

• 技术与方法 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2015.02.030

时间-空间标记反转脉冲序列在测量中脑导水管脑脊液的应用

朱灵梅¹,郭晓山²,杨 艺¹,肖云华¹,杨香琴¹

(1.重庆市渝北区人民医院放射科 401120;2.贵阳医学院附属医院放射科 550003)

摘要:目的 采用磁共振成像(MRI)时间-空间标记反转脉冲序列测量不同年龄组正常人中脑导水管的脑脊液峰值流速,探讨脑脊液的流动规律。方法 选取健康志愿者 41 例,年龄 7~73 岁;其中男 23 例,女 18 例,按不同年龄分为 4 组:7~<15 岁组($n=11$),15~<35 岁组($n=10$),35~<45 岁组($n=9$), ≥ 45 岁组($n=11$),应用东芝 1.5T MRI 8 通道头颅线圈,采用 MRI time-SLIP 序列标记脑脊液,计算出中脑导水管内脑脊液的峰值流速;测量中脑导水管的内径及长度。结果 中脑导水管脑脊液峰值流速,15~<35 岁组与 35~<45 岁组, ≥ 45 岁组,与 7~<15 岁组比较差异均有统计学意义($P<0.05$);中脑导水管的内径和长度在不同年龄组差异无统计学意义($P>0.05$)。结论 在中脑导水管,脑脊液呈双向流动;MRI time-SLIP 序列能实时定量测量脑脊液的流速,能显示脑脊液的湍流。

关键词:脑导水管;磁共振血管造影术;脑脊液;脑积水

中图分类号:R445.2

文献标识码:A

文章编号:1671-8348(2015)02-0232-03

Research of normal cerebrospinal fluid flow of the middle aqueduct by spin labeling at MR imaging

Zhu Lingmei¹,Guo Xiaoshan²,Yang Yi¹,Xiao Yunhua¹,Yang Xiangqin¹

(Department of Radiology, the people's hospital of Yubei District, Chongqing 401120, China; Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Guiyang Medical college, Guiyang, Guizhou 550003, China)

Abstract: Objective To measure the normal cerebrospinal fluid of the midbrain aqueduct peak velocity of different age groups by using magnetic resonance imaging (MRI) time-spatial labeling inversion pulse (time-SLIP), and to discuss the flow law of CSF. **Methods** Forty-one cases of healthy volunteers, including 23 cases of male, 18 cases of female, aged 7-73. Patients were divided into 4 groups: 7-<15 age group ($n=11$), 15-<35 age group ($n=10$), 35-<45 age group ($n=9$), ≥ 45 age group ($n=11$). We used the application of Toshiba 1.5 T MRI head coil, MRI sequence of time-SLIP marked CSF to calculated the peak velocity of CSF in the midbrain aqueduct and measure the diameter and length of the midbrain aqueduct. **Results** The peak flow velocity between the 7-<15 age group and 15-<35 age group, 35-<45 age group, ≥ 45 age group were statistically significant ($P<0.05$); inner diameter and length were no statistically significant difference ($P>0.05$) between age. **Conclusion** In the midbrain aqueduct, CSF is two-way flow and supports the CSF of the pulsatile flow theory; MRI sequence of time-SLIP could measure CSF velocity and display the turbulence fluiding.

Key words: cerebral aqueduct; magnetic resonance angiography; cerebrospinal fluid; hydrocephalus

随着磁共振成像(MRI)的产生,对脑脊液的研究主要是电影相位对比成像法,此技术只能间接提供一个心动周期的脑脊液“来回”流动的速度和方向,显示脑脊液整体流动的情况差。2008年 Yamada 等^[1]首先应用时间-空间标记反转脉冲序列研究脑脊液。本研究采用 MRI 时间-空间标记反转脉冲序列测量不同年龄组正常人中脑导水管的脑脊液峰值流速,探讨脑脊液的流动规律,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取健康志愿者 41 例,年龄 7~73 岁;其中男 23 例,女 18 例,按不同年龄分为 4 组^[2]:7~<15 岁组($n=11$),15~<35 岁组($n=10$),35~<45 岁组($n=9$), ≥ 45 岁组($n=11$)。

1.2 方法 应用东芝 1.5T MRI 8 通道头颅线圈,常规 MRI 检查前准备,第 1 步进行心率测量及常规头颅 MRI 检查,第 2 部进行矢状位 time-SLIP 扫描,time-SLIP 图像技术参数如下:ETS5msec;矩阵 256×256;FOV 26 cm×26 cm;ETL144;层厚 5 mm;指脉门控自一个 R 波到非选择性翻转恢复脉冲开始为 0 msec;标记脉冲宽度 5 mm。应用重复时间 1 200 msec 得到纵向磁化完全恢复。黑血间隔时间(black blood time interval, BBTI)自 1 500~3 000 msec,重复持续增加 50 msec,重复扫描 29 次,得到不同间隔时间的二维单次激励图像序列,一次扫描

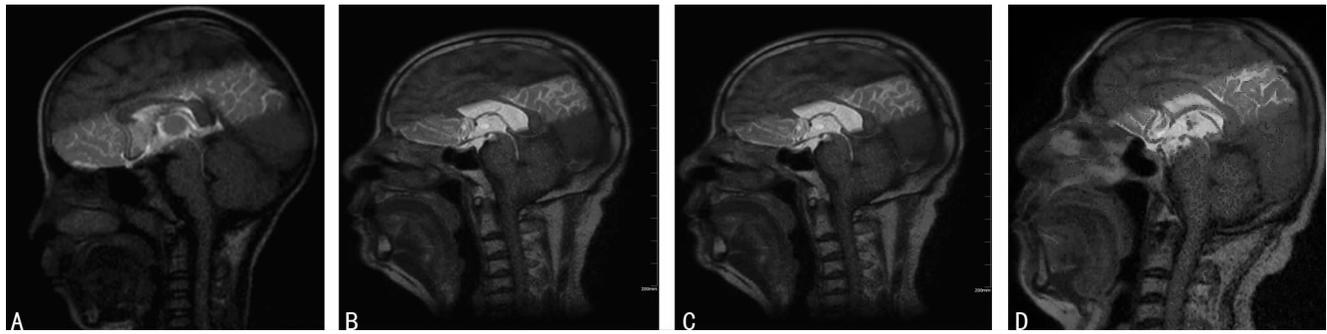
获得 30 幅图像,单个部位获取时间共计大约为 3 分 20 秒。标记区分别选择垂直于中脑导水管、第四脑室。

1.3 数据测量和分析 由 3 名高年资医生用 view 软件的标尺分别测量被标记的脑脊液在中脑导水管内流动的距离,最后用 3 者平均值,除以有效的 TI 和 TE 时间^[2],即 $1.5+0.05 \times$ (图像序号-1),计算出流速的最大值,得出不同年龄组脑脊液在中脑导水管内的头侧向足侧和足侧向头侧的峰值流速。测量不同年龄组中脑导水管峰值流速,中脑导水管内径、长度。

1.4 统计学处理 采用 SPSS11.5 软件对进行分析,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用单因素的方差分析进行比较,组间比较采用 LSD 法,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

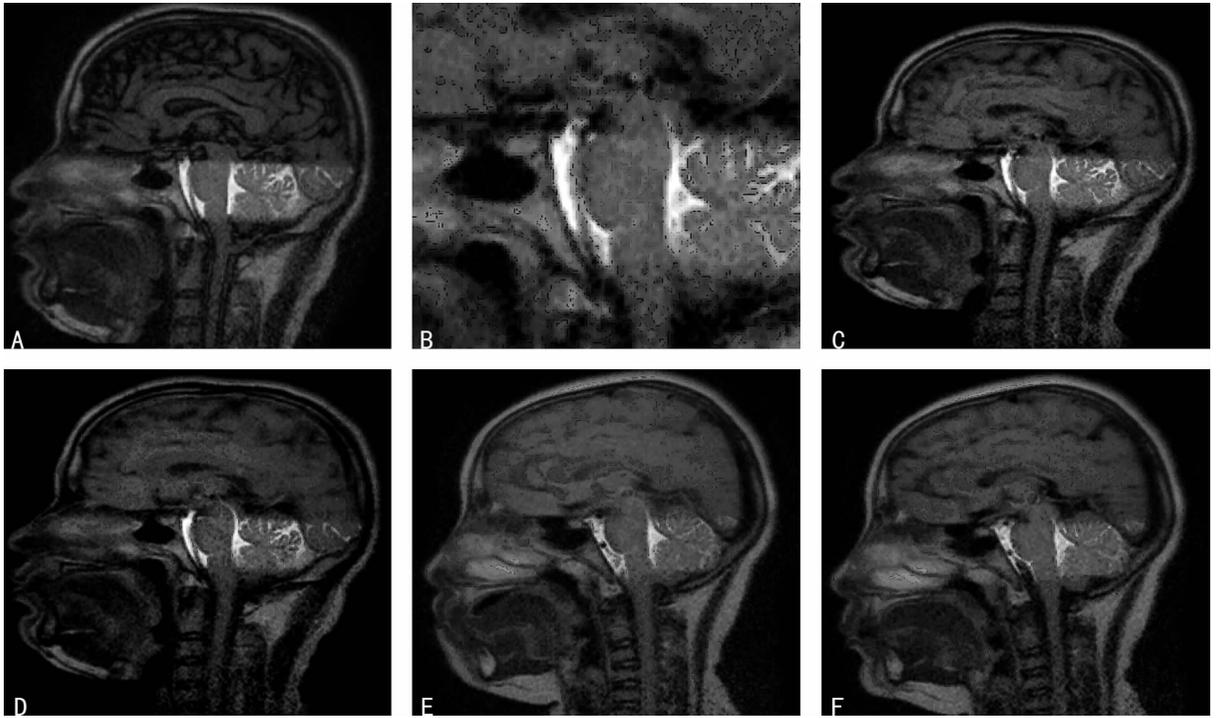
2 结 果

不同年龄组脑脊液在中脑导水管内从头侧向足侧和足侧向头侧的双向流动,其峰值流速见表 1、图 1。中脑导水管脑脊液峰值流速,15~<35 岁组与 35~<45 岁组, ≥ 45 岁组与 7~<15 岁组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。中脑导水管的内径和长度在不同年龄组的范围见表 2,各年龄组之间差异无统计学意义($P>0.05$)。脑脊液直接显示第三脑室的湍流和涡流^[3],被标记的脑脊液呈明亮的高信号,未被标记的脑脊液呈黑色的低信号,见图 2。



A: 8 岁男性; B: 21 岁女性; C: 48 岁女性; D: 53 岁男性。

图 1 不同年龄组中脑导水管水平流动距离



A: 图像显示在第四脑室被标记的脑脊液, 被标记的脑脊液显示为高信号, 其他未被标记的显示为低信号; B、C、D、E、F: 图像显示脑脊液在第三脑室形成涡流。

图 2 脑脊液在第三脑室形成涡流

表 1 不同年龄组中脑导水管内峰值流速比较 ($\bar{x} \pm s$, mm/s)

组别	n	从头侧向足侧峰值流速	从足侧向头侧峰值流速
7~<15 岁	11	14.83 ± 1.35 ^a	14.80 ± 2.73 ^a
15~<35 岁	10	12.51 ± 2.69	8.07 ± 2.07
35~<45 岁	9	11.59 ± 2.25	7.77 ± 2.22
≥45 岁	11	10.15 ± 2.42	8.21 ± 1.69
F		3.54	11.635
P		0.017	0.000

^a: $P < 0.05$, 与其余 3 组比较。

表 2 不同年龄组中脑导水管的内径、长度 ($\bar{x} \pm s$, mm)

组别	n	中脑导水管长度	中脑导水管内径
7~<15 岁	11	16.32 ± 1.41	2.05 ± 0.35
15~<35 岁	10	16.30 ± 1.85	2.16 ± 0.35
35~<45 岁	9	17.22 ± 2.02	1.93 ± 0.16
≥45 岁	11	16.58 ± 1.29	1.89 ± 0.13

3 讨 论

3.1 脑室系统的影像学研究进展 在 20 世纪 70 年代采用的是 MRI 电影相位对比成像法^[4-5], 但是相位对比技术只能提供一个心动周期的脑脊液“来回”流动的速度和方向, 显示脑脊液整体流动的情况差。80 年代后期, 动脉自旋标记方法出现, 2008 年 Yamada 等^[1]首先介绍了时间-空间标记反转脉冲观察脑脊液的方法, 并对生理病理状态下的脑脊液流动规律做了研究, 本研究选择性标记部分脑脊液, 被标记的脑脊液呈明亮的高信号, 未被标记的脑脊液呈黑色的低信号, 能在任意位置观察脑室系统各连接处的解剖结构及毗邻关系^[6], 同时还能直观显示脑脊液的流动状态, 并能分析脑脊液流动速度。MRI time-SLIP 技术通过快速 SE 技术与指脉门控相结合, 使流动液体的流动与时间相结合, 可获得流动液体的实时图像, 真正做到了影像学活体实时观察液体的流动。

3.2 脑脊液循环的生理特点 脑脊液的循环模式有两种, 一种是团流模式, 另一种为脑脊液搏动性流动, 是心脏搏动传递至脑而引起, 即 O'Connell^[7]及 Du Boulay^[8]分别在脑脊液压力测定及电影气脑造影时发现, 收缩期时, 中脑导水管处脑脊液向下流动, 舒张期时则相反。本研究应用 MRI time-SLIP 技术支持脑脊液的搏动性流动, 即在第四脑室水平、中脑导水管能

清楚显示脑脊液呈双向流动,与经典的脑脊液团流模式相反。

3.3 脑脊液流动的驱动力及影响因素 颅内和椎管内脑脊液流动的主要驱动力是脑血管收缩期的脑膨胀,是动脉血、毛细血管血、静脉血和脑脊液 4 个因素共同作用的结果^[9]。收缩期动脉血流流入增加,引起脑膨胀,脑室系统受压,使脑脊液向下流入椎管;舒张期静脉血流出增多,脑血流量减少,脑脊液向上反向流动,脑脊液流动方向的变化是由于不同部位脑血流量增加的快慢、程度不同而致。另外心跳及呼吸影响中脑导水管和椎管内脑脊液的流动,其中影响最大的是心脏搏动、心率和心律。既往对中脑导水管内脑脊液流速报道各不相同;Thomen 等^[10]用傅里叶分析法测量的中脑导水管平均收缩期向下流速和平均舒张期向上峰值流速分别为 23 mm/s 和 15 mm/s。王玲等^[6]用自旋标记法测量中脑导水管向足侧流速为 5.00~8.74 mm/s,平均(7.84±0.86)mm/s,向头侧的流速为 3.84~6.71 mm/s,平均(6.01±0.66)mm/s。本研究显示与尚华等^[2]研究的结论一致,随着年龄的增长,脑脊液的生理性循环会发生 2 个变化:(1)脑脊液的生成减少;(2)脑脊液流出阻力增加。本研究显示,随着年龄的增长,脑脊液的峰值流速呈减慢趋势。随着年龄的增长,正常脑组织体积缩小,脑脊液腔隙扩大,腔隙部分充满脑脊液。同时随年龄的增长越明显,脑组织膨胀受限越明显,所以随着年龄的增长,脑脊液的流速减慢。本研究采用了心电触发技术,而该技术是在 R 波波峰被探测后,经过一个延时,相当于进入心室舒张中期时刻,MR 序列被触发启动,进行射频激发和信号采集,到了下一次心室收缩前 MR 序列被暂停,这样基本保证在心室舒张中后期进行 MR 信号采集。

3.4 第三脑室的湍流和涡流 脑脊液液体衰减反转恢复图像可以显示与流动现象相关的信号强度变化,但是这些是间接预测脑脊液的湍流,此项技术直接显示脑脊液的湍流及涡流。

3.5 中脑导水管的解剖 由于磁共振的多方位、多参数成像及对软组织高的分辨率,常规的 T2WI 矢状位能显示中脑导水管全程,但其内部结构及与第三脑室连接处的细微解剖结构没法显示的。MRI 的特殊序列,即本研究采用的 time-SLIP 技术能很好的研究中脑导水管的细微解剖结构,在不同年龄组均能显示中脑导水管与第三脑室连接处略显狭窄;在不同年龄中脑导水管的内径和长度差异没有统计学意义,可以作为以后病理情况下的 1 个参考指标。

脑脊液 MRI time-SLIP 可以动态直接测量脑脊液的流动

速度,观察中脑导水管的解剖结构和脑脊液的流动状态;MRI time-SLIP 技术可评价脑脊液循环,为进一步掌握脑脊液循环障碍性疾病和评价疗效提供了 1 种好的方法。

参考文献:

- [1] Yamada S, Miyazaki M, Kanazawa H, et al. Visualization of cerebrospinal fluid movement with spin labeling at Mr imaging: preliminary results in normal and pathophysiological conditions[J]. *Radiology*, 2008, 249(2): 644-652.
 - [2] 尚华,刘怀军,闫乐卡,等. MR 电影相位对比成像定量研究不同年龄颈椎管内脑脊液运动[J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27(3): 491-494.
 - [3] 郭小山,张士宁. MR 自旋标记成像显示正常脑脊液流动的初步研究[J]. *实用放射学杂志*, 2012, 28(5): 651-654.
 - [4] 何滨,韩博,李金柱,等. 正常中脑导水管脑脊液 MR 流速流量研究[J]. *实用放射学杂志*, 2007, 23(11): 1529-1532.
 - [5] Reubelt D, Small LC, Hoffmann MH, et al. Mr imaging and quantification of the movement of the lamina terminalis depending on the CSF dynamics[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30(1): 199-202.
 - [6] 王玲,史大鹏,王莹,等. 脑脊液自旋标记 MRI 对脑室间连接结构的解剖形态及脑脊液流动状态的评估[J]. *中华放射学杂志*, 2011, 45(3): 245-249.
 - [7] O'connel JEA. Vascular factor in intracranial pressure and maintenance of cerebrospinal fluid circulation[J]. *Brain*, 1943(66): 204-228.
 - [8] Du boulay GH. Pulsatile movements in the CSF pathways [J]. *Br J Radiol*, 1966, 39(460): 255-262.
 - [9] Enzmann DR, Ross MR, Marks MP, et al. Blood flow in major cerebral arteries measured by phase-contrast cine Mr[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1994, 15(1): 123-129.
 - [10] Thomen C, Stagkverg F, Sterbgand M, et al. Fourier analysis of cerebrospinal fluid flow velocities; MR imaging study. The Scandinavian Flow Group [J]. *MR imaging study*, 1990, 177(3): 659-665.
- (收稿日期:2014-09-04 修回日期:2014-10-18)
-
- (上接第 231 页)
- 2001, 20(4): 288-290.
- [19] 林希廷. 水源性高碘甲状腺肿远期危害的调查[J]. *中国地方病学杂志*, 1993, 12(6): 49-51.
 - [20] 洪福贵,杨洪祥,张志新,等. 沿海水源性高碘病区儿童智力发育调查[J]. *中国初级卫生保健*, 2002, 16(8): 25.
 - [21] 胡志忠,王兰英,林亮,等. 高碘病区儿童智力水平调查[J]. *中国地方病学杂志*, 1994, 13(3): 167-168.
 - [22] 杨英奎,王秀红,郭晓尉,等. 高碘高氟对儿童智力及碘氟代谢影响的研究[J]. *中华流行病学杂志*, 1994, 15(5): 296-298.
 - [23] 李兆龙,于德奎,王壮业,等. 碘盐对高碘区居民健康影响的研究[J]. *微量元素与健康研究*, 2000, 17(3): 57-59.
 - [24] 贾清珍,张向东,王正辉,等. 山西省高碘地区分布特征与高碘危害的流行病学调查[J]. *中国地方病学杂志*, 2006, 25(3): 294-296.
 - [25] 王灵芝. 夏津县食用碘盐对高碘地区儿童健康影响调查[J]. *预防医学论坛*, 2008, 14(8): 711-713.
 - [26] 王羽,郑合明,王传刚,等. 碘摄入水平不同儿童碘营养状况调查[J]. *中国地方病学杂志*, 2003, 22(21): 215-216.
 - [27] Hayashino Y, Noguchi Y, Fukui T. Systematic evaluation and comparison of statistical tests for publication bias[J]. *J Epidemiol*, 2005, 15(6): 235-243.
 - [28] Egger M, Davey Smith G, Schneider M, et al. Bias in meta-analysis detected by a simple graphical test[J]. *BMJ*, 315(7109): 629-634.
- (收稿日期:2014-08-08 修回日期:2014-010-22)