

· 综述 ·

经颅磁刺激与言语产生和感知

汪洁¹ 吴东宇^{1,2}

经颅磁刺激 (transcranial magnetic stimulation, TMS) 是 Barker 等人于 1985 年创立并应用于人脑和人体其他部位的非侵入性刺激器。它将磁刺激器的线圈置于头骨上, 磁场对神经组织引起物理反应, 在大部分脑区可以导致语言任务反应期延长或错误增多。因此, TMS 常被用于研究个体特定脑区与认知功能之间的关系。

在应用 TMS 对语言的研究中, 可以将刺激前作为自身对照。因为 TMS 造成的“实质性”损伤根据刺激的参数不同, 可以持续 10ms—1h。TMS 可以避开许多病例研究中难以解决的障碍, 如患病前的潜能、损伤后的代偿、病灶的大小以及对邻近神经通路的损害等。并且, 在 TMS 试验短暂时间内, 不可能发生功能重组和自发恢复。由磁刺激引发的神经功能阻断比自然的损伤要更局限, 并不会涉及深部白质通路。

TMS 也有其不足之处, 如需要选择恰当的刺激参数(单脉冲还是重复刺激; 刺激强度、刺激时间、刺激部位、线圈的类型、线圈的方向等), 而且它只能到达表层结构, 由 TMS 产生的声音和躯体感觉刺激也会影响行为操作。偶尔, TMS 可以造成不适或疼痛, 主要是刺激作用在头部肌肉或周围颅神经所致^[1-2]。

尽管如此, 在认知和神经科学研究中, TMS 以它的时间和空间的精确性, 为功能性神经影像技术, 如事件相关电位 (event related potential, ERPs)、脑磁图 (magneto encephalograph, MEG)、正电子发射断层扫描 (positron emission tomography, PET)、功能性磁共振 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 提供有价值的信息。

1 语言优势半球定侧

确定语言优势侧的目的是最大限度地减少手术对语言功能的影响。第一个将 TMS 用于语言优势半球定侧研究的是 Pascual-Leone^[3]。他们在手术前对癫痫患者实施 TMS, 诱发言语停滞。重复刺激频率为 8、16、25 Hz, 脉冲串为 10s, 刺激强度为最大输出的 60%—80%, 根据国际脑电图 10—20 电极系统, 在双侧半球外侧裂周围 15 个不同部位实施重复性经颅磁刺激 (rTMS)。要求患者从“1”开始数数, 在左额下回刺激后 4—6s, 6 个患者均出现了言语停滞。但在右半球任何位置的刺激均不能看到言语停滞。颈内动脉阿米妥钠实验 (intracarotid amobarbital test, IAT) 显示, 6 例患者为左半球语言优势, 提示 TMS 诱发的语言停滞为语言优势侧定位提供了一种非侵入性替代方法。

然而, 随后的研究对术前 TMS 的应用提出了质疑。Jennum 等^[4]对癫痫患者术前实施了 rTMS 和 IAT 实验对照, 刺激部位为双侧半球的额叶和颞叶, 刺激频率为 30Hz, 脉冲串为 1s, 刺激时要求患者顺向或逆向朗读一组词, 增加刺激强度直至出现言语停滞, 结果发现只有约 2/3 的患者出现言语完全停滞, 如果言语减慢也包括在内的话, 两种实验的一

致性为 95%。但 Michelucci 等^[5]的研究发现 14 例患者只有 7 例出现言语停滞。因此, rTMS 确定语言优势侧的可靠性还存在着疑问。Epstein 等^[6]提出这些研究间的差异, 可能是由于选择的刺激参数不同造成的。因此, Epstein 等研究了 10 名正常人 rTMS 言语停滞的刺激强度和频率效应。刺激部位为左额下回后部, 刺激强度为运动阈值的 10%—150%。正如所料, 高频刺激导致更强的言语停滞, 但低频刺激 (4—8Hz) 比以前研究中使用的 16—32Hz 刺激诱发出的言语停滞更可靠; 高频刺激可导致明显的面部、喉肌的收缩, 增加了不适或疼痛, 使言语停滞难以确定。另一方面, 4Hz 刺激不仅可以阻断过度学习的言语序列, 如数数, 而且可以导致朗读和自发言语的停滞, 而书写、语言理解、默读和命名未受影响^[7]。随后, 这一范式 (刺激频率 4Hz) 被应用于 16 例癫痫患者术前, 于双侧额下回实施 TMS 和双侧 IAT 实验, 目的是验证 rTMS 和 IAT 之间的一致性^[8]。rTMS 提示 12 例患者语言优势侧为左半球, 4 例为右半球, 而 IAT 显示所有 16 例患者语言优势侧均为左侧半球, 因此看来 rTMS 没有 IAT 可靠。

IAT 影响的功能是一侧半球较大的区域, 持续几分钟, 而 TMS 的作用区域非常局限, 时间非常短暂, 尤其是频率超过 1Hz 时。另外, 由于从头皮到某些部位的深度和方向不同, 并不是所有的部位 TMS 都可以刺激到。

2 Broca 区的功能解剖

应用 TMS 可以从一个新的视野探查 Broca 区的功能组织。传统上认为 Broca 区具有言语产生和句法加工的功能, 但实际上, Broca 区在加工语义、语音、句法, 以及许多非语言功能都具有重要作用。通过功能影像学的研究, 人们发现左额下回 Broca 区的头端和尾端与语义和语音加工有关。近年来的 TMS 的研究不仅肯定了这一部位头、尾的区分, 而且确定了特定区域对语义和语音加工的贡献。Devlin 等^[9]研究了刺激左额下回头端是否干扰简单语义决定任务。给被试视觉呈现词, 让他们确定该词是人造物 (如“kennel”狗舍), 还是自然物 (如“dog”狗), 并与无刺激对照。在执行语义任务时, TMS 反应时延长。随后 Kohler 等^[10]使用 fMRI 导航的 rTMS 刺激头端, 语义决定任务的反应时减慢, 与左额下回头端参与语义加工的结论是一致的。Nixon 等^[11]在对左额下回尾端的研究中, 检验了 rTMS 刺激该部位是否干扰语音工作记忆任务。被试注视计算机屏幕上的词 (如“knees”), 记住该词的语音将它保持 1—2s, 随后呈现一个非词 (如“neaze”), 让被试确定它们是否发音相同。对照任务与语音记忆任务的不同只是刺激的

1 首都医科大学宣武医院康复医学科, 北京, 100053

2 通讯作者

作者简介: 汪洁, 女, 硕士, 副主任技师

收稿日期: 2008-04-10

性质不同,使用字母,进行视觉记忆匹配。结果显示,在语音任务时,语音保持期间增加了错误率,但对照任务-视觉工作记忆则无变化,提示语音保持受损。Aziz-Zadeh等^[13]在实验中让被试默读视觉呈现的词,并计数该词的音节数,结果显示左额下回尾端的rTMS使反应时增加,这一结果与该部位对语音加工有重要作用的观点是一致的。这些结果均支持左额下回前端对语义,尾端对语音加工具有重要作用。

然而许多影像学研究表明语音和语义任务通常既涉及了头端,也涉及了尾端,因而提出两个区域对两种类型的加工都是不可少的。换句话说,左额下回对于语义和语音加工是一个独立的功能区,在峰值激活时出现区域漂移 (regional shifts in the peak activation),还是在左额下回的两个亚区 (sub-regional) 分别对语义和语音进行加工?

Gough等^[14]设计了一个实验,检验左额下回前部和后部、语义和语音加工是否存在双分离。被试注视计算机屏幕上的两串字母,然后确定它们是否意义相同(如“idea-notion”)、读音相同(如“nose-knows”)或看起来相同(如“fwtsp-fwtsp”),与无刺激对照,结果显示当被试集中于呈现的词的词义(语义)时,TMS刺激头端,反应潜伏期增加,但当他们集中于词的语音时,没有变化。当刺激尾端时,选择性地干扰了语音,而不是语义任务。在视觉对照任务中,这两个部位的刺激均没有影响反应时。这个实验证实了左额下回两个部位的距离<3cm,存在语义与语音加工的功能双分离。虽然,这种双分离是由功能影像学首先提出,但它需要TMS空间的精确性来独立区分这个区域,并证明它们对词汇加工的独特贡献。

3 言语产生

3.1 运动性和非运动性言语停滞

Penfield^[15]在皮质电刺激中注意到,在同一个患者可以看到两种类型的言语停滞。一种言语停滞伴有口和下颌肌肉活动;而另一种则不伴有面部肌肉活动,可以在左半球前部刺激获得。为了调查这两种言语停滞是否可以应用TMS在正常人观察到,Stewart等^[16]对8名正常人进行了研究。在实验中要求被试大声数1—10、星期、月份序列以及儿歌,应用rTMS于左右半球两个不同部位进行刺激,分析颞肌肌电图数据和录像记录。结果表明rTMS刺激左右半球额叶后部,均诱发了运动性言语停滞,伴有面下部肌肉的肌电活动,它是经皮质-延髓通路激活的。第二种类型是非运动性言语停滞,刺激左额下回前部产生的言语停滞,无肌电活动。对于运动性言语停滞,被试者报告不能控制其面部肌肉;而非运动性言语停滞,被试报告“不能说出词来”,也有被试报告其他不同的感觉。这些发现表明左半球额下回前部与言语加工有关,而不是言语执行的控制。这种“说不出来”的感觉是语言加工中的音位提取困难,还是运动计划障碍,尚不清楚。

3.2 隐性和显性言语停滞

是否可以应用rTMS产生隐性(内部)言语停滞?隐性言语是语言的一个组成部分,在理论上,它不涉及运动系统,无运动输出。人们可能会认为,运动区的刺激不会影响隐性言语。但是,隐性言语到底是什么,是显性言语的想象吗?如果是,那么也会像运动想象时激活一样,刺激运动区也会干扰

隐性言语。为了回答这个问题,Aziz-Zadeh等^[17]设计了两个实验检验显性和隐性言语停滞。当计算机显示词时,要求被试数出词的音节数(3—5个音节)。被试用皮质刺激的同侧手按键(共3个键)作为反应,并记录反应时。在第一个实验,被试执行显性和隐性言语任务时,刺激左额叶前部(非运动区)和后部(运动区),以右额叶前部作为对照。第二个实验刺激右额叶后部运动区、右额下回前部,以左额叶前中央部(F1)作为对照。前部到后部的距离为 $3.0\pm 0.7\text{cm}$,所有被试报告数音节数的策略。

第一个实验为显性言语任务,结果显示:刺激左额叶前、后部,全部被试均有显性言语停滞。刺激前部,颞肌及下颌舌骨肌不能记录到运动诱发电位,被试报告不能说出词;刺激后部,被试报告不能控制口唇肌肉;即刺激左额叶前部诱发了非运动性言语停滞,刺激左额叶后部诱发了运动性言语停滞。刺激右额叶前部则没有出现言语停滞。rTMS于左额叶前、后部诱发的反应潜伏期比右侧显著延长。造成左额叶前部刺激后反应时延长的原因可能是rTMS干扰了语言加工,而左额叶后部刺激造成的反应时延长可能是运动因素。

在所有刺激部位,隐性言语任务的反应时比显性任务均缩短。刺激左额叶前、后部比刺激右额叶前部隐性言语反应时明显延长。左额叶前后部加工的破坏对隐性和显性言语是类似的。当刺激前部,显性和隐性任务的反应时类似;刺激后部,显性和隐性任务的反应时类似,这些发现提示,不仅左额叶前部(可能与Broca区对应),而且后部运动区对言语都是重要的。

在第二个实验,刺激右额叶后部,出现显性和隐性言语的分离,可观察到显性言语停滞,但无隐性言语停滞的证据。被试报告不能控制唇舌肌,并从下颌舌骨肌记录到MEPs。右额叶前部和左额叶对照区没有诱发出显性言语停滞,下颌舌骨肌也没有诱发出MEPs。由此可见,右额叶后部刺激引起的显性言语停滞是因口面肌肉的运动破坏了言语产生。尽管右额叶后部的刺激干扰了显性言语,但没有干扰隐性言语。事实上隐性言语的产生未受损。尽管左额叶后部对显性和隐性言语的产生是重要的,但右额叶相应部位的rTMS可能只影响了显性言语的纯运动水平。

这些发现提示:即使不需要运动输出,左额叶后部运动区和左额下回前部对隐性言语的产生是不可缺少的。刺激右额叶运动区没有发现隐性言语的破坏,表明左额叶运动区在进化上除了简单的口面肌肉的控制外,还具有特定的语言相关属性,它也存在对右半球的控制。

一些研究提示:可以从额叶皮质下部两个不同部位诱发言语停滞;在更后一些的部位刺激左右半球均可诱发言语停滞,而且左侧效应更强烈。此外,在刺激这些部位时,EMG可以记录到清晰的面部肌肉反应。只有左半球更前部的刺激导致的言语停滞没有记录到EMG反应。于是可以认为:后部可能为中央前回腹侧,该部位为支配唇和下颌运动的皮质和运动前区。因此,刺激双侧额叶均可以干扰言语的运动输出,诱发言语停滞。更前部可能与前额皮质一致(即左半球Broca区),该部位刺激干扰了发音计划的形成,而不是运动序列的完成。

4 言语感知与运动系统

4.1 镜像神经元系统

言语产生可以影响运动系统的兴奋性,而且言语感知也可以影响运动的兴奋性。研究者最先从手动作的视知觉开始了言语产生与感知联系的研究,目的是为动作观察-执行匹配的脑机制提供证据^[18-19]。Di Pellegrino 等^[20]观察了猴子从事手操作物品时,大脑皮质运动前区(F5)的神经元活动。F5区主要控制手运动,包括编码目标-指向动作(goal-directed actions),如抓、撕等。当猴子用手抓握时,猴子大脑皮质F5区某些运动神经元出现活动。而且,当有人在猴子面前进行类似的抓握运动时,那些神经元也被激活^[21]。运动前区的这些神经活动与特定运动的抽象视觉属性有关。观察-执行匹配系统即镜像神经元系统(mirror neuron system)。

在发现猴子的镜像神经元系统后,很快人们运用TMS研究了手指、手、上肢运动,获得了人类相应系统的证据。从人类和猴子的研究可以发现:灵长类动物存在着动作识别的基本机制。个体识别他人执行的动作是因观察动作时于运动前区诱发的神经模式,类似内在产生该动作的神经模式^[22]。最近研究者发现动作识别的基本机制与一般听觉,以及言语感知有着联系。Kohler 等^[23]发现,猴子的运动前区神经元不仅对猴子特定动作有反应,而且看到人做这个动作时也有反应,甚至当猴子听到由特定动作(如剥花生)产生的声音,在猴子的运动皮质腹侧可以记录到镜像神经元活动。

4.2 听动作声音与运动兴奋性

运动前区与听觉存在联系对人类的语言是重要的。那么镜像神经元系统是语言的先驱者吗?揭示此谜团的一个方法是调查人脑的该系统定侧。每侧大脑半球有着不同的功能,语言定侧于左半球,而空间能力定侧于右半球。具有视觉呈现动作镜像特性的人类运动前区,尚未表现出清晰的定侧。Molnar-Szakacs 等^[24]对58名被试观看和模仿手动作的fMRI的研究显示:具有镜像特性的运动前区为双侧激活。如果手操作的声音表现出左半球定侧,这可能提示通过听通路理解动作是定侧于左半球的功能,就像语言一样。这将支持镜像系统与语言功能神经之间的进化连续性假说。

Aziz-Zadeh 等^[25]对正常人左右半球初级运动皮质使用单脉冲TMS检测听觉镜像区的敏感性。24名被试听双手动作的声音(打字或撕纸)、双脚动作声音(走步)以及对照声音(打雷)。当被试听某种声音时,记录刺激半球对侧手肌肉的运动诱发电位。如果听到手动作声音,手运动得到促进,那么记录运动诱发电位时,手动作声音就会比脚动作声音的MEPs要大。结果显示当被试听手动作的声音增加了运动区的兴奋性。有趣的是,这种双手动作的声音(撕纸、打字)对MEP幅度的提高只限于左半球。人类的镜像系统在两半球以不同的方式编码动作。在左半球,通过听、视、运动成分完成动作编码;而在右半球,只是通过视觉和运动通路完成动作编码。左半球的编码包括了动作的全部内容。这种通过多通路选择性作用于左半球,可以使动作表征更抽象。左半球人类镜像系统所具有的这种抽象性更适合促进语言的发生。

4.3 听音节及散文、看发音动作与运动区兴奋性

一些研究结果显示 Broca 区参与言语感知,并提出观察-

执行匹配系统可能对言语感知的运动理论提出的发音音姿的提取起作用。Lieberman 等^[26]提出,音位的感知是把它们映射到用于言语产生的发音音姿上。换句话说,听者接收言语时,他们注意到声音如何经自己的发音器官产生。这些发音(或音位)音姿是言语感知的目标,它们以各种运动指令在大脑得到表征。但这种言语感知的运动理论没有得到直接证据的支持。为了检验这一理论,有些研究使用TMS检验在言语产生时言语感知对运动系统的作用。Sundara 等^[27]的第一个假设是视觉观察言语动作将增加执行相同运动的肌肉的MEP波幅。因此,视觉观察言语动作/ba/而不是/ta/,将增加唇肌的MEP波幅。第二个假设是观察-执行匹配系统有助于从听觉信号提取言语音姿。听言语声音/ba/将增加唇肌MEP波幅。9名被试于右侧口轮匝肌记录肌电图。检测5种实验条件:①看他人发音/ba/;②看他人发音/ta/;③听发音/ba/;④同时听发音/ba/和看发音/ba/;⑤同时听/ba/和看发音/ta/。结果发现视觉观察言语运动/ba/,唇肌MEP增大,验证了第一种假设。但是听到相同音节并不能促进运动的兴奋性,提示观察-执行匹配系统没有被听通路呈现的语音刺激激活。因此,作者认为研究结果不支持观察-执行匹配系统是作为言语感知所必需的阈下激活或相关音姿的隐性提取。研究使用的语音/ba/容易准确识别,那么难度较大的语言听觉任务是否导致MEP增高,有待进一步研究。

为了验证言语感知的运动理论,即言语的听感知要映射到言语产生系统,以便用于产生对该语音的识别、理解和动作模仿。Watkins 等^[28]检验了言语视、听知觉是否影响言语产生的兴奋性。TMS施与两半球初级运动皮质面代表区,记录唇肌MEP。设计4种试验条件:①言语:听言语(连续散文);②非言语:听非言语声音(铃声、枪声、玻璃破碎声);③唇:看言语相关的唇运动,同时听白噪音;④眼:看眼眉运动,同时听白噪音。结果发现不论是视觉(看言语相关唇运动)还是听觉感知言语均可促进唇肌MEP反应。这种听和视觉言语知觉时MEP增加,只兴奋了左半球,而没有右半球。作者认为,Sundara 等人的研究结果与他们的不同,即听音节导致MEP波幅下降,是因为方法学的不同造成的。前者MEP记录的一种是休息状态,后者是肌肉收缩状态;TMS刺激强度,一种是阈下刺激,另一种是阈上刺激;语言听呈现一个是每2s一个单音节,另一个是连续言语。

Fadiga 等^[29]在研究中发现,特定的音位呈现促进了运动的兴奋性。他们测定舌的MEP,要求被试听需要和不需要舌运动的辅音,如意大利语“zaffo”的唇齿音“ff”,“terra”中的舌腭摩擦音“rr”。当被试听含有“rr”的词或非词时(发音时需要舌运动),MEP增大。这些资料提示,用于产生音位的特异性音姿的呈现可以通过该音位的听觉感知启动或兴奋。这种兴奋性的增加是反映了知觉加工的必然结果,还是以某种方式帮助知觉加工,仍有待于研究。

4.4 言语感知涉及运动和感觉系统的脑区

上述TMS研究揭示了言语感知与运动系统的特定成分之间的功能联系,但没有提供任何有关这种联系的解剖信息。Watkins 和 Paus^[30]将TMS和PET结合起来,研究在言语感知时运动系统兴奋性改变所涉及的脑区。在听觉言语感知

时,经左侧运动皮质面区 TMS 引出口轮匝肌 MEP, 获得运动的兴奋性。同时,这些测定与全脑的区域性脑血流测定联系起来。在听言语感知期运动兴奋性增加,伴有左半球额下回后部血流增加。这一结果提示, Broca 区在将言语感知与言语产生的连接中起到核心作用,这与在言语理解时强调感觉和运动的整合的理论是一致的。

这些研究结果支持这一观点,被动言语感知诱导了言语产生的脑区的激活。言语产生系统的运动兴奋性增加可能反映了内在的模仿机制或内部言语,它反过来提高了接收的理解。从这些有限的言语感知的初步研究,可以得出两个结论:在对动作的听感知引起运动的兴奋性增加只作用于产生声音的动作效应器;通过声音理解动作只发生在左半球。

近年来, fMRI 的研究结果提示,当颞上回听皮质将声学信号转换为音位代码时,运动前区对言语产生和感知均有反应,它预示着运动性音位的声学序列,并与颞上回的声学输入比较^[1]。如果声学信号与运动计划预期的声学序列不一致,那么就会在运动前区纠正音位错误。如果这个观点是正确的,言语感知不是单纯的感觉,也不是单纯的运动现象,而是涉及了颞上回和运动前区的感觉-运动加工的整合^[2]。由于 fMRI 只提供了相关信息激活的脑区,只有 TMS 的“实质性损害”才能显示出这两个区域的真正作用。在 Meister 等^[3]的 rTMS 研究中,要求被试执行音位辨别任务、声调辨别任务和颜色辨别任务。在左运动前区和左颞上回皮质实施低频 rTMS。结果显示,只有在左颞上回皮质刺激后,声调辨别任务的正确率下降;而刺激左运动前区,音位辨别任务正确反应率显著下降;刺激左颞上回和负责言语感知的运动前区时,颜色辨别任务不受影响。这一结果支持左颞上回对听输入进行声学分析,左运动前区对听到的语音进行音位加工,这两个区域之间具有相互作用的假说。运动前区在语言感知中可能对接收的音位提供了内在的运动模拟。

5 小结

经过十几年使用 TMS 对语言进行研究,尽管已经开始有一些重要的理论在形成,但该领域仍处于它的“婴儿期”。TMS 为影像学 and 病例研究提供了空间和时间的精确性,使其成为从事认知和神经科学研究语言的基本工具。这种研究已证实左额下回不同区域对语义和语音加工的作用,并表明患病前语言组织与单侧损伤之间的关系;失语症患者左半球激活对语言操作来说比右半球激活更关键。在 TMS 被用于测定功能联系中,显示动词和运动程序之间的密切联系,它提示在手势和语言之间存在潜在进化的联系并显示言语感知与运动的关系。TMS 甚至可以促进恢复进程,帮助语言康复。

近年来对 TMS 方法学的发展,使得它为研究皮质连接提供了更多的机会,并可能有助于探寻人类语言加工的神经环路^[4]。TMS 与其他影像学方法结合,如 PET、fMRI、MEG,将为语言功能与神经解剖的联系提供证据,并研究 TMS 效应下的神经机制。同样,多点刺激可以用来研究功能联系和恢复的特定机制。预计 TMS 将会用于更广泛的语言研究。

参考文献

[1] 宋为群,李永忠,杜博琪. 低频重复经颅磁刺激治疗视觉空间忽

- 略的临床研究[J].中国康复医学杂志,2007,(6):483.
- [2] 欧阳取平,王玉平.经颅磁刺激在言语障碍康复中的应用及其安全性的评价[J].中国康复医学杂志,2005,(4):314—317.
- [3] Pascual-Leone A, Gates JR, Dhuna A. Induction of speech arrest and counting errors with rapid rate transcranial magnetic stimulation[J]. *Neurology*, 1991,41:697—702.
- [4] Jennum P, Friberg L, Fug Isang-Frederiksen A, et al. Speech localization using repetitive transcranial magnetic stimulation[J]. *Neurology*, 1994,44:269—273.
- [5] Michelucci R, Valzania F, Passarelli D, et al. Rapid-rate transcranial magnetic stimulation and hemispheric language dominance: usefulness and safety in epilepsy [J]. *Neurology*, 1994,44:1697—1700.
- [6] Epstein CM, Lah JK, Meador K, et al. Optimum stimulus parameters for lateralized suppression of speech with magnetic brain stimulation[J]. *Neurology*, 1996,47:1590—1593.
- [7] Epstein CM, Meador KJ, Loring DW, et al. Localization and characterization of speech arrest during transcranial magnetic stimulation[J]. *Clin Neurophysiol*, 1999,110:1073—1079.
- [8] Epstein CM, Woodard JL, Stringer AY, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation does not replicate the Wada test[J]. *Neurology*, 2000,55:1025—1027.
- [9] 张忠. 言语的功能解剖研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2006,(8): 748—750.
- [10] Devlin JT, Matthews PM, Rushworth MF. Semantic processing in the left inferior prefrontal cortex: a combined functional magnetic resonance imaging and transcranial magnetic stimulation study[J]. *J Cogn Neurosci*, 2003,15:71—84.
- [11] Kohler S, Paus T, Buckner RL, et al. Effects of left inferior prefrontal stimulation on episodic memory formation: a two-stage fMRI-rTMS study [J]. *J Cogn Neurosci*, 2004,16:178—188.
- [12] Nixon P, Lazarova J, Hodinott-Hill I, et al. The inferior frontal gyrus and phonological processing: an investigation using rTMS[J]. *J Cogn Neurosci*, 2004,16:289—300.
- [13] Aziz-Zadeh L, Cattaneo L, Rochat M, et al. Covert speech arrest induced by rTMS over both motor and nonmotor left hemisphere frontal sites [J]. *J Cogn Neurosci*, 2005,17:928—938.
- [14] Cough PM, Nobre AC, Delin JT. Dissociating linguistic processes in the left inferior frontal cortex with transcranial magnetic stimulation[J]. *J Neurosci*, 2005,25:8010—8016.
- [15] Penfield W, Rasmussen T. Vocalization and speech arrest[J]. *Arch. Neurol. Psychiatry*, 1949, 61:21—27.
- [16] Stewart L, Walsh V, Frith U, et al. TMS produces two dissociable types of speech disruption[J]. *Neuroimage*, 2001,13: 472—478.
- [17] Aziz-Zadeh L, Cattaneo L, Rochat M, et al. Covert speech arrest induced by rTMS over both motor and non-motor left hemisphere frontal sites [J]. *J cogn Neurosci*, 2005,17:928—938.
- [18] Strafella AP, Paus T. Modulation of cortical excitability during action observation: a transcranial magnetic stimulation study[J]. *Neuroreport*, 2000,11:2289—2292.
- [19] Gangitano M, Mottaghy FM, Pascual-Leone A. Modulation of premotor mirror neuron activity during observation of unpredictable grasping movements[J]. *Eur J Neurosci*, 2004,20: 2193—2202.
- [20] Di Pellegrino G, Fadiga L, Fogassi L, et al. Understanding motor events: a neurophysiological study [J]. *Exp Brain Res*, 1992,91:176—180.
- [21] Rizzolatti G, Camarda R, Fogassi L, et al. Functional organization of inferior area 6 in macaque monkey: II. Area F5 and the control of distal movements[J]. *Experimental Brain Research*, 1988,71:491—507.
- [22] Rizzolatti G, Arbib MA. Language within our grasp[J]. *Trends in Neurosciences*, 1998, 21:188—194.
- [23] Kohler E, Keysers C, Umiltà MA, et al. Hearing sounds understanding action representation in mirror neurons [J]. *Science*, 2002,297:846—848.

- [24] Molnar-Szakacs I, Iacoboni M, Koski L, et al. Action observation in the pars opercularis: Evidence from 58 subjects studied in fMRI [J]. Cognitive Neuroscience Society, 9th Annual Meeting Proceedings, 2002, F118.
- [25] Aziz-Zadeh L, Iacoboni M, Zaidel E, et al. Left hemisphere motor facilitation in response to manual action sounds [J]. Eur J Neurosci, 2004, 19:2609—2612.
- [26] Liberman AM, Mattingly IG. The motor theory of speech perception—revised[J]. Cognition, 1985, 21:1—36.
- [27] Sundara M, Namasivayam AK, Chen R. Observation—executing matching system for speech: a magnetic stimulation study[J]. Neuroreport, 2001, 12(7):1341—1344.
- [28] Watkins KE, Strafella AP, Paus T. Seeing and hearing speech excites the motor system involved in speech production [J]. Neuropsychologia, 2003, 41:989—994.
- [29] Fadiga L, Craighero L, Buccino G, et al. Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: a TMS study[J]. Eur J Neurosci, 2002, 15:399—402.
- [30] Watkins KE, Paus T. Modulation of motor excitability during speech perception: the role of Broca's area [J]. J Cogn Neurosci, 2004, 16:978—987.
- [31] 孔莉. 大脑高级皮质功能可塑性的认知神经心理学研究进展 [J]. 中国康复医学杂志, 2006, (8):723—724.
- [32] Wilson SM, Iacoboni M. Neural responses to non-native phonemes varying in producibility: evidence for the sensorimotor nature of speech perception [J]. Neuroimag, 2006, 33(1):316—325.
- [33] Meister IG, Wilson SM, Deblieck C, et al. The essential role of premotor cortex in speech perception [J]. Curr Biol, 2007, 17(19):1692—1696.
- [34] 林枫, 江钟立. 词汇联想网络分析在言语康复治疗中的应用前景 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, (4):378—381.

· 综述 ·

表面肌电图在腰痛康复评价中的应用

俞晓杰¹ 王颖¹

腰痛是临床上常见的顽固性疾病之一。腰痛多由脊柱的力学紊乱和运动异常引起,其发病因素包括生理、心理、环境和职业等多个方面。腰痛在我国乃至全世界都是普遍存在的。流行病学结果显示 10%—17% 的成年人每年至少有一次腰痛发作^[1]。与腰痛相关的病损是 64 岁以下人群中活动受限的最常见原因。因此腰痛带来了巨大的社会和经济负担。随着表面肌电图(surface electromyography, sEMG)监测和反馈训练技术的发展和运用,sEMG 已成为腰痛综合征的一种重要的康复评定和辅助治疗手段。在研究腰痛脊柱生物力学和肌肉的运动控制方面具有广阔的应用前景。

1 腰痛的表面肌电信号检测

1.1 测试指征、目的和记录部位

sEMG 信号是神经肌肉系统在随意性和非随意性活动时的生物电变化经表面电极引导、放大、显示和记录所获得的一维电压时间序列信号^[2]。在临床或科研中,为了更好地利用 sEMG 信号研究腰痛患者的肌肉活动,首先需要选择具有测试指征的研究对象,也就是应当选择怀疑存在肌肉功能障碍、肌肉痉挛或是肌肉活动模式异常,以及体检发现存在姿势异常、肌张力过高、激发点和肌力不平衡的腰痛患者作为测试对象。测试的目的主要包括评价姿势和动态运动对于腰部肌肉活动的影响;鉴别可能引起疼痛的腰部和骨盆带肌肉的异常活动模式(例如肌张力水平过高、肌肉活动持续时间过长和肌肉活动失衡等);以及评价腰部的肌肉疲劳度等。选择记录部位的依据主要是根据病史和体格检查的结果,通常选择疼痛部位以下的肌肉、在力学上与症状相关的肌肉(拮抗肌或辅助肌),以及当被触诊、牵拉或抗阻力运动时症状再现的肌肉进行检测。一般多从以下肌肉中确定最佳的记录部位:竖脊肌(胸段、腰段)、多裂肌、背阔肌、腹直肌、腹外斜肌、

腹内斜肌、臀大肌、臀中肌和腘绳肌^[3]。

1.2 测试方案

sEMG 检测需要为患者制定相应的肌肉活动测试方案。通常选择病史和临床检查发现的能够加重和减轻疼痛的相关运动程序进行检测。每个运动任务至少进行 3—5 次,以评价反应的一致性。也可能需要更多次的重复,以评价症状再现时的 sEMG 反应。

腰痛患者常常存在坐位或特定姿势下疼痛加剧的表现,因此对腰痛患者进行姿势分析是 sEMG 测试非常重要的内容。Dankaerts 等^[4]研究了非特异性腰痛患者在坐位情况下表面肌肉激活模式的改变,结果发现不同亚组的腰痛患者与正常对照组之间在非支持坐位过程中存在 sEMG 活动的差异。用最大随意收缩进行标准化时,应该采用的躯干姿势还没有一致的结论。Fiebert 等^[5]认为竖脊肌的最大电活动产生在从完全俯卧位伸展腰部的过程中。但是此结果可能无法包括所有无痛受试者和腰痛患者,并且由于变异较大而已经受到质疑^[6]。当检测负荷情况和姿势之间的关系时,产生了许多有意义的观察结果。Shirado 等^[7]检测了在不同等长负荷状态下的躯干和颈部姿势之间的关系,并且发现在仰卧位躯干屈曲过程中当颈部屈曲并且骨盆维持在后倾位时,腹部 sEMG 活动的增加最大。在俯卧位测试时,竖脊肌活动也是在颈部屈曲并且骨盆稳定的情况下增加最大。这些结果表明颈和骨盆的排列能够影响躯干屈肌和伸肌在等长运动过程中的 sEMG 活动。因此,当使用 sEMG 来记录功能性活动或神经肌肉再学习时的竖脊肌或腹肌活动时,临床医师能够预期最大的

¹ 上海交通大学医学院附属仁济医院康复医学科,上海市东方路 1630 号, 200127

作者简介:俞晓杰,男,住院医师,硕士

收稿日期:2008-03-31