

老年住院患者握力和骨骼肌量与营养状况的相关性研究



卢姝妤^{1,2}, 陈国婷², 毛志锦², 黄梦君², 许淑芳²

1. 江汉大学医学院 (武汉 430056)

2. 武汉市中心医院临床营养科 (武汉 430014)

【摘要】目的 探索老年住院患者握力和骨骼肌量与营养状况的关系。**方法** 对在 2020 年 10 月—12 月期间于武汉市中心医院全科医学科新入院的 142 例老年患者进行营养风险筛查 (Nutritional Risk Screening 2002, NRS-2002)。测量患者体重、身高、BMI、腰围、小腿围、臀围、上臂围、握力、骨骼肌量和体脂肪。统计患者血液血红蛋白、白蛋白和总蛋白等反映机体营养状况的生化指标。Pearson 和 Spearman 相关分析营养状况与握力及骨骼肌量的相关性。**结果** 老年住院患者 NRS-2002 评分显示营养不良风险 (评分 ≥ 3 分) 构成比为 12.6% (18/142), 营养不良风险组的握力明显低于无营养不良风险组 (评分 < 3 分) [(18.45 \pm 10.330) kg/m² vs. (23.49 \pm 8.796) kg/m², $P=0.028$]。营养不良风险组小腿围低于无营养不良风险组 [(32.06 \pm 3.809) cm vs. (33.91 \pm 3.069) cm, $P=0.022$]。相关性分析显示, 握力与 NRS-2002 评分呈显著负相关, 与臀围、小腿围、骨骼肌量、血红蛋白呈正相关, 与年龄呈显著负相关。骨骼肌量与 NRS-2002 评分无明显相关, 与握力呈明显的正相关, 与腰围、小腿围、臀围、上臂围、血红蛋白、白蛋白呈正相关。**结论** 握力、骨骼肌量可作为老年住院患者的营养筛查指标。

【关键词】 老年住院患者; 握力; 骨骼肌量; 营养风险; 营养状况

A study of the correlation between handgrip strength and skeletal muscle mass and nutritional status in elderly hospitalized patients

Shu-Yu LU^{1,2}, Guo-Ting CHEN², Zhi-Jin MAO², Meng-Jun HUANG², Shu-Fang XU²

1. School of Medicine, Jianghan University, Wuhan 430056, China

2. Department of Clinical Nutrition, Wuhan Central Hospital, Wuhan 430014, China

Corresponding author: Shu-Fang XU, Email: zh1978zh@163.com

【Abstract】Objective To explore the relationship between the nutritional status of elderly inpatients and the handgrip strength and skeletal muscle mass. **Method** Nutritional risk screening (NRS-2002) was performed on 142 elderly inpatients who were newly admitted to the General Practice Department of Central Hospital of Wuhan from October 2020 to December 2020. The weight, height, BMI, waist circumference, Crus circumference, hip circumference, arm circumference, grip strength, skeletal muscle and body fat were measured. The blood hemoglobin, albumin, total protein and other biochemical indicators

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202211012

基金项目: 武汉市科技计划项目 (2020020601012270)

通信作者: 许淑芳, 博士, 副主任医师, 硕士研究生导师, Email: zh1978zh@163.com

reflecting the nutritional status of the body were counted. Pearson correlation and Spearman correlation were used to analyze the correlation of nutritional status with HGS and SMM. **Result** The NRS-2002 score of elderly inpatients showed that the proportion of malnutrition risk (score \geq 3) was 12.6%(18/142), and the grip strength of malnutrition risk group was significantly lower than that of non-nutrition risk group (score $<$ 3) [(18.45 \pm 10.330) kg/m² vs. (23.49 \pm 8.796) kg/m², $P=0.028$]. The crus circumference of malnutrition risk group was lower than that of non-nutrition risk group [(32.06 \pm 3.809) cm vs (33.91 \pm 3.069) cm, $P=0.022$]. **Conclusion** Analysis showed that grip strength was negatively correlated with NRS-2002 score, positively correlated with hip circumference, calf circumference, hemoglobin and SMM, and negatively correlated with age. Skeletal muscle mass was positively correlated with grip strength, but not with NRS-2002 score, and positively correlated with waist circumference, hip circumference, upper arm circumference, calf circumference, hemoglobin and albumin Conclusion handgrip strength and skeletal muscle mass can be used as nutritional screening methods for elderly inpatients.

【Keywords】 Elderly inpatients; Handgrip strength; Skeletal muscle mass; Nutritional risk screening; Nutritional status

近年来,住院患者的营养风险筛查及营养支持治疗在临床上越来越受到关注,尤其是老年住院患者,营养不良和营养不良风险直接影响其的疾病恢复,如果能尽早进行营养风险筛查,给予营养支持治疗,就能显著缩短老年患者住院天数,减少住院费用。除常用的营养风险筛查(Nutritional Risk Screening 2002, NRS-2002)外,常规人

体测量(如体质指数、小腿围、上臂围)及反映营养状况的生化指标也适用于筛查营养不良^[1]。最近,握力被证实有助于评估患者的营养和功能状态,尤其是住院患者^[2]。考虑到医院内对改善营养护理的需求日益增加,以及需要提高住院病人营养筛查的阳性率,本研究通过对老年住院患者进行营养风险筛查及握力、骨骼肌量的测量,了解其相关性,明确握力和骨骼肌量在住院患者营养状况筛查中的应用前景。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2020 年 10 月—12 月武汉市中心医院全科医学科新入院的 142 例老年住院患者。搜集的资料包括年龄、性别、学历等基本信息,收集入院 48 h 内生化检验的总蛋白、血红蛋白、白蛋白等血液指标。纳入标准:①神志清楚;②年龄 \geq 60 岁;③住院期间未行外科手术治

疗;④无肢体功能障碍。排除标准:①有严重水肿及腹水患者;②无法继续进行或自愿退出的研究者;③体内有金属物及心脏起搏器者。本研究经武汉市中心医院伦理委员会审查通过(WHZXKYL2022-111)。

1.2 评价指标

评价指标包括人体测量学指标和其他评价指标两部分,所有指标的测量均由经培训的专业研究人员进行。

1.2.1 人体测量学指标

对老年住院患者的身高、体重、腰围、小腿围、上臂围、臂围等指标进行测量。各人体测量学指标的测量方式为:①腰围,嘱受试者站立、双臂自然下垂、双脚合并、正常呼吸,在肚脐以上 1 cm 处测量并记录腰围。②小腿围,嘱受试者自然站立,用软尺经小腿最粗处水平绕一周,测量并记录。③上臂围,嘱受试者站立,上臂自然放置身体两侧,取肩峰至尺骨鹰嘴连线中点处绕臂一周,测量并记录。④臀围,嘱受试者站立,在侧面经臀部最突出部位测量并记录。

1.2.2 其他评价指标

①握力:测量由专业的研究人员进行,嘱受试者取坐姿,膝盖和臀部弯曲 90 度,肩部保持内收,上臂与胸部平齐,前臂保持中立,肘部弯曲 90 度,优势手一次用力握紧电子握力计后读数,休息 1 min 后重复测量 1 次,取最大值并记录握力。

②骨骼肌量:病人在入院后48 h内采用人体成分分析仪InbodyS10(韩国, Biospace)测量体脂肪、骨骼肌量、BMI。③营养状况:采用NRS-2002量表对48 h内入院的老年患者进行筛查, NRS-2002评分项目包括营养状况、疾病严重程度和年龄, 其总分共7分, 若评分 ≥ 3 分表示存在营养不良风险, 评分 < 3 分表示目前无营养不良风险^[1]。

1.3 质量控制

由取得临床营养师资格证的武汉市中心医院临床营养科护士, 经统一培训, 在患者入院48小时内, 对患者进行营养量表的筛查、人体测量学指标的测量及生化指标的收集, 以保证获取资料的完整性和准确性。

1.4 统计学处理

采用SPSS 26.0软件进行统计学分析, 正态分布定量资料采用均数和标准差表示, 偏态分布采用中位数和四分位间距表示, 计数资料采用频数、百分比表示, 相关分析采用Pearson相关或Spearman相关, 检验水准取 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料

142名老年住院患者中, 营养不良风险组占比12.6%(18/142), 其平均年龄为(78.28 \pm 6.640)

岁, 明显高于无营养风险组(72.57 \pm 9.137)岁。营养不良风险组小腿围为(32.06 \pm 3.809)cm低于无营养不良风险组(33.91 \pm 3.069)cm; 握力为(18.45 \pm 10.330)kg/m², 显著低于无营养风险组的握力(23.49 \pm 8.796)kg/m²。此外, 其余两组间指标未见明显差异(表1)。

2.2 相关性分析

Pearson相关性分析显示, 握力与年龄($r = -0.236, P = 0.005$)、NRS-2002呈显著负相关($r = -0.237, P = 0.005$); 与臀围($r = 0.173, P < 0.040$)、小腿围($r = 0.284, P = 0.01$)呈正相关。骨骼肌量与NRS-2002营养风险评分无明显相关性($P = 0.125$), 但与腰围($r = 0.464, P < 0.001$)、臀围($r = 0.463, P < 0.001$)、上臂围($r = 0.478, P < 0.001$)、小腿围($r = 0.561, P < 0.001$)呈正相关(表2)。

Spearman相关性分析显示, 握力与血红蛋白($r = 0.354, P < 0.001$)、骨骼肌量($r = 0.545, P < 0.001$)呈显著正相关, 而与BMI、体脂肪无明显相关性。骨骼肌量与BMI($r = 0.410, P < 0.001$)、握力($r = 0.545, P < 0.001$)、血红蛋白($r = 0.355, P < 0.001$)呈正相关, 但与体脂肪无明显相关性(表3)。

表1 不同营养状况的老年患者的人体测量指标、握力、骨骼肌量及生化指标的比较

Table 1. Comparison of anthropometric indexes, handgrip strength, skeletal muscle mass and biochemical indexes of elderly patients with different nutritional status

指标	无营养风险组 (n=124)	营养不良风险组 (n=18)	t值	P值
年龄(岁)	72.57 \pm 9.137	78.28 \pm 6.640	-2.550	0.012
身高(cm)	164.97 \pm 8.022	163.00 \pm 7.859	0.975	0.331
体重(kg)	63.93 \pm 11.146	62.34 \pm 13.611	0.550	0.583
BMI(kg/m ²)	23.50 \pm 3.725	32.83 \pm 39.659	-2.596	0.332
腰围(cm)	87.23 \pm 11.639	88.88 \pm 12.362	-0.558	0.578
臀围(cm)	96.03 \pm 9.000	93.76 \pm 8.457	1.007	0.316
上臂围(cm)	27.79 \pm 2.848	27.36 \pm 3.310	0.587	0.558
小腿围(cm)	33.91 \pm 3.069	32.06 \pm 3.809	2.314	0.022
握力(kg)	23.49 \pm 8.796	18.45 \pm 10.330	2.220	0.028
血红蛋白(g/L)	131.92 \pm 17.178	130.61 \pm 19.424	0.297	0.767
总蛋白(g/L)	67.97 \pm 7.260	66.01 \pm 6.059	1.088	0.278
白蛋白(g/L)	40.92 \pm 4.702	38.57 \pm 4.613	1.980	0.050
体脂肪(kg)	20.71 \pm 10.658	20.74 \pm 6.311	-0.013	0.990
骨骼肌量(kg)	24.84 \pm 4.957	22.63 \pm 6.354	1.706	0.090

表2 握力和骨骼肌量与NRS-2002评分及
相关指标的 Pearson相关性分析

Table 2. Pearson correlation analysis of
handgrip strength and skeletal muscle mass
with NRS-2002 score and related indexes

指标	握力		骨骼肌量	
	r值	P值	r值	P值
年龄 (岁)	-0.236	0.005	-0.177	0.035
腰围 (cm)	0.125	0.137	0.464	<0.001
臀围 (cm)	0.173	0.040	0.463	<0.001
上臂围 (cm)	0.156	0.063	0.478	<0.001
小腿围 (cm)	0.284	0.001	0.561	<0.001
总蛋白 (g/L)	0.040	0.637	0.031	0.712
白蛋白 (g/L)	0.155	0.065	0.133	0.114
NRS-2002	-0.237	0.005	-0.121	0.152

表3 握力和骨骼肌量与相关指标的
Spearman相关性分析

Table 3. Spearman correlation analysis of
handgrip strength and skeletal muscle mass
with related indexes

指标	握力		骨骼肌量	
	r值	P值	r值	P值
BMI (kg/m ²)	0.118	0.160	0.410	<0.001
握力 (kg)	1		0.545	<0.001
血红蛋白 (g/L)	0.354	<0.001	0.355	<0.001
体脂肪 (kg)	0.019	0.824	0.160	0.058
骨骼肌量 (kg)	0.545	<0.001	1	

3 讨论

我国目前正处于老龄化时期,老年人营养不良发生率逐渐增加,尤其是对于老年住院患者。据报道,住院患者营养不良发生率可达15%~60%^[3],张玉鹏通过对976例住院病人进行营养状况评估,营养不良和营养不良风险的发生率分别为11.6%、20.7%^[4]。本研究通过对142名老年住院患者进行营养风险筛查,发现营养不良风险占12.6%。不同地区,采用不同的营养风险筛查工具,营养不良风险的筛查率会有所不同。由于衰老、疾病、认知障碍、药物和经济等原因,营养不良在老年患者中更为常见。但由于诊断不足,仅有3%~5%的住院人数被诊断为营养不良^[5]。因此,老年住院患者早期的营养风险筛查是非常

重要的。在过去的几十年中,已经发明了30余种不同的营养风险筛查工具,其中一些已经得到验证和推荐,如NRS-2002、微型营养评估、主观全面评估等。NRS-2002是为住院患者开发,并适用于中国住院患者,但是由于NRS-2002评估更偏重于急性疾病,研究中大多数患者并没有处在急性状态,所以NRS-2002筛查的营养不良风险发生率较其他的筛查量表低^[6]。考虑到需要评估的老年人的数量,临床上正在寻找简单、廉价和快速的工具来评估患者的营养风险,减少对老年人群的不便。

握力是评估肌肉功能的常用指标,近来被视为评估营养状况的指标,尤其是在住院患者中。国内外大量研究证实了握力与营养状况的相关性,张新胜等对握力指数的研究显示,握力与MNA-SF评分有显著相关性^[7]。卢婷等的研究显示,握力可预测恶性肿瘤患者的营养风险^[8]。本研究证实握力与老年住院患者入院时的营养风险筛查之间有显著的负相关性,即患者的握力越大,发生营养不良的风险越低。此外,握力与臀围、小腿围、骨骼肌量、血红蛋白呈显著正相关,这些也是反映营养状况的相关指标。握力可以稳定的反映整体身体肌肉力量,在身体成分发生变化之前显示营养缺乏,是一种快速、简单的营养评估工具,并且握力比其他人体测量(如上臂肌围和三头肌皮褶厚度)具有更高的诊断准确性^[9]。有研究显示营养风险指数和握力的联合应用可预测癌症恶病质患者的预后,可以作为反映身体状况、肿瘤特征和全身炎症的综合指标^[10]。握力也被证明是血液透析患者和肝硬化患者营养风险筛查的极佳工具^[11]。但握力的测量会受到测量方式、影响手部的疾病(如类风湿性关节炎)和炎症的影响,在测量时和对结果进行分析时应考虑到这些因素。目前亚洲肌少症工作组推荐了肌少症的握力诊断界值^[12]。但对于中国老年住院患者,握力没有统一的评估营养不良或营养风险的截断点,未来需要大量的数据研究出适用于中国老年住院患者营养不良评估的握力截断值。

人体骨骼肌量和肌力对于维持老年人的运动能力和支撑能力非常重要。据报道,跌倒是身体损伤导致的典型不良事件,与营养不良有关。随着年龄的增长,骨骼肌量在逐渐减少,有研究显示60岁以后人体的肌肉量每年会减少

1.4%~2.5%，导致老年人日常生活能力下降。本研究也证实了骨骼肌量随着年龄的增长而逐渐减少。目前临床上测定骨骼肌含量的方法较多（如，CT、MRI、BIA、双能 X 射线吸收技术等），本研究使用一种简便、无创的 BIA 检测，适合临床上大多数住院患者。根据 GLIM 评估，骨骼肌量减少是诊断营养不良的重要标准^[13]。本研究中营养不良风险组的骨骼肌量明显低于无营养风险组，相关性分析显示，骨骼肌量与握力、腰围、臀围、上臂围、小腿围、血红蛋白、BMI 呈正相关，这与谢蒙蒙等研究结论一致，表明了骨骼肌量与其他营养指标的相关性^[14]。另一方面，骨骼肌量不仅受营养摄入的调节，还受身体活动的调节。在本研究中，由于体力活动量的混杂影响，可能没有观察到 NRS-2002 与骨骼肌量之间的关联。因此，需要进一步的研究来证实体力活动对骨骼肌量的影响。在新型冠状病毒肺炎疫情持续期间，老年患者的活动受限及饮食摄入不足，加速了其肌肉量的减少和肌力的下降，导致跌倒、骨折和死亡的风险增加。目前国内常用的营养风险筛查量表 / 指标，如身体质量指数、白蛋白、NRS-2002、PG-SGA、BMI 都不包括肌肉量，可能会遗漏一些患者的营养不良识别。骨骼肌量与患者的疾病恢复及预后密切相关，应尽早地评估患者的肌肉状况，最大限度地减少老年人不运动期间的肌肉退化，减少患者住院时间及并发症的发生。

本研究不足之处，第一，样本量较少，未能按性别分组，未来的研究应使用更多的患者样本，以提供更可靠的结果。第二，握力和骨骼肌量除了受年龄、性别、营养状况影响，还受运动习惯、慢性病和认知等多种因素影响，未来需要进一步的研究来调查营养不良和身体机能、疾病之间的关系。最后，因为这是一项横断面研究，无法阐明握力、骨骼肌量与营养不良或营养风险之间的因果关系。

总之，老年患者营养不良风险的发生率逐年增加，单一的营养筛查可能会受到患者自身认识不足或评估人员主观性的影响。握力能预测营养状况，再结合骨骼肌量、NRS-2002、白蛋白等其他营养指标，提高住院患者营养评估的准确性，及时给予充分的临床营养治疗，可显著提高老年患者的生活质量。

参考文献

- 1 王日星, 曾慧韵, 周晓舟, 等. NRS2002 在住院病人营养筛查中的应用 [J]. 临床护理杂志, 2014, 13(3): 8-10. [Wang RX, Zeng HY, Zhou XZ, et al. Application of Nutrition Risk Screening 2002 in Inpatients[J]. Journal of Clinical Nursing, 2014, 13(3): 8-10.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-8933.2014.02.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-8933.2014.02.003).
- 2 Schlüssel MM, Anjos LAD, Kac G. Hand grip strength test and its use in nutritional assessment [A dinamometria manual e seu uso na avaliação nutricional][J]. Revista de Nutrição, 2008, 21(2): 223-235. https://www.researchgate.net/publication/279769598_Hand_grip_strength_test_and_its_use_in_nutritional_assessment_A_dinamometria_manual_e_seu_uso_na_avaliacao_nutricional.
- 3 Tobert CM, Hamilton-Reeves JM, Norian LA, et al. Emerging impact of malnutrition on surgical patients: literature review and potential implications for cystectomy in bladder cancer[J]. J Urol, 2017, 198(3): 511-519. DOI: [10.1016/j.juro.2017.01.087](https://doi.org/10.1016/j.juro.2017.01.087).
- 4 张玉鹏, 章黎, 黄迎春, 等. 中国住院病人营养不良及住院时间延长的危险因素分析 [J]. 肠外与肠内营养, 2020, 27(3): 136-142. [Zhang YP, Zhang L, Huang YC, et al. Risk factors for malnutrition and prolonged hospital stay in hospitalized patients in China[J]. Parenteral and enteral nutrition, 2020, 27(3): 136-142.] DOI: [10.16151/j.1007-810x.2020.03.003](https://doi.org/10.16151/j.1007-810x.2020.03.003).
- 5 Goates S, Du K, Braunschweig CA, et al. Economic burden of disease-associated malnutrition at the state level[J]. PLoS ONE, 2016, 11(9): e0161833. DOI: [10.1371/journal.pone.0161833](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161833).
- 6 Zhang X, Zhang X, Zhu Y, et al. Predictive value of nutritional risk screening 2002 and mini nutritional assessment short form in mortality in chinese hospitalized geriatric patients[J]. Clin Interv Aging, 2020, 15: 441-449. DOI: [10.2147/CIA.S244910](https://doi.org/10.2147/CIA.S244910).
- 7 张新胜, 刘英华, 张永, 等. 握力在老年内科住院患者营养评价中的应用价值 [J]. 解放军医学院学报, 2015, 9(8): 818-821. [Zhang XS, Liu YH, Zhang Y, et al. Application value of handgrip strength in nutrition assessment of elderly medical inpatients[J]. Journal of PLA Medical College, 2015, 9(8): 818-821.] DOI: [10.3969/j.issn.2095-5227.2015.08.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-5227.2015.08.015).
- 8 卢婷, 应燕萍, 徐谊, 等. 握力测量在恶性肿瘤患

- 者入院营养风险筛查中的应用价值研究[J]. 重庆医学, 2021, 50(7): 1104–1108. [Lu T, Yin YP, Xu Y, et al. Study on application value of grip strength measurement in admission nutritional risk screening of patients with malignant tumor[J]. Chongqing Medicine, 2021, 50(7): 1104–1108.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-8348.2021.07.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-8348.2021.07.005).
- 9 Sharma P, Rauf A, Matin A, et al. Handgrip Strength as an important bedside tool to assess malnutrition in patient with liver disease[J]. J Clin Exp Hepatol, 2017, 7(1): 16–22. DOI: [10.1016/j.jceh.2016.10.005](https://doi.org/10.1016/j.jceh.2016.10.005).
- 10 Xie H, Ruan G, Zhang Q, et al. Combination of nutritional risk index and handgrip strength on the survival of patients with cancer cachexia: a multi-center cohort study[J]. J Inflamm Res, 2022, 15: 1005–1015. DOI: [10.2147/JIR.S352250](https://doi.org/10.2147/JIR.S352250).
- 11 Sostisso CF, Olikszechen M, Sato MN, et al. Handgrip strength as an instrument for assessing the risk of malnutrition and inflammation in hemodialysis patients[J]. J Bras Nefrol, 2020, 42(4): 429–436. DOI: [10.1590/2175-8239-JBN-2019-0177](https://doi.org/10.1590/2175-8239-JBN-2019-0177).
- 12 Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment[J]. J Am Med Dir Assoc, 2020, 21(3): 300–307. DOI: [10.1016/j.jamda.2019.12.012](https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012).
- 13 Cederholm T, Jensen G, Correia M, et al. GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition – a consensus report from the global clinical nutrition community[J]. Clin Nutr, 2019, 38(1): 1–9. DOI: [10.1016/j.clnu.2018.08.002](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.08.002).
- 14 谢蒙蒙, 马春园, 蔡忠林, 等. 骨骼肌质量指数与血液透析患者营养指标的相关性分析[J]. 实用临床医药杂志, 2021, 25(23): 86–88, 94. [Xie MM, Ma CY, Cai ZL, et al. Correlation of skeletal muscle mass index with nutritional indexes in hemodialysis patients[J]. Journal of Clinical Medicine in Practice, 2021, 25(23): 86–88, 94.] DOI: [10.7619/jcmp.20211944](https://doi.org/10.7619/jcmp.20211944).

收稿日期: 2022 年 11 月 23 日 修回日期: 2023 年 01 月 16 日
本文编辑: 李 阳 黄 笛

引用本文: 卢姝妤, 陈国婷, 毛志锦, 等. 老年住院患者握力和骨骼肌量与营养状况的相关性研究[J]. 数理医药学杂志, 2023, 36(1): 30–35. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202211012](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202211012)
Lu SY, Chen GT, Mao ZJ, et al. A study of the correlation between handgrip strength and skeletal muscle mass and nutritional status in elderly hospitalized patients[J]. Journal of Mathematical Medicine, 2023, 36(1): 30–35. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202211012](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202211012)