

脑部电阻抗断层成像及其临床应用研究进展

胡旺露 闫伟 张建民

浙江大学医学院附属第二医院神经外科, 杭州 310009

通信作者: 闫伟, Email: ywisyw@zju.edu.cn

【摘要】 电阻抗断层成像是一种新的成像技术, 通过在体表测量人体生理和病理状态引起的电阻抗变化, 并采用一定的图像重建算法得到体内电阻抗分布或变化的图像, 来反映病变信息。该技术具有安全、无创、实时、经济及便携等优点。临床初步研究表明, 无创电阻抗成像技术对卒中、脑肿瘤、癫痫灶定位和脑水肿监测具有良好的筛查敏感性和特异性。本文针对电阻抗成像的技术原理、成像方式、分类及该技术在脑部疾病中的临床应用研究进展等进行综述。

DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20200601-00311

电阻抗断层成像 (electrical impedance tomography, EIT) 是近年来新发展的一种成像技术, 具备安全、无创、实时等优点, 可能具有较好的临床应用前景。EIT 假想最初由 Kim 等^[1] 在 1983 年提出, Brown 等^[2] 进一步改进了 EIT 系统的硬件和图像重建方法, 并于 1987 年成功开发 Sheffield 系统, 获得第一批临床图像。经过近 40 年的发展, EIT 从最初的肺部呼吸成像^[3], 逐渐发展到乳腺癌检测成像^[4]、腹部器官功能成像及脑功能成像^[5-6] 等, 其中部分产品已经获批上市^[7]。

近年来, EIT 的临床应用取得了一定程度的成功, 尽管脑部 EIT 的研究报道较少, 但考虑到其原理的可行性, 以及无创、实时、经济等优点, 未来可能有更多针对脑部疾病 EIT 的研发项目。本文针对 EIT 的技术原理、成像方式、分类及其在脑部疾病中的应用进展等进行综述。

一、EIT 技术

(一) EIT 的基本原理和成像机制

生物组织的成分、形态、结构不同, 其阻抗也不同, EIT 就是利用这一原理, 通过特定的检测技术获取阻抗数据, 并采用专门的图像重建算法来评估被测部位阻抗分布的医学成像方法。由于血浆、组织液等体液富含离子, 导电性相对较好, 因此含水量是决定组织阻抗的基础因素, 而组织中细胞大小、排列方向及细胞膜厚度等对阻抗也有显著影响^[8]。当机体发生病理变化时, 其阻抗也会发生变化; 因此, 结合不同组织的阻抗谱和变化特征, 可以达到检测和诊断疾病的目的^[9-10]。

EIT 的成像机制是通过在研究区域或周围放置电极阵列, 然后注入安全激励电流并检测响应电压来实现无创阻抗测量的。EIT 的最基本形式是在各个电极对之间依次注入一个安全的交流电, 然后测量其余所有电极对之间的电压差; 随后电压信号经过放大、滤波和解调后, 获得阻抗信号; 再通过图像重构算法, 将测量的阻抗信号重构为阻抗分布图像。EIT 实现的具体方法和内容可以参考相关文献^[8]和^[10]。

(二) EIT 的成像方式和分类

EIT 图像是基于放置在体表的电极测量机体内部阻抗信号后, 再经特殊算法重构而产生的。这是通过体表测量信号重建内部阻抗分布图像的电磁场逆问题, 是典型的非线性求解过程。整个过程计算量大, 而且由于测量过程及模拟电路中的噪声和干扰的存在, 误差来源通常很难明确^[11], 这导致以阻抗参数绝对值分布进行成像非常困难。

按照重构方式的不同, EIT 的成像方式主要分为 3 种: 第 1 种是以重构阻抗绝对值分布为目标的成像, 称为静态 EIT, 静态 EIT 采用基于某时刻单帧数据重构脑部图像, 要求测量数据精度非常高, 这对于目前的硬件采集系统而言是非常困难的。第 2 种是以重构阻抗变化分布为目标的成像, 称为时间差分 EIT (time difference EIT, tdEIT)。tdEIT 采用不同时刻 2 帧测量数据的差值进行成像, 因为 2 次测量相减有效消除了个体的基础阻抗及硬件系统的误差, 因而对系统的绝对精度和重构模型的绝对误差要求较低, 是目前比较完善的一种成像方式。第 3 种成像方式是基于不同组织电阻抗频率特性不同的原理, 在不同频率的激励电流下测量阻抗, 然后选择阻抗差异明显的 2 个频率下的信号, 进行差分成像, 称为多频电阻抗成像 (multi-frequency EIT, MFEIT), 是 EIT 领域的新兴技术^[12]。

二、脑部 EIT 的临床应用研究进展

由于颅骨本身具有极高的电阻, 脑部 EIT 较人体其他部位成像更加困难, 但经过持续地研究和改进, EIT 在卒中和脑肿瘤的诊断、癫痫灶的定位及脑水肿监测等领域, 已经显示出很大的潜力^[6, 13-15]。

(一) 卒中

卒中是一种高致死、致残率的严重脑血管疾病。卒中后中枢神经细胞会在很短的时间内发生不可逆的损伤, 所以早期诊治是改善此类患者预后的关键。更重要的是, 卒中分为出血性卒中和缺血性卒中两种类型; 二者临床表现相似, 但治疗措施却完全相反。虽然 CT 和 MRI 对两者的鉴别诊断具有很高的准确率, 但由于其体积庞大且价格昂贵, 无法广

泛用于院前急救。由于 EIT 具有便携、低成本等优势,其在脑成像领域最受关注的应用是鉴别缺血性与出血性卒中^[14,16]。

近年来,已有众多团队对正常和卒中脑组织的阻抗特性进行了深入研究。Holder^[17]在大鼠脑缺血模型中发现,脑缺血可引起放置在头皮上的电极所测阻抗值增加 10% ~ 20%,推测是由于缺血后细胞发生肿胀、细胞间隙变小,从而导致阻抗值增加^[18]。Lingwood 等^[19]分别以侵入性和非侵入性两种方式测量了新生猪缺氧前、缺氧中及缺氧后的脑阻抗,发现两种方式脑阻抗结果趋势一致,脑损伤后 6 h 内的阻抗均升高。以上研究均表明,无创电阻抗测量能反映颅内缺血、缺氧事件。他们还测量了新生儿大脑的电阻抗,发现缺氧新生儿的电阻抗高于正常新生儿^[20]。Dowrick 等^[16]分别在体内测量了正常脑组织、缺血脑组织及血凝块的电阻抗,激励电流频率范围为 0 ~ 3 kHz;结果表明,3 种组织的电阻抗均随激励电流频率的增加而减小,但是减小幅度有所不同。He 等^[21]研究了左右大脑半球电阻抗对称性对缺血性卒中的诊断价值,发现脑梗死体积 > 20 ml 时,左右半球电阻抗对称性发生明显变化,且其检测阳性率随梗死面积增大而增加。由于没有卒中发生前的患者个体化数据做参考,无法进行时间差分成像,因此目前对卒中的研究主要集中在频率差分成像^[14,22]。尽管众多研究表明,卒中后脑组织的电阻抗特性有显著变化,但是由于电极位置及边界形状等干扰因素,导致该技术对卒中早期诊断的准确率尚不令人满意,成像质量有待提高^[23]。

但是,通过对不同病变电阻抗特性的深入研究以及双侧半球对称性分析等算法的改进,脑部 EIT 已具备作为院前筛查工具鉴别颅内出血的能力。另外,由于脑部 EIT 不需要进行复杂的图像重建步骤,尤其适用于卒中院前救治的快速检测和分诊。当然,为提高诊断准确性,还需要临床大数据的支持,可以利用 EIT 与 CT、MRI 等成像方法的比较模式,积累临床数据^[23]。此外,还可以通过机器学习的方法来提高 EIT 检测卒中的准确率^[24]。

(二) 脑肿瘤

脑肿瘤是神经外科常见疾病,CT 和 MRI 是其诊断的有效方法,但放射线对人体有害,MRI 价格昂贵,不能广泛用于肿瘤的筛查。由于脑肿瘤组织密度及细胞排列异于正常脑组织,故其阻抗特性也与正常脑组织不同;另外,肿瘤周围常伴有水肿,而组织含水量是影响生物阻抗的重要因素。因此,EIT 在脑肿瘤筛查领域可能具有一定的应用价值。Romsauerova 等^[13]对 1 例肿瘤直径为 7 cm 的低级别脑胶质瘤患者进行电阻抗测量,发现患侧大脑在所有的记录频率下均比对侧大脑的阻抗值更小。此外,EIT 技术还被尝试用于脑肿瘤围手术期监测。张苓等^[25]通过测量 30 例颅内肿瘤患者围手术期的双侧脑电阻抗和脑水肿变化发现,围手术期脑电阻抗变化与脑水肿具有较好的相关性。这提示,无创 EIT 或可用于监测脑肿瘤围手术期脑水肿和颅内压情况,是对临床评估和影像学资料的有效补充。Latikka 和 Eskola^[26]

首次测量了不同类型脑肿瘤的电导率,发现不仅肿瘤电导率不同于健康的脑组织,而且不同类型肿瘤间的电导率也不相同。因此,对不同类型脑肿瘤电阻抗特性的深入研究可能有助于脑肿瘤的鉴别诊断。

(三) 癫痫

癫痫是由大脑内神经细胞不规则放电引起的。多数患者通过服用药物可以控制病情,但仍有约 30% 的患者服药无效,最终成为难治性癫痫患者。

由于癫痫发作时病灶处血流和代谢的变化可导致电阻抗的改变,因此理论上运用 EIT 定位癫痫灶是可行的^[27]。1994 年,Boone 等^[28]首次在兔癫痫模型中运用 EIT 研究癫痫灶的定位,发现癫痫发作时病灶区域电阻抗增加。Hannan 等^[29]在大鼠癫痫模型中证明了 EIT 能对大脑皮质癫痫相关的脑电活动进行快速成像;进一步对大鼠大脑深部癫痫灶的研究发现,EIT 对大脑皮质下的神经活动也具有较好的成像能力^[6]。

但是,人体试验并没有得出类似的阳性结果^[30]。为进一步评估 EIT 在人脑功能活动成像上的适用性,Tidswell 等^[31]对接受视觉、运动和躯体感觉刺激的志愿者进行了测量,结果显示,51 条(51/52)记录存在可重复的电压变化,但只有 19 个重建图像集在合理的解剖位置上显示出阻抗的变化。上述试验失败的主要原因是,在监测过程中,EIT 将主动生成一个约数万赫兹频率的电流,较癫痫发作时的脑电图信号具有更高的频率和振幅,导致完全湮灭了脑电图信号。2010 年,Fabrizi 等^[32]首次尝试将硬件滤波与软件滤波相结合,以期消除 EIT 对脑电图信号的干扰,但是未能取得满意的结果。

(四) 脑水肿

无论是脑外伤、卒中、脑肿瘤还是各种颅脑手术,都难免会导致继发性脑水肿。脑水肿的主要危险在于可能造成颅内压升高,严重者可致脑疝,危及患者生命。颅内压监测技术可间接地反映脑水肿的情况,但存在感染和脑出血等风险,且监测探头在颅内留置时间受限,不能全程监测颅内水肿情况。由于脑组织含水量对电阻抗有显著影响,因此 EIT 对脑水肿具有较高的灵敏性,可能是脑水肿监测的理想手段。

Gazendam 等^[33]使用 EIT 监测猫大脑皮质时发现,在皮质冻伤模型中,脑阻抗降低;而在低氧诱导脑损伤模型中,脑阻抗升高。作者认为脑阻抗与脑组织细胞外间隙大小相关,当组织液积聚在细胞间隙时,脑阻抗降低;而组织液向细胞内聚集时,脑阻抗升高。Fu 等^[34]监测了严重脑水肿患者使用甘露醇脱水治疗过程中的脑电阻抗变化,发现脱水治疗后,患者的脑总电阻抗明显升高,且脱水药物引起的脑内不同区域的电阻抗变化也存在显著差异。Yang 等^[15]也取得了相似的结果,他们对 40 例脑出血后伴有脑水肿的患者脱水治疗后发现,所有患者脱水治疗后的脑电阻抗变化和颅内压均呈密切的负相关。Song 等^[35]通过监测大鼠脑缺血后 24 h 内不同时间点脑电阻抗的变化发现,缺血后 6 h 内脑组

织电阻抗升高,此时组织形态呈细胞毒性水肿;而缺血后 6~24 h,组织形态呈血管源性脑水肿,此时脑组织电阻抗逐渐下降。这些结果提示,EIT 可用于实时监测脑水肿的变化,并有利于区分不同类型的脑水肿。

三、现存问题和研究方向

由于颅骨本身极高的电阻抗限制了进入头颅内部的电流流动,导致了低信噪比和较差的图像质量。因此,EIT 在脑部的应用存在困难。如何改进测量方法、减少测量误差、进一步提高图像质量是脑部 EIT 的主要问题。EIT 所使用的电极阵列是与人体直接接触的元件,其噪声、伪差、接触阻抗等都会影响到后续的图像重建结果。尽管有多种方法来提高成像精度,如改进电极与皮肤的接触方式、对原始电压数据进行预处理等,但由于电极与皮肤之间的接触状态不断变化,电极阵列所带来的误差和干扰仍是不可避免的^[36-37]。因此,如何精确放置电极及尽可能减少接触阻抗,仍是值得研究的问题。

数据重构模式的优化也可提高脑部 EIT 的准确度。高清晰度的静态脑成像是极其困难的,所以很难运用于脑部疾病。目前研究所采用的主流 EIT 模式是通过差分成像最小化误差,即主要以测量过程中阻抗参数变化的相对值作为成像数据来进行差分成像,进而同时降低系统误差并提高信噪比,硬件系统结构也相对容易实现^[38]。时间差分成像可有效降低边界形状、电极位置、接触阻抗及系统噪声等测量误差对图像重构的影响,这也是目前运用最多、最为成熟的成像方式。多频差分成像是脑部疾病检测的新方法,其利用不同生物组织具有不同阻抗频谱特性的特点,不仅克服了静态成像的缺点,而且也不需要与其他时刻的数据做对比,主要适合于病变已经存在但短时间内不会变化的疾病,如脑肿瘤。然而,多频差分成像技术对硬件采集系统和成像算法要求很高,需要宽频带和高精度的数据采集系统,以及更为有效的图像重构算法^[39]。

综上所述,EIT 是通过测量体内电阻抗分布和变化来诊断疾病的新成像方法,在脑功能成像和监护方面具有可观的应用前景。脑部 EIT 具有无创、实时及低成本等优势,在脑血管意外等致命性疾病的快速诊断方面,具有重要意义。但颅骨的高阻抗特性严重抑制了电流的传入,导致成像分辨率低,如何准确反映颅内病变仍面临巨大挑战。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Kim Y, Webster JG, Tompkins WJ. Electrical impedance imaging of the thorax[J]. *J Microw Power*, 1983,18(3):245-257. DOI: 10.1080/16070658.1983.11689329.
- [2] Brown BH, Barber DC, Seagar AD. Applied potential tomography: possible clinical applications [J]. *Clin Phys Physiol Meas*, 1985, 6(2): 109-121. DOI: 10.1088/0143-0815/6/2/002.
- [3] Nguyen DT, Jin C, Thiagalingam A, et al. A review on electrical impedance tomography for pulmonary perfusion imaging [J]. *Physiol Meas*, 2012, 33(5): 695-706. DOI: 10.1088/0967-3334/33/5/695.

- [4] 徐峰,李梦新,Peter Jusko,等. 电阻抗断层成像与乳房超声及钼靶在诊断乳腺良恶性病变中的对照观察[J]. *中华医学杂志*, 2017,97(18):1391-1395. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.18.008.
- [5] You F, Shi X, Shuai W, et al. Applying electrical impedance tomography to dynamically monitor retroperitoneal bleeding in a renal trauma patient [J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39(6): 1159-1160. DOI: 10.1007/s00134-013-2895-y.
- [6] Hannan S, Faulkner M, Aristovich K, et al. In vivo imaging of deep neural activity from the cortical surface during hippocampal epileptiform events in the rat brain using electrical impedance tomography [J]. *Neuroimage*, 2020, 209: 116525. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2020.116525.
- [7] Bayford R, Polydorides N. Focus on recent advances in electrical impedance tomography [J]. *Physiol Meas*, 2019, 40(10): 100401. DOI: 10.1088/1361-6579/ab42cd.
- [8] Bayford RH. Bioimpedance tomography (electrical impedance tomography) [J]. *Annu Rev Biomed Eng*, 2006, 8:63-91. DOI: 10.1146/annurev.bioeng.8.061505.095716.
- [9] Geddes LA, Baker LE. The specific resistance of biological material—a compendium of data for the biomedical engineer and physiologist [J]. *Med Biol Eng*, 1967, 5(3): 271-293. DOI: 10.1007/BF02474537.
- [10] Bodenstern M, David M, Markstaller K. Principles of electrical impedance tomography and its clinical application [J]. *Crit Care Med*, 2009, 37(2): 713-724. DOI: 10.1097/CCM.0b013e318-1958d2f.
- [11] Kolehmainen V, Lassas M, Ola P. Electrical impedance tomography problem with inaccurately known boundary and contact impedances [J]. *IEEE Trans Med Imaging*, 2008, 27(10): 1404-1414. DOI: 10.1109/TMI.2008.9206000.
- [12] Padilha Leitzke J, Zangl H. A review on electrical impedance tomography spectroscopy [J]. *Sensors (Basel)*, 2020, 20(18): 5160. DOI: 10.3390/s20185160.
- [13] Romsauerova A, McEwan A, Horesh L, et al. Multi-frequency electrical impedance tomography (EIT) of the adult human head: initial findings in brain tumours, arteriovenous malformations and chronic stroke, development of an analysis method and calibration [J]. *Physiol Meas*, 2006, 27(5): S147-S161. DOI: 10.1088/0967-3334/27/5/S13.
- [14] Malone E, Jehl M, Arridge S, et al. Stroke type differentiation using spectrally constrained multifrequency EIT: evaluation of feasibility in a realistic head model [J]. *Physiol Meas*, 2014, 35(6): 1051-1066. DOI: 10.1088/0967-3334/35/6/1051.
- [15] Yang B, Li B, Xu C, et al. Comparison of electrical impedance tomography and intracranial pressure during dehydration treatment of cerebral edema [J]. *Neuroimage Clin*, 2019, 23: 101909. DOI: 10.1016/j.nicl.2019.101909.
- [16] Dowrick T, Blochet C, Holder D. In vivo bioimpedance measurement of healthy and ischaemic rat brain: implications for stroke imaging using electrical impedance tomography [J]. *Physiol Meas*, 2015, 36(6): 1273-1282. DOI: 10.1088/0967-3334/36/6/1273.
- [17] Holder DS. Detection of cerebral ischaemia in the anaesthetised rat by impedance measurement with scalp electrodes: implications for non-invasive imaging of stroke by electrical impedance tomography [J]. *Clin Phys Physiol Meas*, 1992, 13(1): 63-75. DOI: 10.1088/0143-0815/13/1/006.
- [18] Hansen AJ, Olsen CE. Brain extracellular space during spreading depression and ischemia [J]. *Acta Physiol Scand*, 1980, 108(4): 355-365. DOI: 10.1111/j.1748-1716.1980.tb06544.x.
- [19] Lingwood BE, Dunster KR, Colditz PB, et al. Noninvasive measurement of cerebral bioimpedance for detection of cerebral edema in the neonatal piglet [J]. *Brain Res*, 2002, 945(1): 97-105. DOI: 10.1016/s0006-8993(02)02744-0.

- [20] Lingwood BE, Healy GN, Kecskes Z, et al. Prediction of outcome following hypoxia/ischaemia in the human infant using cerebral impedance[J]. Clin Neurophysiol, 2009,120(2):225-230. DOI: 10.1016/j.clinph.2008.11.008.
- [21] He LY, Wang J, Luo Y, et al. Application of non-invasive cerebral electrical impedance measurement on brain edema in patients with cerebral infarction[J]. Neurol Res, 2010,32(7):770-774. DOI: 10.1179/016164109X12478302362572.
- [22] Yerworth RJ, Bayford RH, Brown B, et al. Electrical impedance tomography spectroscopy (EITS) for human head imaging[J]. Physiol Meas, 2003,24(2):477-489. DOI: 10.1088/0967-3334/24/2/358.
- [23] Goren N, Avery J, Dowrick T, et al. Multi-frequency electrical impedance tomography and neuroimaging data in stroke patients [J]. Sci Data, 2018, 5: 180112. DOI: 10.1038/sdata.2018.112.
- [24] McDermott B, Elahi A, Santorelli A, et al. Multi-frequency symmetry difference electrical impedance tomography with machine learning for human stroke diagnosis[J]. Physiol Meas, 2020,41(7):075010. DOI: 10.1088/1361-6579/ab9e54.
- [25] 张苓, 张泉, 陈礼刚, 等. 无创动态监测在开颅术后脑水肿的临床应用研究[J]. 重庆医科大学学报, 2011, 36(6): 728-731.
- [26] Latikka J, Eskola H. The resistivity of human brain tumours in vivo[J]. Ann Biomed Eng, 2019,47(3):706-713. DOI: 10.1007/s10439-018-02189-7.
- [27] Lux HD, Heinemann U, Dietzel I. Ionic changes and alterations in the size of the extracellular space during epileptic activity[J]. Adv Neurol, 1986,44:619-639.
- [28] Boone K, Lewis AM, Holder DS. Imaging of cortical spreading depression by EIT: implications for localization of epileptic foci [J]. Physiol Meas, 1994,15 Suppl 2a:A189-A198. DOI: 10.1088/0967-3334/15/2a/024.
- [29] Hannan S, Faulkner M, Aristovich K, et al. Imaging fast electrical activity in the brain during ictal epileptiform discharges with electrical impedance tomography [J]. Neuroimage Clin, 2018,20:674-684. DOI: 10.1016/j.nicl.2018.09.004.
- [30] Fabrizi L, Sparkes M, Horesh L, et al. Factors limiting the application of electrical impedance tomography for identification of regional conductivity changes using scalp electrodes during epileptic seizures in humans[J]. Physiol Meas, 2006,27(5):S163-S174. DOI: 10.1088/0967-3334/27/5/S14.
- [31] Tidswell T, Gibson A, Bayford RH, et al. Three-dimensional electrical impedance tomography of human brain activity [J]. Neuroimage, 2001, 13(2):283-294. DOI: 10.1006/nimg.2000.0698.
- [32] Fabrizi L, Yerworth R, McEwan A, et al. A method for removing artefacts from continuous EEG recordings during functional electrical impedance tomography for the detection of epileptic seizures[J]. Physiol Meas, 2010,31(8):S57-S72. DOI: 10.1088/0967-3334/31/8/S05.
- [33] Gazendam J, Go KG, Van der Meer JJ, et al. Changes of electrical impedance in edematous cat brain during hypoxia and after intracerebral ouabain injection [J]. Exp Neurol, 1979,66(1):78-87. DOI: 10.1016/0014-4886(79)90064-5.
- [34] Fu F, Li B, Dai M, et al. Use of electrical impedance tomography to monitor regional cerebral edema during clinical dehydration treatment[J]. PLoS One, 2014,9(12):e113202. DOI: 10.1371/journal.pone.0113202.
- [35] Song J, Chen R, Yang L, et al. Electrical impedance changes at different phases of cerebral edema in rats with ischemic brain injury[J]. Biomed Res Int, 2018,2018:9765174. DOI: 10.1155/2018/9765174.
- [36] Boverman G, Kim BS, Isaacson D, et al. The complete electrode model for imaging and electrode contact compensation in electrical impedance tomography[J]. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2007, 2007: 3462-3465. DOI: 10.1109/IEMBS.2007.4353076.
- [37] McAdams ET, Jossinet J, Lackermeier A, et al. Factors affecting electrode-gel-skin interface impedance in electrical impedance tomography[J]. Med Biol Eng Comput, 1996,34(6):397-408. DOI: 10.1007/BF02523842.
- [38] Harrach B, Seo JK, Woo EJ. Factorization method and its physical justification in frequency-difference electrical impedance tomography[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2010,29(11):1918-1926. DOI: 10.1109/TMI.2010.2053553.
- [39] McEwan A, Romsauerova A, Yerworth R, et al. Design and calibration of a compact multi-frequency EIT system for acute stroke imaging [J]. Physiol Meas, 2006,27(5):S199-S210. DOI: 10.1088/0967-3334/27/5/S17.

(收稿:2020-06-01 修回:2021-01-20)

(本文编辑:刘岩红 李鑫)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊关于稿件著作权事项的要求

(1)作者应对来稿的真实性及科学性负责。依照《中华人民共和国著作权法》有关规定,本刊可对来稿做文字修改、删节。凡有涉及原意的修改,则提请作者考虑。修改稿逾期1个月不修回者,视作自动撤稿。(2)来稿一经接受刊登,全体作者亲笔签署《中华医学会系列杂志论文投送介绍信及授权书》后,论文的专有使用权即归中华医学会所有;中华医学会有权以电子期刊、光盘版等其他方式出版刊登该论文,未经中华医学会同意,该论文的任何部分不得转载他处。(3)确认稿件刊载后需按通知数额付版面费。要求刊印彩图者需另付彩图印制工本费。稿件刊登后酌致稿酬(已含其他形式出版稿酬),赠送当期杂志1册。