3): 427-35.
- [9] Chandra A, Rajawat J. Skeletal aging and osteoporosis: mechanisms and therapeutics [J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22 (7): 3553.
- [10] Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia [J]. *Lancet*, 2019, 393 (10191): 2636-46.
- [11] Burt LA, Billington EO, Rose MS, et al. Effect of high-dose vitamin D supplementation on volumetric bone density and bone strength: a randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2019, 322 (8): 736-745.
- [12] 桑丹卓嘎, 郑松柏. 维生素 D 与老年疾病 [J]. *国际老年医学杂志*, 2023, 44 (1): 82-86.
Sangdan ZG, Zheng SB. Vitamin D and age-related diseases [J]. *Int J Geriatr*, 2023, 44 (1): 82-86.
- [13] 陈锦成, 朱国涛, 刘洪文, 等. “肌少-骨质疏松症”的共同发病机制 [J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2020, 13 (1): 95-102.
Chen JC, Zhu GT, Liu HW, et al. Common pathogenesis of “sarco-osteopenia” [J]. *Chin J Osteoporosis Bone Miner Res*, 2020, 13 (1): 95-102.
- [14] 王滋润, 肖成伟, 胡珏. 肾功能正常的中老年人血清肌酐水平与骨密度相关性研究 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2020, 26 (1): 70-74.
Wang ZR, Xiao CW, Hu J. Correlation between serum creatinine level and bone mineral density in middle-aged and elderly people with normal renal function [J]. *Chin J Osteoporosis*, 2020, 26 (1): 70-74.
- [15] O'Bryan SJ, Giuliano C, Woessner MN, et al. Progressive resistance training for concomitant increases in muscle strength and bone mineral density in older adults: a systematic review and meta-analysis [J]. *Sports Med*, 2022, 52 (8): 1939-1960.
- [16] 王雅, 卢琪, 胡云秋, 等. 上海地区不同性别、年龄人群骨密度与双手握力间的相关性研究 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2022, 15 (9): 683-689.
Wang Y, Lu Q, Hu YQ, et al. Correlation between bone mineral density and grip strength in people with different genders and ages in Shanghai [J]. *Chin J Bone Joint Surgery*, 2022, 15 (9): 683-689.
- [17] Trajanoska K, Morris JA, Oei L, et al. Assessment

- of the genetic and clinical determinants of fracture risk; genome wide association and mendelian randomisation study [J]. *BMJ*, 2018, 362: k3225.
- [18] 陈巧聪, 楼慧玲, 彭程, 等. 中老年人骨折风险与握力、步速、肌肉量的相关性 [J]. *实用医学杂志*, 2020, 36 (1): 69-73.
Chen QC, Lou HL, Peng C, et al. Relationship between grip strength, gait speed, lean mass and risk of fracture in middle-aged and elderly people [J]. *J Pract Med*, 2020, 36 (1): 69-73.
- [19] Elhakeem A, Hartley A, Luo Y, et al. Lean mass and lower limb muscle function in relation to hip strength, geometry and fracture risk indices in community-dwelling older women [J]. *Osteoporos Int*, 2019, 30 (1): 211-220.
- [20] Benedetti MG, Furlini G, Zati A, et al. The effectiveness of physical exercise on bone density in osteoporotic patients [J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2028 (1): 4840531.
- [21] ARMAMENTO-VILLAREAL R, AGUIRRE L, WALTERS DL, et al. Effect of aerobic or resistance exercise, or both, on bone mineral density and bone metabolism in obese older adults while dieting: a randomized controlled trial [J]. *J Bone Miner Res*, 2020, 35 (3): 430-9.
- [22] 梁艳虹, 叶静, 薛磊, 等. 健康教育在老年骨质疏松患者中的效果评价 [J]. *中华老年医学杂志*, 2017, 36 (11): 1203-1207.
Liang YH, Ye J, Xue L, et al. Effects of health education intervention in elderly patients with osteoporosis [J]. *Chin J Geriatr*, 2017, 36 (11): 1203-1207.
- [23] 张林英, 梅群超, 张炜琦, 等. 抗阻训练联合高乳蛋白营养对老年肌肉减少症患者肌张力及生活质量的影响 [J]. *国际老年医学杂志*, 2023, 44 (2): 196-199.
Zhang LY, Mei QC, Zhang WQ, et al. Effects of resistance training combined with high milk protein nutrition on muscle tension and quality of life in older patients with sarcopenia [J]. *Int J Geriatr*, 2023, 44 (2): 196-199.

(2023-07-31 收稿)

片语健康

熵

“人吃五谷杂粮，孰能无病”，这一说法蕴藏着深刻的道理。为了生存繁衍，人需要摄入能量。能量来自“五谷杂粮”。从最基本的角度，包括人在内的生命体可被界定为能自我复制的耗能“结构”(Self-replicating dissipative structures)。人通过代谢“五谷杂粮”产生能量，能量被用于生长、生存和繁衍。能量代谢是最基本的生命过程，“活着”就必须进行能量代谢。在能量代谢过程中，熵(Entropy)就产生了^[1]。

在物理学领域，用“熵”来描述系统的混乱/无序程度。若没有外力做功，一个孤立系统的熵就会增加(熵增)，这是热力学第二定律(Second law of thermodynamics)的基本内涵，该定律也被称为熵增定律。熵增定律是宇宙的基本定律，适用于一切无生命的物体。熵增持续进行，不会停止。当熵达到最大值(混乱/无序的极值)时，系统被毁灭^[1-2]。

1944年，薛定谔(Schrodinger)在《什么是生命》(What is Life)一书中，将熵增定律引入了对生命的解释^[3]。熵增定律适用于包括人在内的所有生命体。人体是一个开放的热力学系统，为了生长、生存和繁衍，人必须不断持续摄入营养物质并通过代谢产生能量。生命是获取和运用能量的过程。人活一口“气”，“气”就是能量流。能量被用于各系统、器官、组织和细胞的有序工作。有序是生长、生存和繁衍的保障。在能量“流动”的过程中，必然伴随熵的增加。表现在分子层面的无序(Molecular disorder)是分子熵(Molecular entropy)，表现在细胞层面的无序是细胞熵(Cellular entropy)。人是多细胞生命体，需要多细胞的有序合作，熵增扰乱这种合作。熵增到一定程度就会引起疾病，乃至摧毁生命^[1-2]。

参考文献

- [1] Cushman Samuel A. Ecology and evolution: toward a unified philosophy of biology [J]. *Entropy*, 2023, 25 (3): 405.
- [2] 王放. 健康要素及管控 [M]. 北京: 清华大学健康出版社, 2020.
Wang F. Elements and management of health [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2020.
- [3] Schrödinger E, Penrose R. What is Life [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

(作者: 于永利)