

不同年龄段正常听力者听觉失匹配负波研究

张柳燕¹ 徐丽² 关兵² 焦成² 朱斌²

[摘要] **目的:**研究不同年龄段正常听力者失匹配负波(mismatch negativity, MMN)特点,同时对不同年龄段正常听力者 MMN 进行比较,探讨不同年龄段之间 MMN 差异。**方法:**采用经典的 oddball 模式对受试者双耳进行 MMN 测试,标准刺激和偏差刺激分别为 1 000 Hz 和 2 000 Hz 的短纯音。根据不同年龄段分组:未成年组(7~17 岁)、青年组(18~44 岁)、中年组(45~59 岁)、老年组(60~75 岁),每组均 25 例。统计分析不同年龄段正常听力者 MMN 特点并比较组间差异。所有受试者在进行 MMN 测试前均进行纯音听阈检查、鼓室导抗检查和听性脑干反应检查。**结果:**100 例受试者均可正常引出 MMN 波形图,未成年组:平均潜伏期为(159.70±20.34) ms,平均波幅为(4.34±2.26) μV;青年组:平均潜伏期为(166.01±28.67) ms,平均波幅为(3.70±2.28) μV;中年组:平均潜伏期为(175.16±37.24) ms,平均波幅为(2.69±0.84) μV;老年组:平均潜伏期为(178.03±14.37) ms,平均波幅为(2.11±0.70) μV,各组潜伏期及波幅差异无统计学意义($P>0.05$);同时所有受试者左右耳比较时发现左右耳之间潜伏期及波幅差异无统计学意义($P>0.05$),但对各个组左右耳进行比较时发现未成年组左右耳之间潜伏期差异有统计学意义($P<0.05$),波幅差异无统计学意义($P>0.05$),其余组左右耳之间潜伏期及波幅差异均无统计学意义($P>0.05$),男女之间潜伏期及波幅差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**不同年龄段正常听力者间听觉失匹配负波潜伏期及波幅差异无统计学意义,受试者左右耳间、男女间 MMN 潜伏期及波幅无明显统计学差异,故推断 7~75 岁的人群听觉大脑皮层自发育成熟后长期维持在稳定的状态,其听觉失匹配负波的潜伏期及波幅比较稳定,不受年龄、性别、耳侧的影响,能够稳定地反映受试者的听觉皮层功能状态,在临床上有较广阔的应用前景,为今后研究患者的听觉大脑皮层变化提供一项可靠的检测手段,值得进一步研究并在临床上推广使用。

[关键词] 失匹配负波;听觉通路;不同年龄;听力正常

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2024.04.002

[中图分类号] R764.4 **[文献标志码]** A

A study of mismatched negative in normal hearing patients of different ages

ZHANG Liuyan¹ XU Li² GUAN Bing² JIAO Cheng² ZHU Bin²

(¹Medical College of Yangzhou University, Yangzhou, 225001, China; ²Department of Otorhinolaryngology, Northern Jiangsu People's Hospital Affiliated to Yangzhou University)

Corresponding author: ZHU Bin, E-mail:zhubin0820@qq.com

Abstract Objective: To study the characteristics of Mismatch negativity(MMN) in normal hearing patients of different ages, and to compare the MMN of normal hearing subjects at different ages to explore the differences in MMN between different ages. **Methods:** MMN test was performed on both ears using the classic Oddball mode. A frequency of 1 000 Hz(standard stimuli) and 2 000 Hz(deviant stimuli) was used to evoked the MMN. According to different age groups: the juvenile group(7-17 years old), the youth group(18-44 years old), the middle-aged group(45-59 years old), and the elderly group(60-75 years old), with 25 cases in each group. The MMN characteristics of normal hearing subjects in different age groups were analyzed statistically and the differences between groups were compared. All subjects underwent pure tone threshold test, tympanic reactance test and ABR test before MMN test. **Results:** MMN waveform could be elicited from both ears of 100 subjects. Among them, the average latency of the juvenile group was(159.70±20.34) ms while the average amplitude was(4.34±2.26) μV, For the youth group, the average latency was(166.01±28.67) ms and the average amplitude was(3.70±2.28) μV. Then in the middle-aged group, the average latency was(175.16±37.24) ms, meanwhile, the average amplitude was(2.69±0.84) μV. Finally, the elderly group has an average latency of(178.03±14.37) ms and an average amplitude of(2.11±0.70) μV. Therefore, there was no statistical difference in latency and amplitude between all groups($P>0.05$), and there was no statistical difference in latency and amplitude between left and right

¹扬州大学医学院(江苏扬州,225001)

²扬州大学附属苏北人民医院耳鼻咽喉头颈外科

通信作者:朱斌,E-mail:zhubin0820@qq.com

ears among all subjects as a whole ($P > 0.05$). However, when the left and right ears of all groups were compared, it was found that the latency between the left and right ears of the Juvenile group had statistical significance ($P < 0.05$), and the amplitude difference was not statistically significant ($P > 0.05$), while the latency and amplitude differences between the left and right ears of other groups had no statistical significance ($P > 0.05$). There were also no significant differences in latency and amplitude between men and women ($P > 0.05$). **Conclusion:** There was no statistically significant difference in the latency and amplitude of mismatched negative among normal hearing subjects of different ages, and no statistically significant difference in the MMN latency and amplitude between the left and right ears of subjects and between men and women. Therefore, the study inferred that the auditory cerebral cortex of subjects aged 7-75 years old maintained a stable state for a long time after maturity, and the latency and amplitude of mismatched negative waves were relatively stable. It is not affected by age, gender and ear side, and can stably reflect the auditory cortex function of the subjects. It has broad application prospects in clinical practice, and provides a reliable detection means for future research on the changes of the auditory cerebral cortex of patients, which is worthy of our further research and clinical promotion.

Key words mismatch negativity; auditory pathway; different age; normal hearing

失匹配负波 (mismatch negativity, MMN) 的产生来源于声音刺激的变化,经听觉系统传送至听觉大脑皮层,听觉大脑皮层并不依赖于受试者的主观注意力或反应^[1],由一系列重复出现的听觉刺激(即标准刺激)中偶尔穿插的偏差刺激所诱发,于刺激后的 100~250 ms 出现^[2],用偏差刺激诱发的负波与标准刺激诱发的负波相减所得的最大差异波即为 MMN。MMN 的主要产生部位为听觉大脑皮层,额叶皮层及海马等区域也参与 MMN 的产生^[3]。既往研究多针对某一年龄段 MMN 特点进行研究,本课题组之前已对正常听力儿童及青年 MMN 进行研究^[4],但缺乏各个年龄段 MMN 潜伏期及波幅统筹研究且缺乏潜伏期及波幅参考值。本研究加入了老年组患者,且对不同年龄段的 MMN 特点进行研究,探讨各个年龄段听力正常者 MMN 潜伏期及波幅是否存在差异,进一步了解听觉大脑皮层随年龄变化特点,为临床应用 MMN 提供参考值。

1 对象与方法

1.1 对象与纳入标准

本试验随机选取 100 例经听力筛选为听力正常受试者。纳入标准:①所有受试者在进行 MMN 检查前均完成纯音测听 (pure tone audiometry, PTA)、声导抗 (acoustic immittance, AI)、听性脑干反应 (auditory brainstem response, ABR) 且检查结果显示听力正常 (双耳各频率听阈均 < 25 dBHL, 声导抗 A 形图, ABR 阈值均 < 30 dB nHL); ②经耳鼻喉科临床医生检查,排除外耳道及中耳、内耳疾病; ③既往体健,无先天性疾病,均为右利手; ④排除药物应用及酗酒史; ⑤排除神经、精神及心理等相关疾病史; ⑥自愿参与本试验且完成全过程。根据不同年龄段将 100 例听力正常的受试者分为 4 组:未成年组 (7~17 岁)、青年组 (18~44 岁)、中年组 (45~59 岁)、老年组 (60~75 岁),见表 1。

1.2 研究方法

所有研究对象均无耳科疾病及其他相关疾病史,纳入研究受试者或其监护人充分了解本研究并签署知情同意书。

表 1 各组受试者一般资料

组别	平均年龄/岁	性别/例		侧别/例	
		男	女	左	右
未成年组	12.08±3.96	13	12	25	25
青年组	26.64±1.75	11	14	25	25
中年组	50.12±3.73	14	11	25	25
老年组	65.80±5.03	13	12	25	25

1.2.1 PTA、AI、ABR 对 100 名受试对象 (男 51 例,女 49 例) 分别进行 PTA、AI、ABR 检查。PTA:在本地噪音符合国家标准的听力室内进行,采用上升法分别对 0.25、0.5、1.0、2.0、4.0、8.0 kHz 气导和骨导听阈进行测试,听觉刺激类型为纯音,各频率听阈均正常 (听阈 ≤ 25 dB HL)^[5]。AI:使用阻抗听力计 AT235 h (Interacoustics A/S, MADSEN Zodiac901, Denmark) 进行。根据患者外耳道大小选择合适的耳塞,并将 226 Hz 的探头插入受试者的外耳道入口,获得鼓室测量曲线。所有受试者鼓室导抗图均为 A 型。ABR 均正常 (阈值 ≤ 35 dB nHL)。

1.2.2 MMN MMN 测试是在一个声学及电处理的隔音电屏蔽室内进行,本底噪声 < 20 dB(A)。应用丹麦 ICS Chart EP 200 听觉诱发电位系统分别对不同年龄段的 4 组受试对象进行 MMN 测试。测试时,受试者选取一个舒适坐位,全身心放松,保持安静,自由选择一个无声视频分散测试者注意力使其保持清醒状态。电极片连接部位为:眉间电极接地,前额正中发际接记录电极,双耳后乳突处接参考电极,各极间电阻 < 5 K Ω 。以经典的 Oddball 范式呈现刺激,刺激声为短纯音,刺激声强为 90 dB nHL,单

耳给声。标准刺激事件呈现概率为 80%，频率为 1 000 Hz；偏差刺激事件以随机方式出现，呈现概率为 20%，频率为 2 000 Hz。该设备允许至少 1 000 次刺激，但本研究在至少 400 次的时候停止了测试。经电脑分析、去除伪迹、波形平滑等，最后将标准刺激减去偏差刺激获得波形在 100~250 ms 间出现的最大差异波定为 MMN^[2]，分别测试受试者左右耳，观察并记录 MMN 的潜伏期及波幅。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析，对 4 组受试者的潜伏期及波幅结果的平均值以 $\bar{X} \pm S$ 表示，组内采用 *t* 检验，不同组间比较采用方差分析，左右耳之间比较采用配对样本 *t* 检验，男女之间比较采用两独立样本 *t* 检验，以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

100 例受试者均可正常引出 MMN 波形图。将各个组潜伏期及波幅进行比较，结果显示：不同年龄段正常听力者潜伏期及波幅差异无统计学意义，不同年龄段各组潜伏期均值比较差异无统计学意义 ($P = 0.15$)，各组波幅均值比较差异无统计学意义 ($P = 0.06$)，见表 2。另将不同年龄段左右耳潜伏期进行比较，结果显示波幅左右耳差异有统计学意义 ($P = 0.041$)，见图 1，所有参与试验者左耳平均潜伏期： (164.56 ± 31.97) ms，右耳平均潜伏期： (173.08 ± 31.56) ms。在对各个组内部进行分析时发现潜伏期在未成年组左右耳间差异有统计学意义，其他组左右耳间潜伏期比较差异无统计学意义。对不同性别的 MMN 进行比较，平均潜伏期及波幅差异亦无统计学意义 ($P = 0.286$)。

表 2 各组潜伏期及波幅比较 $\bar{X} \pm S$

分组	平均潜伏期/ms	平均波幅/ μV
未成年组	159.70 \pm 20.34	4.34 \pm 2.26
青年组	166.01 \pm 28.67	3.70 \pm 2.28
中年组	175.16 \pm 37.24	2.69 \pm 0.84
老年组	178.03 \pm 14.37	2.11 \pm 0.70
<i>P</i>	0.15	0.06

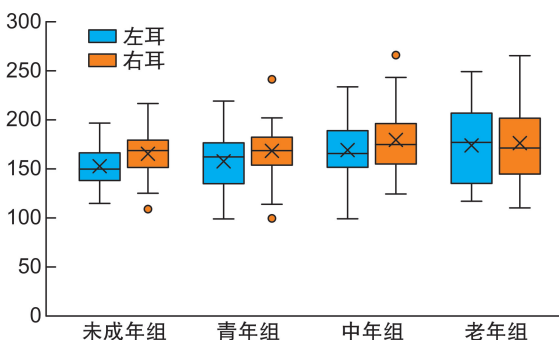


图 1 左右耳 MMN 潜伏期比较

男性 MMN 平均潜伏期为 (171.25 ± 20.61) ms，波幅为 (3.17 ± 1.75) μV ；女性为 (167.61 ± 28.99) ms，波幅为 (3.66 ± 1.06) μV ，男女性的平均潜伏期和波幅比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

3 讨论

听觉诱发电位 (auditory evoked potentials, AEPs) 是反映声音刺激引起听觉大脑皮层活动的一种电信号^[6]，通过脑电波的活动以反应听觉皮层的变化。MMN 是 AEPs 众多成分中的一种^[7]，是听觉事件相关电位的一个重要成分，MMN 反映了大脑对刺激的加工过程，MMN 的产生并非刺激本身诱导的，而是由不同刺激间的差异诱发的，在众多领域：精神病学 (精神分裂症、癫痫)、心理学 (认知障碍) 和神经病学 (意识障碍) 等领域都有重要的研究价值^[8-10]。精神分裂症患者大脑皮层功能受损，从而造成神经递质的传递受损，有研究认为 MMN 主要由皮层生长抑素阳性的 γ -氨基丁酸能神经元与锥体细胞通过离子型受体相互作用产生，因此精神分裂症的患者可以发现 MMN 成分受到相应程度的损伤^[11-12]。张景华等^[13]认为 MMN 的潜伏期可以作为神经电生理指标来辅助识别轻度认知功能障碍。本研究主要聚焦于 MMN 听觉大脑皮层相关电位变化，以进一步了解不同年龄段正常听力者听觉大脑皮层的情况。

MMN 现象的产生是基于之前声音刺激所形成的感觉记忆的存在，因此 MMN 现象的产生可以作为这些记忆痕迹的探针。听觉皮层中颞叶听皮层是最高级的听觉信息整合中枢^[14]，对复杂的语音信息以及声音信息的变化进行精确的分辨、处理以及加工。Brickman 等^[15]研究指出年龄是中枢系统衰老凋亡的一个重要因素，随着年龄的增加参与反应的大脑神经元数量逐渐减少，听觉中枢对语音信息的分析、处理速度下降，尤其对于复杂信息的处理能力减弱尤为明显，因此本研究以不同年龄段分组，未成年组 (7~17 岁)、青年组 (18~44 岁)、中年组 (45~59 岁)、老年组 (60~75 岁) 各 25 例，探讨不同年龄段之间 MMN 平均潜伏期及波幅差异。同时本试验还扩展了左右耳及男女之间的 MMN 比较，探讨不同耳及男女之间的听觉大脑皮层差异。此外，Schwade 等^[16]对 18~29 岁正常听力成年人进行研究，发现左利手和右利手 MMN 之间有显著的统计学差异，左利手的右耳潜伏期明显高于右利手，而在振幅上未发现这些差异。因此本研究为排除左右利手的影响，均采用右利手的正常听力受试者，能更好地明确性别、不同耳侧对 MMN 结果的影响。

本研究中未成年组、青年组、中年组、老年组听觉失匹配负波的潜伏期与波幅均不存在统计学差

异,而且所有受试者均能稳定地引出 MMN 波形。本研究组既往对正常听力儿童及青年进行失匹配负波的研究发现所有受试者均可正常引出 MMN 波形^[4],在进行比较时发现 2 组 MMN 平均潜伏期及波幅均无明显差异,与本研究结果一致,本研究中未成年组选取的受试对象同样为 7~17 岁,儿童后期至青春期 MMN 的潜伏期与成年人相似,根据本课题组既往的研究发现该年龄段(7~17 岁)的人群听觉通路已发育成熟,但本课题组缺少 7 岁以下儿童的研究数据,是本研究的不足之处,下一步课题组将逐步开展 7 岁以下年龄儿童 MMN 研究。Buraneli 等^[17]研究结果表明老年人 MMN 潜伏期以及波幅与正常成年人比较未见明显差异,且老年人左右耳之间潜伏期差异无统计学意义,此外该研究还扩展了男女性之间的 MMN 比较,发现男女潜伏期在左右耳之间未见明显差异,与本研究结果一致。本研究中老年组 MMN 潜伏期及波幅与其他组无明显差异,因此认为老年组听觉大脑皮层 MMN 依旧稳定。研究表明,>75 岁的患者听觉辨别能力明显降低,且老年性聋的发生率明显增加。据世界卫生组织统计,>75 岁老年性聋的发生率为 34.8%~43.6%,>85 岁老年性聋的发生率高达 51.8%^[18],究其原因包括外在原因及内在原因,外在原因考虑随诊年龄增长导致噪音暴露时间延长、各种耳毒性药物剂量累计、病毒感染以及长期慢性刺激(吸烟、酗酒)等,内在因素包括基因水平、细胞水平、组织水平的各个方面发生的变化。故本研究选取 7~75 岁听力正常者作为研究对象,排除了听觉皮层未达成熟的时期以及随着年龄的增长言语识别能力减退的老年性聋时期。结合上述分析,推断 MMN 结果与受试者听觉通路的成熟情况有关,与年龄的差异可能无关。

同时本研究发现受试者左右耳之间 MMN 潜伏期及波幅差异无统计学意义,但对各个组的左右耳进行比较时,发现未成年组左右耳潜伏期差异有统计学意义,左耳平均潜伏期为(153.11±21.15)ms,右耳平均潜伏期为(166.09±23.79)ms,其余各组左右耳之间差异无统计学意义。针对 5~11 岁儿童研究结果发现左右耳之间平均潜伏期差异无统计学意义^[2],Schwade 等^[16]对 18~29 岁正常听力者左右耳进行 MMN 研究时认为正常听力男女左右耳间 MMN 潜伏期差异无统计学意义,此研究也把左右利手纳入研究范围,结果表明左利手的右耳潜伏期明显高于右利手,这需要本课题组下一步继续研究。本研究发现未成年组左右耳潜伏期差异有统计学意义,究其原因可能为:①尽管纳入的未成年听觉大脑皮层已趋向成熟,但优势大脑皮层仍需在后天的学习中逐步建立;②考虑到研究人员数量有限,可能存在结果的偏倚;③未成年者由

于定力不足依从性较差,无法独立长时间留在封闭的房间内,需要反复多次进行数据采集。亦有研究采用行为测听方法对儿童听觉通路进行探究,采用心理物理测试方法对听力通路进一步研究^[19],因此认为今后可结合行为测听方法,进一步探讨儿童听觉通路特点。

本研究中 MMN 潜伏期在性别之间差异无统计学意义,女性组平均潜伏期为(167.606±28.99)ms,男性组为(171.25±20.61)ms,该结果证实了早前的研究^[20],此研究在振幅之间也未发现统计学差异,与本研究结果一致。在对 5~11 岁儿童进行研究时认为无证据证明儿童性别之间 MMN 平均潜伏期存在差异。但有研究表明性别之间存在神经电生理的差异^[21-22],尤其是在语言能力方面认为女性有着更强的语言能力^[23],研究表明,女性的 MMN 波幅大于男性,而男性的潜伏期高于女性^[21]。此外左利手、右利手的差别对 MMN 值也存在影响,研究表明左大脑半球主要负责分析语言声音,而对于音乐、有节奏的声音等主要由右侧大脑半球负责^[24]。由左耳听到的声音主要由对侧的右侧大脑半球进行分析处理,因此认为左利手者左耳听到的声音处理能力要强于右耳,当然右利手者也亦如此,不过这些差别只发生在语音对比的刺激上,女性对识别声音时间谱上的差异更敏感,这与语音对比的听觉辨别有关^[19-20]。

总之,不同年龄段正常听力者 MMN 平均潜伏期差异无统计学意义,左右耳及男女之间 MMN 潜伏期及波幅差异亦无统计学意义,不同年龄段正常听力者听觉皮层自发育成熟后的长时间内处于稳定的状态,并未随年龄的增长发生可塑性变化,MMN 作为听力学评价工具性质稳定,可作为日后研究听力学相关变化如老年性聋、突发性聋等的辅助工具,但是由于目前对于 MMN 的研究只是在研究与言语识别的相关性,对言语识别的基础内在研究目前还不够,对不同年龄段正常听力者 MMN 研究较少,由于参考文献有限,因此不可避免地存在一些偏倚。对于不同年龄段、不同性别及左右利手的研究仍缺乏,对 MMN 在突聋、老年性聋方面的研究较少,未来有望进一步深入研究,以进一步了解听觉皮层发育、成熟、重塑及衰老的过程,对听力学研究提供更多参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Ross JM, Hamm JP. Cortical Microcircuit Mechanisms of Mismatch Negativity and Its Underlying Subcomponents [J]. *Front Neural Circuits*, 2020,14:13.
- [2] Ferreira DA, Bueno CD, de Costa SS, et al. Mismatch Negativity in Children: Reference Values[J]. *Int Arch Otorhinolaryngol*, 2019,23(2):142-146.

- [3] 刘浩强,赵立东.失匹配负波(MMN)对听觉中枢言语识别功能的评估[J].中华耳科学杂志,2018,16(2):227-233.
- [4] 朱斌,孟子坤,胡萍萍,等.正常听力儿童及青年失匹配负波研究[J].听力学及言语疾病杂志,2021,29(1):25-28.
- [5] 朱斌,王鸿南,马莲,等.84例唇腭裂患者听觉失匹配负波的研究[J].中华耳科学杂志,2017,15(1):66-70.
- [6] Radeloff A, Cebulla M, Shehata-Dieler W. Akustisch evozierte Potenziale: Grundlagen und klinische Anwendung[Auditory evoked potentials: basics and clinical applications]. Laryngorhinootologie, 2014, 93(9): 625-637.
- [7] Paavilainen P. The mismatch-negativity(MMN) component of the auditory event-related potential to violations of abstract regularities: a review[J]. Int J Psychophysiol, 2013, 88(2): 109-123.
- [8] Fitzgerald K, Todd J. Making Sense of Mismatch Negativity[J]. Front Psychiatry, 2020, 11: 468.
- [9] van der Stelt O, van Boxtel GJ. Auditory P300 and mismatch negativity in comatose states[J]. Clin Neurophysiol, 2008, 119(10): 2172-2174.
- [10] Horikoshi S, Shiga T, Hoshino H, et al. The Relationship between Mismatch Negativity and the COMT Val108/158Met Genotype in Schizophrenia[J]. Neuropsychobiology, 2019, 77(4): 192-196.
- [11] Womelsdorf T, Valiante TA, Sahin NT, et al. Dynamic circuit motifs underlying rhythmic gain control, gating and integration[J]. Nat Neurosci, 2014, 17(8): 1031-1039.
- [12] Javitt DC, Freedman R. Sensory processing dysfunction in the personal experience and neuronal machinery of schizophrenia[J]. Am J Psychiatry, 2015, 172(1): 17-31.
- [13] 张景华,李沫,傅新星,等.轻度认知功能障碍对老年人长潜伏期听觉诱发电位影响的研究[J].中国耳鼻咽喉头颈外科,2023,30(4):212-216.
- [14] Jaramillo S, Zador AM. The auditory cortex mediates the perceptual effects of acoustic temporal expectation[J]. Nat Neurosci, 2011, 14(2): 246-251.
- [15] Brickman AM, Meier IB, Korgaonkar MS, et al. Testing the white matter retrogenesis hypothesis of cognitive aging[J]. Neurobiol Aging, 2012, 33(8): 1699-1715.
- [16] Schwade LF, Didoné DD, Sleifer P. Auditory Evoked Potential Mismatch Negativity in Normal-Hearing Adults[J]. Int Arch Otorhinolaryngol, 2017, 21(3): 232-238.
- [17] Buranelli G, Barbosa MB, Garcia CF, et al. Mismatch Negativity(MMN) response studies in elderly subjects[J]. Braz J Otorhinolaryngol, 2009, 75(6): 831-838.
- [18] 刘玉和.老年性聋与听觉认知功能障碍[J].中国听力语言康复科学杂志,2022,20(4):241-245.
- [19] 湛国会,丁海娜,史伟,等.行为测听在儿童主观听力评估中的应用[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2023,37(3):173-176.
- [20] Bortoleto Brossi A, Cristina Borba K, Dutra Garcia CF, et al. Verification of the Mismatch Negativity (MMN) responses in normal adult subjects[J]. Braz J Otorhinolaryngol, 2007, 73(6): 793-802.
- [21] Ikezawa S, Nakagome K, Mimura M, et al. Gender differences in lateralization of mismatch negativity in dichotic listening tasks[J]. Int J Psychophysiol, 2008, 68(1): 41-50.
- [22] Aerts A, van Mierlo P, Hartsuiker RJ, et al. Sex Differences in Neurophysiological Activation Patterns During Phonological Input Processing: An Influencing Factor for Normative Data[J]. Arch Sex Behav, 2015, 44(8): 2207-2218.
- [23] Voyer D. Sex differences in dichotic listening[J]. Brain and Cognition, 2011, 76(2): 245-255.
- [24] Garrido MI, Kilner JM, Stephan KE, et al. The mismatch negativity: a review of underlying mechanisms[J]. Clin Neurophysiol, 2009, 120(3): 453-463.

(收稿日期:2023-09-09)