

• 综 述 •

肥胖者脑网络改变的研究进展*

罗伟强, 罗光华[△], 张洛恺

(南华大学附属第一医院放射影像中心, 湖南 衡阳 421001)

[摘要] 肥胖所引发的神经毒性使得脑结构和脑网络发生改变, 从而导致肥胖者的认知功能减退, 进而阻碍身体机能的恢复, 因此肥胖可能是一个关于身体和大脑的复合体疾病。相关研究发现, 肥胖者脑网络的改变可能是导致肥胖伴认知障碍的主要原因。该文简要阐述了肥胖与脑网络改变的中介和调节因素, 并探讨了肥胖者脑功能网络的异常机制, 为筛查、预防、治疗和监测肥胖合并认知损害提供新策略。

[关键词] 肥胖; 脑网络; 神经影像学; 认知损害; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2024.08.020

中图法分类号:R445.2

文章编号:1009-5519(2024)08-1353-05

文献标识码:A

Research progress on changes in brain networks in obese individuals*LUO Weiqiang, LUO Guanghua[△], ZHANG Luokai

(Radiological Imaging Center, the First Affiliated Hospital of South China University, Hengyang, Hunan 421001, China)

[Abstract] The neurotoxicity caused by obesity leads to changes in brain structure and network, resulting in cognitive decline in obese individuals and hindering the recovery of bodily functions. Therefore, obesity may be a complex disease related to the body and brain. Related studies have found that changes in the brain network of obese individuals may be the main cause of cognitive impairment associated with obesity. The article briefly elaborates on the mediating and regulatory factors between obesity and changes in brain networks, and explores the abnormal mechanisms of brain functional networks in obese individuals, providing new strategies for screening, preventing, treating, and monitoring obesity combined with cognitive impairment.

[Key words] Obesity; Brain network; Neuroimaging; Cognitive impairment; Review

肥胖是一种慢性代谢性疾病, 主要特征是能量摄入增多和能量消耗减少, 使得体内脂肪积累过多, 进而导致许多共病的患病率及中老年死亡率增加^[1]。体重指数(BMI)是国际上界定肥胖与否的主要标准。肥胖已成为一个公共卫生问题, 我国超重/肥胖患病率逐年增长, 2020 年我国成年人超重/肥胖率超过 50%^[2]。相较于正常体重者, 肥胖者患相关疾病的风险与肥胖程度呈正相关, 如内分泌失调(如 2 型糖尿病)、呼吸系统问题(如睡眠呼吸暂停)、心血管疾病(如动脉粥样硬化和心脏病发作)和癌症(如子宫内膜癌、肝癌和肾癌)等^[3]。肥胖也与注意力缺陷、执行功能差、决策受损及言语学习和记忆下降有关^[4], 此外, 肥胖还会引起心理和情绪问题^[5]。因此, 即使肥胖对身体产生的不利影响较小, 但鉴于其高患病率, 仍可能对公众健康产生严重影响。

大脑中不同区域之间通过神经纤维束进行信息传递, 并形成复杂的功能网络。神经影像学是一种被广泛使用的、可以无创评估脑结构及功能改变的工

具。神经成像技术包括核磁共振成像(MRI)、正电子发射计算机断层扫描(PET)和单光子发射计算机断层扫描(SPECT)等, 其中 MRI 通过结构成像技术和功能成像技术, 不仅可以提供形态学方面的信息, 还可以探寻大脑功能活动的变化。肥胖的异质性和复杂性不太可能用单个大脑区域的功能崩溃来解释。神经成像研究发现, 肥胖者在认知控制、奖赏回路和食欲调控方面存在差异^[6-7], 这些脑区的功能和连接异常可能会导致肥胖者过度摄入高热量食物, 并影响饱食感受。此外, 肥胖者在情绪调节和决策制定方面的变化, 也可能与脑网络的异常调控有关。因此, 本文通过分析肥胖者和正常体重者的脑网络差异, 揭示肥胖者脑网络的异常改变。

1 肥胖者脑网络改变

1.1 奖赏系统 奖赏系统也称作中脑-多巴胺边缘系统, 是由一系列前脑核团相互投射组成, 由腹侧被盖区产生多巴胺, 通过中脑皮质边缘通路投射到边缘系统, 其神经核团包括伏隔核、杏仁体、前额叶皮层

* 基金项目: 湖南省研究生科研创新项目(CX20221011)。

[△] 通信作者, E-mail: 1579839814@qq.com。

等^[8]。肥胖者在饥饿时更易受到食物线索的诱惑,其大脑奖赏系统的激活比正常体重者更显著,且 BMI 较高的个体相对于 BMI 较低的个体对食物刺激表现出更大的注意力偏差^[9]。相对于正常体重者,肥胖者在进食后部分与奖赏系统有关的脑区激活增加,这可能表明肥胖者体验到更大的食物奖励。然而, BMI 与进食时纹状体的激活程度呈负相关,这与在观看食物图片时纹状体激活程度更大相反,提示完成食物奖励与食物线索刺激之间可能存在分离^[10]。这可能是由于肥胖者多巴胺介导的奖赏回路功能减退,在进食时多巴胺释放相对减少,身体为了弥补这种奖赏缺失而摄入过多的食物,而这种奖赏缺失通过条件作用产生了更大的预期性食物奖赏。也有可能是因为高糖和高脂肪食物的高摄入过多导致多巴胺受体下调,肥胖者多巴胺受体可用性降低,需要过量的饮食来长期刺激奖赏系统^[11]。而纵向研究发现,相比于体脂稳定或减少的青少年,大多数体重正常或超重但体脂增加的青少年的纹状体对食物线索的激活更显著,这意味着美味食物的奖赏反应下调可能发生于超重过渡到肥胖的阶段^[10]。这些研究结果表明,大脑奖赏系统发生的改变可能导致肥胖者更容易沉迷于高热量食物,并难以控制食欲。

1.2 默认网络(DMN) DMN 位于大脑中轴线上的皮层区,从前额叶内侧延伸至后脑,包括扣带回、前额叶内侧区、丘脑背侧区、楔叶及楔前叶、海马、部分颞叶等结构^[12]。奖励、多巴胺和食物摄入控制之间存在紧密联系,这对于肥胖的发生和发展具有重要意义,并且肥胖、物质成瘾和非物质成瘾的奖励处理存在共同点,这提示肥胖可能是一种成瘾行为^[13]。这些过程涉及 DMN 和其他大脑网络之间的相互作用。在面对高热量食物线索的刺激时,与 BMI 相关联的连接性增加区域位于 DMN 内^[14]。有肥胖倾向的青少年在观察食物线索时,与食物相关的纹状体和感觉区域的大脑活动比正常体重者更高,这些区域中包含了 DMN 的一部分^[10]。肥胖者在观看食物线索时,DMN 的连接异常,而 DMN 过度激活与任务表现差和注意困难有关^[15]。这些研究表明肥胖与 DMN 的异常活动有关,但仍需要更多的研究来确定这种异常活动是不是肥胖本身导致的,或肥胖是不是 DMN 异常活动的结果之一。

1.3 中央执行网络(CEN) CEN 与前额叶、前扣带皮层、顶下小叶、颞中回与颞下回后部的大部分区域有着功能上的关联,负责执行认知控制和决策制定等高级认知功能^[16-17]。在抵抗食物渴望的研究中,一个以背外侧前额叶皮层为中心的抑制网络被激活^[18],这种自我控制的能力在胃旁路手术后体重减轻最大的患者中显著^[19]。背外侧前额叶皮层参与不同形式的冲突监控^[20],超重的青少年在决策任务中暴露于食物线索时,额叶、颞叶、岛叶和纹状体的分布区域的激活

程度提高,这些区域的激活增加通常与渴求相关,而背外侧前额叶皮层的激活与超重青少年食欲、食物选择的增加相关,这反映了超重青少年在食欲、食物选择方面的更大冲突^[21]。肥胖者额中回和腹侧前扣带回皮层的皮质厚度降低,而袖状胃切除术使得这些脑区的皮质厚度恢复^[22]。额中回参与涉及愉悦/奖励的决策过程,也接受内脏感觉信息,前扣带回涉及对内部/外部刺激的执行控制,以及涉及对情绪信息的评价和情绪反应的调节,其功能受损可能导致认知/情绪处理之间的不平衡,从而增加暴饮暴食的风险^[23]。而袖状胃切除术可能有助于额中回和腹侧前扣带回皮层结构的改变,使得执行控制和情绪调节能力增强,以更好地控制进食欲望。功能磁共振也表明肥胖者前额叶功能降低,而减重术后对应脑区功能活跃^[24]。因此,肥胖者 CEN 的改变可能导致决策制定和食物选择等方面发生偏差。

1.4 突显网络(SN) SN 的主要功能区位于前扣带回、前脑岛和前辅助运动区,此外还包括杏仁核、下丘脑、腹侧纹状体、丘脑和特定的脑干核等,主要调节大脑两个主要控制网络的内部(DMN)和外部(CEN)处理之间的切换^[25-26]。SN 在肥胖者大脑中的活动中更活跃,与对食物(特别是可口和高能量食物)的动机、欲望和渴望相关^[27]。在食物线索刺激下,肥胖者的前扣带回皮层、杏仁核、纹状体和丘脑等 SN 的核心结构异常激活,这可能是食物刺激奖赏加工差异的基础,肥胖者壳核的静息功能连接性的增加与精神加工的速度成反比,并导致认知功能受损^[28]。因此,由于食物线索的自主加工和奖赏加工之间的不平衡,SN 的异常激活可能导致肥胖患者的暴饮暴食^[29]。有研究表明,肥胖者的杏仁核体积大于正常体重者^[30]。杏仁核对高脂肪食物线索有反应,且肥胖者在静息时尾状核-杏仁核功能连接增加,并与情绪饮食行为得分相关,说明杏仁核在情绪和饮食行为方面有一定的作用^[31]。因此,肥胖者 SN 的改变可能导致其情感调节和食物奖赏等方面出现偏差。

1.5 视觉网络 视觉处理是奖赏回路的重要输入接口,由梭状回和颞下回 2 个区域形成的腹侧视觉通路可受食物线索的刺激^[32]。梭状回是一个复杂的大脑区域网络的一部分,不仅对面部表情识别很重要,也对食物有关的视觉刺激有反应^[33]。食物图片刺激使得双侧梭状回持续激活,食物的相对价值(高热量与低热量)影响正常体重成年人的梭状回反应,超重与梭状回对食物线索的反应增加有关^[34]。颞上回参与了面部刺激中的情绪感知,与视觉感知和感觉统合有关,袖状胃切除术使得左侧颞上回的皮质厚度增大,这可能反映了手术诱导视觉加工相关区域结构发生变化^[22]。因此,肥胖者的视觉系统与正常体重者相比存在一些差异,这些差异可能涉及视觉皮层和视觉注意力方面的变化。

1.6 额顶网络(FPN) FPN 位于额叶和顶叶的交界处,主要包括外侧前额叶皮层、后顶叶皮层等脑区,在认知控制和任务需求的适应性实施中起核心作用,调节奖赏和认知功能,并与饮食行为密切相关^[35]。有研究表明,奖赏和认知系统与食欲和饮食行为密切相关,FPN 的低活动混淆了饱腹的过程,并导致对食物的更大敏感性^[36]。超重者抑制控制能力下降,在食物特异任务中,控制相关脑区的激活显著小于正常体重个体^[37]。正常体重者和超重肥胖者之间 FPN 存在显著的差异,且与暴饮暴食倾向的饮食行为密切相关^[38]。因此,FPN 功能的改变可能会导致肥胖者认知控制能力降低,并难以控制饮食习惯。

1.7 情景记忆 饮食行为是记忆研究的一个新兴前沿^[39]。情景记忆涉及来自前额叶、顶叶和内侧颞叶皮层区域之间的相互作用,其中包括海马体、海马内侧皮层、海马周围皮层和海马旁皮层^[40]。记忆是一个重要的认知系统,肥胖与记忆障碍之间存在相互影响,可能是由于认知因素与饮食行为及食欲控制的许多方面密切相关^[41]。作为内侧颞叶皮层的一个重要结构,海马通过整合内部感受(如饥饿/饱腹)和外部信息(如嗅觉、食物图像),在饮食行为中发挥着重要作用^[42]。在进行记忆提取任务时海马的激活增加,提示海马是情景记忆编码和提取的关键^[43]。高糖和高脂饮食会损害海马依赖的学习和记忆过程,进而促进体重增加,并继续高糖高脂饮食摄入的可能性,从而进一步加剧海马功能和记忆提取功能受损,最终导致超重/肥胖者的情景记忆功能受损^[44]。超重/肥胖的功能性神经改变包括内侧颞叶皮层、额叶、顶叶和外侧颞叶皮层^[40-45],不健康的饮食习惯会对大脑功能产生不利影响,肥胖与上述大脑中参与情景记忆编码的特定区域损伤有关。

2 小结与展望

许多研究支持肥胖是一种复杂的代谢和神经性疾病的理论,并强调了脑网络变化在肥胖的发生发展中的重要作用。肥胖者在认知控制、奖赏回路和食欲调控方面表现出异常活动,这些改变可能导致对高能量食物的过度摄入和影响饱食感受。肥胖者的情绪调节和决策制定功能受到影响,可能与脑网络的异常调控有关,这可能增加了情绪性进食和冲动性食物选择的风险。神经成像技术让人们能够深入研究肥胖者的脑网络变化,这些研究结果为进一步探索肥胖症的病因和治疗提供了重要线索,从而了解肥胖与脑网络变化之间的动态关系,有助于开发肥胖个体化的治疗策略,改善肥胖者的健康状况。

尽管人们对肥胖者脑网络改变的了解有所增加,但仍然存在一些未解决的问题和需要探索的方向。肥胖者脑网络的改变并不代表着因果关系。有研究认为肥胖和大脑变化之间有因果关系,但脑网络的异常是由身体脂肪过多引起的,还是脑网络的变化促进

了体重增加,这仍然是一个有争论的问题。未来需要进行更多的纵向研究,以进一步验证肥胖者脑网络改变与肥胖发展的关系;深入探索和理解不同肥胖程度、病程和年龄的患者之间脑网络功能变化的差异;考虑不同生活方式、心理和环境因素对脑网络改变的影响,以更全面地了解肥胖症的多因素发病机制;探讨干预措施对脑网络改变的影响,如行为干预、药物治疗和手术手段,以便开发个体化的治疗策略。未来的研究将有助于人们更好地理解肥胖症的神经机制,提供更精准的诊断和治疗方法,以及制定更有效的预防策略,从而提高肥胖者的治疗效果和生活质量。

参考文献

- [1] DE LORENZO A, GRATTERI S, GUALTIERI P, et al. Why primary obesity is a disease? [J]. J Transl Med, 2019, 17(1): 169.
- [2] 刘月姣.《中国居民营养与慢性病状况报告(2020 年)》发布[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(12): 封 2.
- [3] PICHÉ M E, TCHERNOF A, DESPRÉS J P. Obesity phenotypes, diabetes, and cardiovascular diseases[J]. Circ Res, 2020, 126(11): 1477-1500.
- [4] 杨斌, 张丽芝, 陈琦芳, 等. 减重手术改善肥胖症认知功能障碍及其机制[J]. 生物化学与生物物理进展, 2023, 50(10): 2373-2384.
- [5] FULTON S, DÉCARIE-SPAIN L, FIORAMONTI X, et al. The menace of obesity to depression and anxiety prevalence [J]. Trends Endocrinol Metab, 2022, 33(1): 18-35.
- [6] 汪宇, 路晖, 杜捷, 等. 神经影像视角下的肥胖脑机制研究[J]. 心理科学, 2016, 39(5): 1086-1092.
- [7] YANG Y K, SHIELDS G S, GUO C, et al. Executive function performance in obesity and overweight individuals: A meta-analysis and review[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2018, 84: 225-244.
- [8] 董雨岚. 2 型糖尿病认知功能与大脑奖赏环路亚区的结构影像学[D]. 衡阳: 南华大学, 2019.
- [9] YOKUM S, STICE E. Weight gain is associated with changes in neural response to palatable food tastes varying in sugar and fat and palatable food images: A repeated-measures fMRI study[J]. Am J Clin Nutr, 2019, 110(6): 1275-1286.
- [10] STICE E, YOKUM S. Gain in body fat is associated with increased striatal response to palatable food Cues, whereas body fat stability is as-

- sociated with decreased striatal response[J]. *J Neurosci*, 2016, 36(26):6949-6956.
- [11] VOLKOW N D, WISE R A, BALER R. The dopamine motive system: Implications for drug and food addiction [J]. *Nat Rev Neurosci*, 2017, 18(12):741-752.
- [12] YESHURUN Y, NGUYEN M, HASSON U. The default mode network: Where the idiosyncratic self meets the shared social world[J]. *Nat Rev Neurosci*, 2021, 22(3):181-192.
- [13] LEIGH S J, MORRIS M J. The role of reward circuitry and food addiction in the obesity epidemic: An update[J]. *Biol Psychol*, 2018, 131: 31-42.
- [14] DONOFRY S D, JAKICIC J M, ROGERS R J, et al. Comparison of food cue-evoked and resting-state functional connectivity in obesity[J]. *Psychosom Med*, 2020, 82(3):261-271.
- [15] HARIKUMAR A, EVANS D W, DOUGHERTY C C, et al. A review of the default mode network in autism spectrum disorders and attention deficit hyperactivity disorder[J]. *Brain Connect*, 2021, 11(4):253-263.
- [16] BILEVICIUS E, KOLESAR T A, SMITH S D, et al. Trait emotional empathy and resting state functional connectivity in default mode, salience, and central executive networks[J]. *Brain Sci*, 2018, 8(7):128.
- [17] O' NEILL A, MECHELLI A, BHATTACHARYYA S. Dysconnectivity of large-scale functional networks in early psychosis: A meta-analysis[J]. *Schizophr Bull*, 2019, 45(3): 579-590.
- [18] DIETRICH A, HOLLMANN M, MATHAR D, et al. Brain regulation of food craving: Relationships with weight status and eating behavior[J]. *Int J Obes (Lond)*, 2016, 40(6): 982-989.
- [19] ZOON H F A, DE BRUIJN S E M, JAGER G, et al. Altered neural inhibition responses to food cues after Roux-en-Y Gastric Bypass[J]. *Biol Psychol*, 2018, 137:34-41.
- [20] JONES D T, GRAFF-RADFORD J. Executive dysfunction and the prefrontal cortex[J]. *Continuum (Minneap Minn)*, 2021, 27(6): 1586-1601.
- [21] MORENO-PADILLA M, VERDEJO-ROMÁN J, FERNÁNDEZ-SERRANO M J, et al. Increased food choice-evoked brain activation in adolescents with excess weight: Relationship with subjective craving and behavior[J]. *Appetite*, 2018, 131:7-13.
- [22] LIU L, JI G, LI G Y, et al. Structural changes in brain regions involved in executive-control and self-referential processing after sleeve gastrectomy in obese patients[J]. *Brain Imaging Behav*, 2019, 13(3):830-840.
- [23] WIJNGAARDEN M A, VEER I M, ROMBOUTS S A R B, et al. Obesity is marked by distinct functional connectivity in brain networks involved in food reward and salience [J]. *Behav Brain Res*, 2015, 287:127-134.
- [24] 黄家喜. 基于多模态 MRI 的成人肥胖患者脑异常局部活动与结构的研究[D]. 广州:暨南大学, 2020.
- [25] SEELEY W W. The salience network: A neural system for perceiving and responding to homeostatic demands[J]. *J Neurosci*, 2019, 39(50): 9878-9882.
- [26] 祝丽霞. 基于静息态磁共振的突显网络频率特异性研究[D]. 成都:电子科技大学, 2017.
- [27] SYAN S K, MCINTYRE-WOOD C, MINUZZI L, et al. Dysregulated resting state functional connectivity and obesity: A systematic review [J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2021, 131: 270-292.
- [28] DONOFRY S D, STILLMAN C M, ERICKSON K I. A review of the relationship between eating behavior, obesity and functional brain network organization [J]. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2020, 15(10):1157-1181.
- [29] 丁悦妍. 肥胖及减重手术改变大脑静息态网络功能连接的神经影像学 research [D]. 西安:西安电子科技大学, 2020.
- [30] KIM A Y, SHIM J H, CHOI H J, et al. Comparison of volumetric and shape changes of subcortical structures based on 3-dimensional image between obesity and normal-weighted subjects using 3.0 T MRI[J]. *J Clin Neurosci*, 2020, 73:280-287.
- [31] ZHANG P, WU G W, YU F X, et al. Abnormal regional neural activity and reorganized neural network in obesity: Evidence from Resting-State fMRI[J]. *Obesity (Silver Spring)*, 2020, 28(7):1283-1291.
- [32] ZHANG W, WANG A A, FAN L Z, et al. Functional organization of the fusiform gyrus revealed with connectivity profiles [J]. *Hum*

Brain Mapp,2016,37(8):3003-3016.

[33] ADAMSON K, TROIANI V. Distinct and overlapping fusiform activation to faces and food [J]. Neuroimage,2018,174:393-406.

[34] CHARBONNIER L, VAN MEER F, JOHNSTONE A M, et al. Effects of hunger state on the brain responses to food cues across the Life span[J]. Neuroimage,2018,171:246-255.

[35] CALDINELLI C, CUSACK R. The fronto-parietal network is not a flexible hub during naturalistic cognition[J]. Hum Brain Mapp, 2022, 43(2):750-759.

[36] VAL-LAILLET D, AARTS E, WEBER B, et al. Neuroimaging and neuromodulation approaches to study eating behavior and prevent and treat eating disorders and obesity[J]. Neuroimage Clin,2015,8:1-31.

[37] 刘永. 超重个体抑制控制的神经机制研究[D]. 重庆:西南大学,2020.

[38] PARK B Y, SEO J, PARK H. Functional brain networks associated with eating behaviors in obesity[J]. Sci Rep,2016,6:23891.

[39] SEITZ B M, TOMIYAMA A J, BLAISDELL A P. Eating behavior as a new frontier in memory research[J]. Neurosci Biobehav R, 2021, 127: 795-807.

[40] LENG X C, HUANG Y F, ZHAO S, et al. Altered neural correlates of episodic memory for food and non-food cues in females with overweight/obesity [J]. Appetite, 2022, 175: 106074.

[41] PARENT M B, HIGGS S, CHEKE L G, et al. Memory and eating: A bidirectional relationship implicated in obesity [J]. Neurosci Biobehav Rev,2022,132:110-129.

[42] STEVENSON R J, FRANCIS H M. The hippocampus and the regulation of human food intake[J]. Psychol Bull, 2017, 143 (10): 1011-1032.

[43] GEIB B R, STANLEY M L, DENNIS N A, et al. From hippocampus to whole-brain: The role of integrative processing in episodic memory retrieval[J]. Hum Brain Mapp, 2017, 38 (4): 2242-2259.

[44] CHEKE L G, SIMONS J S, CLAYTON N S. Higher body mass index is associated with episodic memory deficits in young adults[J]. Q J Exp Psychol(Hove),2016,69(11):2305-2316.

[45] CHEKE L G, BONNICI H M, CLAYTON N S, et al. Obesity and insulin resistance are associated with reduced activity in core memory regions of the brain[J]. Neuropsychologia,2017, 96:137-149.

(收稿日期:2023-10-11 修回日期:2024-01-30)

(上接第 1352 页)

[28] 谢莉,谢江. 乳腺癌保留 NAC 改良根治术联合一期假体植入对早期乳腺癌近远期疗效观察[J]. 中国普通外科杂志,2021,30(7):871-876.

[29] 王志刚,雷泽华,乔正荣,等. 乳腺癌改良根治术中乳房即刻重建与延期重建的效果评价[J]. 中国医药导报,2018,15(26):81-84.

[30] 宋晓丹,关华鹤,赵北永. 保留乳头乳晕的乳腺癌改良根治术联合 I 期假体植入乳房重建术治疗早期乳腺癌的效果[J]. 辽宁医学杂志,2022, 36(1):7-10.

[31] 余峰彬. 老年乳腺癌改良根治术后即刻乳房重建对患者生存的影响[J]. 中国老年学杂志, 2019,39(23):5689-5692.

[32] 吴家豪,许旭敏,王严严. 背阔肌肌皮瓣联合自体脂肪组织即刻乳房重建在乳腺癌术后的应用价值研究[J/CD]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2021,13(10):99-103.

[33] O'HALLORAN N, POTTER S, KERIN M, et al. Recent advances and future directions in postmastectomy breast reconstruction[J]. Clin Breast Cancer,2018,18(4):e571-e585.

[34] 焦得闯,刘真真,刘荫华. 中国乳腺癌改良根治术临床实践指南(2022 版)[J]. 中国实用外科杂志,2022,42(2):128-131.

[35] 于振超,康骅. 乳腺癌手术中胸肌筋膜切除的抉择[J]. 中国普外基础与临床杂志,2021,28(1): 125-129.

(收稿日期:2023-09-16 修回日期:2024-01-28)