

4 ~ 16 岁正常儿童事件相关电位发育规律

郝汇睿 崔晓冰 李恩耀 董献文

摘要 **目的** 研究 4 ~ 16 岁正常儿童事件相关电位 (event - related potentials, ERPs) 中的经典成分失匹配负波 (MMN)、认知电位 P300 及感觉门控 P50 的发育规律。**方法** 收集 2019 年 4 月 ~ 2021 年 6 月在郑州大学第五附属医院门诊招募的正常儿童 130 例,按年龄分为 4 ~ 6 岁、7 ~ 9 岁、10 ~ 12 岁和 13 ~ 16 岁共 4 个组。ERPs 成分包括 MMN、P300 及 P50 各波潜伏期及波幅。**结果** MMN 潜伏期与年龄未见明显相关性,组间比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$);波幅与年龄呈负相关,组间比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$);P300 外源性反应电位及 P3a 潜伏期与年龄呈负相关 ($P < 0.05$),P3b 潜伏期及波幅变化不显著 ($P > 0.05$);P50 比值随年龄增长而下降 ($P < 0.05$)。**结论** ERPs 各波潜伏期及波幅与年龄具有一定相关性,与儿童理解、注意、认知等能力的提高密不可分,适宜在临床上广泛应用。

关键词 事件相关电位 正常儿童 相关性

中图分类号 R179

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2022.03.010

Developmental regularities of event - related potentials in normal children aged 4 - 16 years. HAO Huirui, CUI Xiaobing, LI Enyao, et al. The Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Henan 450052, China

Abstract **Objective** To investigate the developmental regularities of the classical component mismatch negative (MMN), cognitive potential P300 and sensory gating P50 in event - related potentials (ERPs) in normal children aged 4 - 16 years. **Methods** A total of 130 normal children recruited in the outpatient department of the Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University from April 2019 to June 2021 were divided into 4 groups according to ages: which was 4 - 6, 7 - 9, 10 - 12 and 13 - 16 years old. The components of ERPs include the latency and amplitude of MMN, P300 and P50. **Results** MMN latency was not significantly correlated with age, and there was no significant difference between groups ($P > 0.05$); MMN amplitude was negatively correlated with age, and the difference between groups was statistically significant ($P < 0.05$); the latency of P300 of exogenous components and P3a was negatively correlated with age ($P < 0.05$), but the latency and amplitude of P3a and P3b did not change significantly ($P > 0.05$); P50 ratio decreased with age ($P < 0.05$). **Conclusion** The latency and amplitude of ERPs are correlated with age, which are closely related to the improvement of children's understanding, attention, cognition and other abilities, so it is suitable for wide clinical application.

Key words Event - related potentials; Normal children; Correlation

事件相关电位 (event - related potentials, ERPs) 作为一种常见的神经电生理检测技术,与人体心理认知加工具有“锁时”关系,能够反映感觉信息的接收和处理,并涉及选择性注意、记忆更新、语义理解和其他类型认知活动更高层次的处理^[1,2]。ERPs 成分众多,经典的包括失匹配负波 (mismatch negativity, MMN)、P300、感觉门控 (sensory gating, SG) P50 等。每个成分均有不同的临床意义,MMN 是人

类大脑中可辨别发育最早的 ERP 成分,反映大脑对知觉环境变化的前注意自动感知^[3]。P300 为认知电位,与人的知觉、注意、记忆等认知活动密切相关。P50 是反映中枢神经系统抑制功能的一个可靠指标^[4]。

有研究显示,正常儿童 ERPs 成分的潜伏期及波幅不同于成人,说明不同年龄发育水平的儿童 ERPs 表现不同。目前,尚无临床研究将多个 ERPs 成分融入一项研究中进行观察,本研究立足于此,纳入 MMN、P300 及 P50 3 个重要的 ERPs 成分,研究其与年龄的相关性,进一步探讨正常儿童 ERPs 的发育规律,以期 ERPs 在今后临床及科研工作中的进一步广泛应用奠定基础。

对象与方法

1. 研究对象:选取 2019 年 4 月 ~ 2021 年 6 月在

基金项目:河南省自然科学基金资助项目(面上项目)(212300410399);河南省医学科技攻关计划联合共建项目(LHGJ20190430);河南省教育厅项目(21A320058)

作者单位:450052 郑州大学第五附属医院儿童康复科(郝汇睿、李恩耀、董献文),康复科(崔晓冰)

通信作者:李恩耀,电子信箱:13526676676@126.com

郑州大学第五附属医院门诊招募的正常儿童 130 例。分为 4~6 岁(男性 18 例、女性 12 例),7~9 岁(男性 17 例、女性 13 例),10~12 岁(男性 16 例、女性 14 例)和 13~16 岁(男性 20 例、女性 20 例)共 4 个组。各组患儿在性别、年龄方面比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。本研究获郑州大学第五附属医院医学伦理学委员会批准(伦理审查编号:KY2020020),所有受试人及监护人均同意参加本研究,获得受试监护人知情同意。

2. 纳入标准:所有儿童均在笔者医院儿童康复科门诊进行韦氏学龄前儿童智力量表或韦氏儿童智力量表测试,测出智商(intelligent quotient, IQ),要求:①IQ ≥ 85 分,分别记录言语智商(verbal intelligent quotient, VIQ)、操作智商(performance intelligent quotient, PIQ)、总智商(final intelligent quotient, FIQ)(表 1);②精神状况良好,身心健康,既往无神经、精神疾病史。

3. 排除标准:①伴有视听觉障碍;②认知障碍类疾病如智力低下;③神经系统疾病如头痛等;④中枢神经系统感染类疾病;⑤精神心理性疾病如焦虑障碍、对立违抗和品行障碍、抽动障碍等。

4. 病例剔除标准:检测过程中突发意外情况或不能配合任务,无法完成检查者。

5. ERPs 测定方法:仪器设备为日本光电肌电诱发电位仪(MEB-2306C)。按照国际指南,根据 10~20 国际脑电图标准,记录电极位于前额叶 Fz、顶叶 Cz,参考电极并联后置于双侧耳后乳突,地线位于 Fz 与额极中线 FPz 中线之间^[5]。阻抗 $<5\text{k}\Omega$ 。其中,MMN 及 P300 检测均采用被动听觉 oddball 范式刺激诱发,通过立体声音耳机左右同时给予出现概率为 80% 的 2000Hz 纯音和出现概率为 20% 的 1000Hz 纯音,分别作为标准刺激和偏离刺激。刺激持续 100ms,间隔时间 100ms,刺激声强度为 60dB 和 80dB,检测 MMN 时不要求儿童对刺激作出任何反应,刺激总数为 40 次;检测 P300 时,要求儿童对耳机中所听到的高音进行按键反应。MMN、P300 记录时

滤波带通为 0.1~50Hz。

P50 采用完全相同的条件-测试成对重复序列刺激诱发,即 S1-S2 短声刺激,S1 为条件刺激,S2 为测试刺激,S1 与 S2 之间具有一定时间的刺激间隔(inter stimulus interval, ISI),ISI 为 500ms,每对短声间隔 10s,105dB 刺激强度。P50 检测时分析时间 30ms/div,滤波带通为 10~200Hz,敏感度为 10 $\mu\text{V}/\text{div}$,S1 和 S2 刺激反应叠加 16~32 次,在检测中不要求患者对刺激做出任何反应。

6. 统计学方法:采用 GraphPad Prism8.0 统计学软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用 t 检验,相关性分析采用 Pearson 相关性分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般资料描述性分析:本研究共纳入 130 例 4~16 岁正常儿童,其中男性 71 例,女性 59 例,各组之间年龄、性别比较,差异无统计学意义($P>0.05$),韦氏测验结果显示,所有儿童 IQ ≥ 85 分,4~6 岁儿童 VIQ 为 105.70 $\pm$ 12.33 分,PIQ 为 103.50 $\pm$ 9.89 分,FIQ 为 165.17 $\pm$ 9.93 分。7~16 岁儿童 VIQ 为 99.93 $\pm$ 15.10 分,PIQ 为 110.66 $\pm$ 14.59 分,FIQ 为 105.68 $\pm$ 13.14 分。

2. 无意注意 MMN 及 P50 潜伏期及波:经典 oddball 刺激范式下,MMN 潜伏期:Cz 部位 MMN 潜伏期 4~6 岁与 7~9 岁组比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。MMN 波幅:Cz 波幅各组比较差异有统计学意义($P<0.05$);Fz 波幅 4~6 岁与 13~16 岁,10~12 岁与 13~16 岁组比较,差异有统计学意义(P 值分别为 <0.0001 , <0.05)。P50 潜伏期:7~9 岁与 13~16 岁组儿童 P50 潜伏期比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。P50 波幅:4~6 岁分别与 7~9 岁、13~16 岁组 S1 波幅比较,差异有统计学意义(P 值分别为 <0.01 , <0.05)。S2/S1:4~6 岁分别与 10~12 岁组、13~16 岁组比较,差异有统计学意义(P 均 <0.05 ,表 1~表 3)。

表 1 4~16 岁儿童 MMN 及 P50 数值($\bar{x}\pm s$)

组别	Cz 潜伏期(ms)	Cz 波幅(μV)	Fz 潜伏期(ms)	Fz 波幅(μV)	S1-P50(ms)	S1 波幅(μV)	S2-P50(ms)	S2 波幅(μV)	S2/S1
4~6 岁	184.43 $\pm$ 20.73	10.51 $\pm$ 7.47	182.37 $\pm$ 22.14	11.90 $\pm$ 7.39	53.77 $\pm$ 13.61	10.15 $\pm$ 4.19	53.62 $\pm$ 15.35	4.68 $\pm$ 1.94	0.51 $\pm$ 0.26
7~9 岁	198.13 $\pm$ 23.32	7.94 $\pm$ 6.41	193.03 $\pm$ 25.69	9.51 $\pm$ 7.94	50.35 $\pm$ 12.94	14.08 $\pm$ 5.79	48.89 $\pm$ 12.57	5.51 $\pm$ 2.49	0.42 $\pm$ 0.17
10~12 岁	188.27 $\pm$ 16.61	7.82 $\pm$ 5.23	189.07 $\pm$ 18.82	9.42 $\pm$ 5.58	51.06 $\pm$ 11.80	12.54 $\pm$ 6.22	52.91 $\pm$ 16.80	4.51 $\pm$ 2.35	0.38 $\pm$ 0.13
13~16 岁	187.13 $\pm$ 23.61	5.97 $\pm$ 5.36	188.25 $\pm$ 21.15	6.39 $\pm$ 5.13	56.16 $\pm$ 10.25	13.55 $\pm$ 7.51	50.92 $\pm$ 14.50	5.00 $\pm$ 2.36	0.40 $\pm$ 0.11

表 2 4 ~ 16 岁儿童 MMN 及 P50 组间对比 (*P* 值)

组别	Cz 潜伏期	Cz 波幅	Fz 潜伏期	Fz 波幅	S1 – P50	S1 波幅	S2 – P50	S2 波幅	S2/S1
4 ~ 6 岁 vs									
7 ~ 9 岁	0. 019	0. 002	–	–	–	0. 004	–	–	–
10 ~ 12 岁	–	0. 002	–	–	–	–	–	–	0. 017
13 ~ 16 岁	–	< 0. 001	–	0. 005	–	0. 029	–	–	0. 013
7 ~ 9 岁 vs									
10 ~ 12 岁	–	0. 003	–	–	–	–	–	–	–
13 ~ 16 岁	–	< 0. 001	–	–	0. 040	–	–	–	–
10 ~ 12 岁 vs									
13 ~ 16 岁	–	< 0. 001	–	0. 021	–	–	–	–	–

表 3 4 ~ 16 岁儿童年龄与 ERPs 相关性

项目	MMN – Cz	Cz 波幅	MMN – Fz	Fz 波幅	S1 – P50	S1 波幅	S2 – P50	S2 波幅	S2/S1	Fz – N1	Fz – P2	Fz – N2	Fz – P3a
<i>r</i>	–0.03	–0.24	0.04	–0.31	0.14	0.14	–0.01	0.00	–0.24	–0.34	–0.17	–0.20	–0.23
<i>P</i>	>0.05	<0.01	>0.05	<0.001	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.01	<0.0001	<0.05	<0.05	<0.05
项目	Fz – P3b	P3a 波幅	P3b 波幅	Cz – N1	Cz – P2	Cz – N2	Cz – P3a	Cz – P3b	P3a 波幅	P3b 波幅	反应时	准确率	
<i>r</i>	–0.04	–0.02	–0.04	–0.31	–0.22	–0.10	–0.11	0.07	–0.20	0.07	–0.63	0.24	
<i>P</i>	>0.05	>0.05	>0.05	<0.001	<0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.0001	<0.01	

3. 认知电位 P300 各波潜伏期及波幅:外源性电位 N1、P2、N2 及 Fz 部位的 P3a、P3b 潜伏期组间比较,差异有统计学意义 (*P* < 0. 05)。Fz 部位的 P3a 及 P3b 波幅及 Cz 部位的 P3b 波幅组间比较,差异无统

计学意义 (*P* > 0. 05), Cz 部位的 P3a 波幅 4 ~ 6 岁分别与 7 ~ 9 岁、10 ~ 12 岁组比较,差异有统计学意义 (*P* 均 < 0. 05,表 3 ~ 表 5)。

表 4 4 ~ 16 岁儿童 P300 数值 ($\bar{x} \pm s$)

组别	Fz – N1	P2	N2	P3a	P3b	P3a 波幅 (μ V)	P3b 波幅 (μ V)	Cz – N1
4 ~ 6 岁	125. 00 $\pm$ 31. 33	169. 97 $\pm$ 41. 59	216. 70 $\pm$ 38. 23	327. 20 $\pm$ 28. 97	374. 93 $\pm$ 27. 77	12. 38 $\pm$ 6. 70	12. 73 $\pm$ 4. 27	124. 43 $\pm$ 33. 74
7 ~ 9 岁	112. 60 $\pm$ 25. 24	157. 90 $\pm$ 24. 06	210. 30 $\pm$ 26. 01	314. 17 $\pm$ 23. 70	356. 33 $\pm$ 22. 00	11. 24 $\pm$ 6. 23	13. 50 $\pm$ 8. 13	113. 07 $\pm$ 23. 25
10 ~ 12 岁	105. 17 $\pm$ 17. 31	153. 37 $\pm$ 20. 92	214. 10 $\pm$ 26. 03	316. 57 $\pm$ 25. 10	364. 40 $\pm$ 22. 63	11. 37 $\pm$ 8. 80	12. 97 $\pm$ 7. 74	106. 27 $\pm$ 17. 97
13 ~ 16 岁	101. 83 $\pm$ 21. 37	156. 75 $\pm$ 26. 15	199. 75 $\pm$ 26. 35	310. 63 $\pm$ 20. 00	362. 68 $\pm$ 18. 66	11. 78 $\pm$ 6. 51	12. 06 $\pm$ 5. 58	103. 08 $\pm$ 18. 90
组别	P2	N2	P3a	P3b	P3a 波幅 (μ V)	P3b 波幅 (μ V)	反应时 (ms)	准确率 (%)
4 ~ 6 岁	165. 90 $\pm$ 36. 75	216. 20 $\pm$ 36. 08	318. 60 $\pm$ 25. 16	369. 40 $\pm$ 26. 16	11. 34 $\pm$ 6. 32	11. 30 $\pm$ 5. 80	1210. 40 $\pm$ 359. 42	86. 34 $\pm$ 18. 21
7 ~ 9 岁	161. 07 $\pm$ 24. 76	210. 57 $\pm$ 31. 69	316. 33 $\pm$ 18. 02	365. 60 $\pm$ 22. 60	12. 85 $\pm$ 6. 69	14. 33 $\pm$ 7. 46	922. 93 $\pm$ 215. 18	96. 37 $\pm$ 4. 44
10 ~ 12 岁	142. 67 $\pm$ 23. 55	205. 50 $\pm$ 25. 67	308. 00 $\pm$ 28. 34	362. 80 $\pm$ 33. 64	11. 38 $\pm$ 7. 55	14. 01 $\pm$ 9. 00	753. 33 $\pm$ 207. 14	95. 55 $\pm$ 7. 30
13 ~ 16 岁	148. 25 $\pm$ 26. 61	205. 95 $\pm$ 29. 26	306. 85 $\pm$ 22. 36	363. 10 $\pm$ 17. 43	11. 84 $\pm$ 5. 93	13. 63 $\pm$ 4. 78	710. 53 $\pm$ 168. 15	98. 26 $\pm$ 2. 18

表 5 4 ~ 16 岁儿童 P300 组间对比 (*P* 值)

组别	Fz – N1	Fz – P2	Fz – N2	Fz – P3a	Fz – P3b	Fz – P3a 波幅	Fz – P3b 波幅	Cz – N1	Cz – P2	Cz – N2	Cz – P3a	Cz – P3b	Cz – P3a 波幅	Cz – P3b 波幅	反应时	准确率
4 ~ 6 岁 vs																
7 ~ 9 岁	–	–	–	–	0. 006	–	–	–	–	–	–	–	0. 002	–	< 0. 001	–
10 ~ 12 岁	0. 004	–	–	–	–	–	–	0. 012	0. 005	–	–	–	0. 003	–	< 0. 001	–
13 ~ 16 岁	< 0. 001	–	0. 032	0. 006	0. 031	–	–	0. 001	0. 023	–	0. 043	–	–	–	< 0. 001	0. 048
7 ~ 9 岁 vs																
10 ~ 12 岁	–	–	–	–	–	–	–	–	0. 005	–	–	–	–	–	–	–
13 ~ 16 岁	–	–	–	–	–	–	–	–	0. 044	–	–	–	–	–	< 0. 001	0. 022
10 ~ 12 岁 vs																
13 ~ 16 岁	–	–	0. 027	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0. 003	0. 030

4. ERPs 与年龄相关性分析:MMN 潜伏期与年龄未见明显相关性 (*P* > 0. 05),波幅与年龄呈负相关

(*P* < 0. 05);P300 外源性反应电位及 P3a 潜伏期与年龄呈负相关 (*P* < 0. 05),P3b 潜伏期及 P3a、P3b 波

幅与年龄无相关性($P > 0.05$);P50 比值与年龄呈负相关($P < 0.05$)。反应时及准确率表现为随年龄增长反应时下降,准确率提高($P < 0.05$,表 3)。

5. 配合度:所有儿童均能在安静及注意力集中的情况下完成任务。

讨 论

1. ERPs:人脑在接受内部和外界众多复杂刺激时会使脑电活动产生相应改变,ERPs 基于现代心理学原理,呈现出与刺激事件呈“锁时”关系的脑电活动。反映出大脑对外界事物信息的认知加工过程。ERPs 最早于 1965 年由 Sutton 提出,为大脑认知功能的客观检测技术提供了一个观察脑内心理活动的直接窗口,已被广泛用于视知觉、注意、记忆、语言等多领域研究。ERPs 取决于复杂的脑神经连结网络的功能,并反映人脑机能结构的功能。ERPs 可作为多种功能性及器质性损伤严重程度的测量手段,并且在疾病的恢复及预后方面也有较大价值。

2. ERPs 各成分:MMN 不依赖于注意,在非注意条件下亦能产生,是一种反映大脑自动加工的认知 ERPs 成分,反映大脑对知觉环境变化的前注意自动感知^[6]。研究发现,MMN 随年龄增长,潜伏期缩短,波幅降低^[7]。本研究未呈现明显的潜伏期下降趋势,Cz 部位波幅下降趋势明显。Shafer 等^[8]研究发现,4 岁以后儿童与成人之间的 MMN 差异已不明显,表明 4 岁儿童的 MMN 发育已接近成人水平。但儿童 MMN 额叶部分相对于大脑其他部分,髓鞘化时间最长,因而成熟更晚,表现在儿童 MMN 额区成分成熟也晚,即本研究中 Fz 部位波幅下降趋势较小^[9]。

SG 指大脑在被动注意状态下,能够抑制无关感觉刺激的输入。SG 缺失是大脑不能过滤无关感觉刺激,过多无关刺激信息使大脑淹没或超载,导致超负荷管理模式,影响大脑对有用信息的加工,容易出现注意力不集中及精神症状。P50 比值是反映中枢神经系统抑制功能的一个可靠指标,比值越小抑制作用越强。研究表明健康儿童 P50 具有相对稳定性^[10]。Hutchison 等^[11]研究发现,P50 在婴儿期即开始发育,P50 缺失的婴儿日后与注意力相关的疾病患病率提高。成人 P50 比值一般为 0.4~0.5,大多数低于 0.4^[12,13]。P50 加工在 5 岁儿童中已经成熟,且没有性别差异^[14]。本研究中低年龄组 P50 比值已达到 0.51,随年龄增长可见 P50 比值下降趋势,高年龄组已接近成人 P50 抑制水平。

P300(包括 P3a 和 P3b)属于晚成分波,与复杂的

多层次心理认知活动有关,是感知觉、注意、思维及智能等高级神经心理过程的电位变化反映,并涉及广泛皮质区域抑制过程的激活^[15]。P3a 与自下而上的注意力和新奇处理有关,P3b 与自上而下的注意力和记忆处理控制有关^[16]。P300 潜伏期反映被试者从接受信息刺激到大脑对信息加工认知过程的速度,潜伏期延长表明信息加工速度减慢。P300 波幅与刺激概率、刺激显著性、任务难度、动机和警惕性有关^[15]。Meta 分析显示,健康受试者 P300 潜伏期 22 岁之前随年龄增长而逐渐缩短,随后稍延长,而波幅的变化轨迹则与之相反,年龄拐点发生在 16 岁^[17]。P300 电位变化还可反映脑发育状况及脑的认知功能。P300 为多部分起源,与大脑皮质、顶叶、额叶、颞叶、海马等部位有关。本研究 P300 外源性电位及 P3a 潜伏期随年龄增长可见下降趋势,P3b 潜伏期及 P3a、P3b 波幅变化不显著,可能与文献研究中 22 岁及 16 岁年龄拐点相关,与 P3b 自上而下的加工成熟较晚相关,但本研究最大年龄组至 16 岁,无法看出确切的潜伏期及波幅年龄拐点。

3. 儿童 ERPs 的临床意义:ERPs 至今已应用 40 余年,并在实验和临床研究上取得很大发展。目前 ERPs 已扩大了儿童年龄及病种的应用,更小年龄段如新生儿、婴儿,更多疾病种类如多种原因所致缺氧缺血性脑病、早产、植物状态等已逐步开展应用。且其刺激范式也得到了很大补充,除经典范式外,结合声、光、感觉等多种刺激,加大应用范围,辅助用于多种疾病的诊疗评估。

4. 本研究的不足之处:本研究存在以下不足之处:①样本量偏小,130 例总量尚可,但考虑到分组较多,每一组的样本量相对较小,若进一步加大样本量,更能说明问题;②未能纳入一组成年组,有研究发现,P300 潜伏期的拐点发生在成年以后,如果纳入成人组,更能反映 P300 的潜伏期及波幅变化,更好地反应其发育轨迹。

综上所述,MMN 可能已于 4 岁前得到较为完善的发育,认知电位 P300 及感觉门控 P50 随年龄增长进一步完善发育。总体而言,随年龄增长,儿童的认知、理解及注意力等呈现不同程度的提高。ERPs 可作为今后临床工作中疾病诊疗及疗效评价的指标。

参考文献

- 1 Helfrich RF, Knight RT. Cognitive neurophysiology: event-related potentials[J]. *Handb Clin Neurol*, 2019, 160: 543-558
- 2 Kosonogov V, Martinez-Selva JM, Carrillo-Verdejo E, et al. Effects of social and affective content on exogenous attention as re-

- vealed by event - related potentials[J]. Cogn Emot, 2019, 33(4): 683 - 695
- 3 Fitzgerald K, Todd J. Making sense of mismatch negativity[J]. Front Psychiatry, 2020, 11: 468
- 4 Freedman R, Olsen - Dufour AM, Olincy A. P50 inhibitory sensory gating in schizophrenia: analysis of recent studies [J]. Schizophr Res, 2020, 218: 93 - 98
- 5 Duncan CC, Barry RJ, Connolly JF, *et al.* Event - related potentials in clinical research: guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400[J]. Clin Neurophysiol, 2009, 120(11): 1883 - 1908
- 6 Rydkjær J, Møllegaard JJ, Pagsberg AK, *et al.* Mismatch negativity and P3a amplitude in young adolescents with first - episode psychosis: a comparison with ADHD[J]. Psychol Med, 2017, 47(2): 377 - 388
- 7 高延, 洪琦, 郑希付, 等. 学龄前儿童听觉加工的发育性研究 [J]. 中国妇幼健康研究, 2018, 29(8): 950 - 953
- 8 Shafer VL, Yu YH, Datta H. Maturation of speech discrimination in 4 - to 7 - yr - old children as indexed by event - related potential mismatch responses[J]. Ear Hear, 2010, 31(6): 735 - 745
- 9 Linnavalli T, Putkinen V, Huottilainen M, *et al.* Phoneme processing skills are reflected in children's MMN responses[J]. Neuropsychologia, 2017, 101: 76 - 84
- 10 Hunter SK, Gillow SJ, Ross RG. Stability of P50 auditory sensory gating during sleep from infancy to 4 years of age[J]. Brain Cogn, 2015, 94: 4 - 9
- 11 Hutchison AK, Hunter SK, Wagner BD, *et al.* Diminished Infant P50 sensory gating predicts increased 40 - Month - Old attention, anxiety/depression, and externalizing symptoms[J]. J Atten Disord, 2017, 21(3): 209 - 218
- 12 Liu T, Xiao T, Shi J, *et al.* Sensory gating, inhibition control and child intelligence: an event - related potentials study [J]. Neuroscience, 2011, 189: 250 - 257
- 13 Ross RG, Stevens KE, Proctor WR, *et al.* Research review: cholinergic mechanisms, early brain development, and risk for schizophrenia[J]. J Child Psychol Psychiatr, 2010, 51(5): 535 - 549
- 14 Brinkman MJ, Stauder JE. Development and gender in the P50 paradigm[J]. Clin Neurophysiol, 2007, 118(7): 1517 - 1524
- 15 Campanella S, Pogarell O, Boutros N. Event - related potentials in substance use disorders: a narrative review based on articles from 1984 to 2012[J]. Clin EEG Neurosci, 2014, 45(2): 67 - 76
- 16 Fonken YM, Kam J, Knight RT. A differential role for human hippocampus in novelty and contextual processing: implications for P300 [J]. Psychophysiology, 2020, 57(7): e13400
- 17 Van Dinteren R, Arns M, Jongsma ML, *et al.* P300 development across the lifespan: a systematic review and Meta - analysis [J]. PLoS One, 2014, 9(2): e87347
- (收稿日期: 2021 - 09 - 23)
- (修回日期: 2021 - 09 - 25)

肺腺癌纵隔淋巴结转移的术前 CT 影像学 *Logistic* 回归模型建立及其临床预判价值

贾丽娜 贾胜利 沈丹平

摘 要 **目的** 建立肺腺癌纵隔淋巴结转移的术前 CT 影像学 *Logistic* 回归预测模型,并分析其临床预判价值。**方法** 回顾性分析 120 例肺腺癌患者的临床资料,总结术后病理 N 分期及纵隔淋巴结转移规律,建立纵隔淋巴结转移术前 CT 影像学特征的 *Logistic* 回归预测模型,并绘制 ROC 曲线分析预测效能。**结果** 肺腺癌术前临床 N 分期与术后病理 N 分期一致性一般。术后病理证实,55 例(45.83%)有纵膈淋巴结转移,N 分期占比由高到低依次为 $N_1 + N_2$ 、 N_0 、 N_1 及 N_2 期,且淋巴结转移最常发生在第 10 组、4 组及 7 组。较大的 CTR、淋巴结最大短径、淋巴结最大横截面积及动脉期增强 CT 值是纵隔淋巴结转移的独立危险因素。术前 CT 影像学联合预测因子预测纵隔淋巴结转移的 AUC、敏感度、特异性分别达 92.9%、83.6%、87.7%。**结论** 肺腺癌患者纵隔淋巴结转移发生率较高,存在多站转移、逐站转移及部分呈跳跃性转移的特征。建立 CT 影像学 *Logistic* 回归预测模型有助于提高纵隔淋巴结转移的术前诊断价值。

关键词 肺腺癌 纵隔 淋巴结转移 CT 回归模型

中图分类号 R445.3

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2022.03.011

Establishment of CT Imaging *Logistic* Regression Model for Mediastinal Lymph Node Metastasis of Lung Adenocarcinoma and Its Clinical

基金项目:2021 年度河北省医学科学研究课题计划(20210171)

作者单位:072750 保定市第二中心医院 CT 室

通信作者:贾丽娜,电子信箱:jln810819@163.com