

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.01.015
文章编号: 1005-8982 (2023) 01-0088-07

临床研究·论著

三维超声联合VCI、TUI技术观察脊髓圆锥对胎儿骶尾部疾病合并脊髓拴系综合征的诊断价值*

周伟娜¹, 吴向玲¹, 李强¹, 刘益宁¹, 孔亚荣¹, 郑丽雅¹, 马征戈¹, 李春擎²

(保定市第一中心医院 1. 超声2科, 2. 门诊部, 河北 保定 071000)

摘要: **目的** 探讨超声观察胎儿脊髓圆锥对胎儿骶尾部疾病合并脊髓拴系综合征的诊断价值。**方法** 选取2014年3月—2020年6月保定市第一中心医院接受常规及孕中期产前超声检查为正常单胎的66例胎儿作为正常组, 另选取同期该院行产前超声检查诊断为胎儿脊髓圆锥位置低下, 可疑胎儿脊髓发育异常, 出生后经磁共振成像或引产后解剖病理证实为脊髓发育异常的14例胎儿作为异常组。使用三维超声容积对比成像(VCI)和断层超声成像(TUI)技术定位两组的脊髓圆锥和脊髓腰膨大对应椎体位置; 测量胎儿的脊髓圆锥-第一骶椎距离(CM-S1)、脊髓腰膨大横径和前后径。Pearson法分析孕周与胎儿CM-S1距离、脊髓腰膨大横径和前后径的相关性。**结果** 正常组孕中期胎儿脊髓圆锥末端对应椎体位于L₃水平的比例高于孕晚期胎儿($P < 0.05$), 孕中期胎儿脊髓腰膨大对应椎体位于L₁水平的比例高于孕晚期胎儿($P < 0.05$); 正常组不同孕周胎儿的CM-S1距离比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$), CM-S1距离随孕周的增加而增加, 且正常组不同孕周胎儿的CM-S1距离均高于相应孕周第5百分位数; 正常胎儿和脊髓异常胎儿的CM-S1距离与孕周呈线性相关($r = 0.552$ 和 0.509 , 均 $P < 0.05$); 正常组和异常组不同孕周胎儿的脊髓腰膨大前后径比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 异常组各阶段孕周胎儿的脊髓腰膨大前后径小于正常组胎儿; Pearson法分析结果显示, 正常组和异常组胎儿的CM-S1距离、脊髓腰膨大横径、脊髓腰膨大前后径与孕周呈正相关(均 $P < 0.05$)。**结论** 三维超声结合VCI、TUI技术可用于筛查正常胎儿与骶尾部疾病合并脊髓拴系综合征胎儿, 异常胎儿的脊髓圆锥对应椎体水平较正常胎儿低, CM-S1距离较正常胎儿短, 行产前超声检查时可参考以上指标初步筛查脊髓异常胎儿。

关键词: 骶尾部疾病; 脊髓拴系综合征; 脊髓圆锥; 脊髓拴系; 胎儿; 三维超声

中图分类号: R726.5

文献标识码: A

Value of ultrasonography in diagnosis of spinal cord conus in fetal sacral tail disease complicated with tether*

Zhou Wei-na¹, Wu Xiang-ling¹, Li Qiang¹, Liu Yi-ning¹, Kong Ya-rong¹,
Zheng Li-ya¹, Ma Zheng-ge¹, Li Chun-qing²

(1. Department of Ultrasound, 2. Department of Outpatient, Baoding First Central Hospital,
Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: Objective To study the value of ultrasonography in the diagnosis of spinal cord conus in fetal sacral tail disease complicated with tether. **Methods** From March 2014 to June 2020, 66 normal singleton fetuses who received routine and mid-trimester systematic ultrasound examination in the Outpatient department of East Hospital of Baoding First Central Hospital were selected as the normal group. During the same period, they were selected to receive prenatal systematic ultrasound screening for the diagnosis of low position of fetal spinal conus

收稿日期: 2022-08-15

* 基金项目: 河北省科技厅科技计划项目(No:21377793D); 河北省卫生和计划生育委员会科研基金(No:20191241)

[通信作者] 李春擎, E-mail: 944193936@qq.com; Tel: 15803126688

and suspected abnormal development of fetal spinal cord. Fourteen fetuses with abnormal spinal cord development confirmed by magnetic resonance or induced labor were included in the abnormal group. Three dimensional ultrasound volume contrast imaging (VCI) and tomography ultrasound imaging (TUI) were used to locate the corresponding vertebral bodies of conus spinal cord and lumbar enlargement in the two groups. The distance between the conus medullae and the first sacral vertebra (CM-S1), transverse diameter of spinal lumbar enlargement, and anteroposterior diameter were measured in both groups. The person correlation coefficient was used to analyze the correlation between gestational age and fetal CM-S1 distance, transverse diameter, and anterior-posterior diameter of spinal cord and lumbar enlargement. **Results** The proportion of conus medullaris terminal at L₃ level in normal fetuses in the second and third trimester was statistically significant ($P < 0.05$). The proportion of conus medullaris terminal at L₃ level in normal fetuses in the second trimester was higher than that in the third trimester. There was statistically significant difference in the proportion of vertebral end located at L₁ level between the second and third trimester of normal fetuses ($P < 0.05$). The proportion of vertebral end located at L₁ level corresponding to spinal cord lumbar enlargement in the second trimester of normal fetuses was higher than that in the third trimester. The CM-S1 distance in the normal group was 13.56 to 44.11 mm, and the average distance was (28.96 ± 8.15) mm. F-test showed that the CM-S1 distance increased with the increase of gestational age, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). In addition, the CM-S1 distance in the normal group was higher than the fifth percentile of gestational age. The CM-S1 distance of normal fetus was linearly correlated with gestational age ($r = 0.552, P = 0.006$), There was a linear correlation between CM-S1 distance and gestational age in fetus with spinal cord abnormalities ($r = 0.509, P = 0.014$). T test showed that there were statistically significant differences in the diameter of lumbar enlargement of the spinal cord between the normal group and the abnormal group at different gestational weeks ($P < 0.05$). The anterior and posterior diameter of lumbar enlargement in abnormal group was smaller than that in normal group at each gestational week. Pearson correlation analysis showed that the CM-S1 distance, transverse diameter of lumbar enlargement of spinal cord, anterior and posterior diameter of lumbar enlargement of spinal cord were positively correlated with gestational age between normal group and abnormal group (all $P < 0.05$). **Conclusion** Three-dimensional ultrasound combined with VCI and TUI technology can be used to screen normal fetuses and fetuses with sacrococcygeal disease complicated with cord tetetation. Compared with normal fetuses, the level of vertebral body corresponding to the conus of spinal cord of abnormal fetuses is lower and the distance of CM-S1 is shorter. In prenatal ultrasound system examination, the above indicators can be referred to for preliminary screening of fetuses with spinal cord abnormalities.

Keywords: sacral caudal diseases; tethered cord syndrome; conus spinal cord; tethered spinal cord; fetus; ultrasound, three-dimensional

受脊柱裂、脂肪瘤、腰骶管囊肿、脊膜膨出等各种先天及后天因素的影响,脊髓圆锥末端受制于椎管无法正常上升,脊髓圆锥低于正常水平(低于L₃)时称为脊髓拴系综合征^[1-2]。脊髓拴系可导致脊髓末端发生血液循环障碍,进而引发下肢感觉和运动障碍、排泄障碍等一系列症状,即为脊髓拴系综合征^[3-4]。容积对比成像(volumetric contrast imaging, VCI)是通过增强部分二维声像图中相似结构和组织的图像分辨率和对比度,使内部结构和边缘部分显示更加清晰,并可减少图像中因噪声产生的斑点^[5-6]的一种新型成像技术。在三维容积数据的基础上,通过断层超声成像(tomography ultrasound imaging, TUI)技术可获取任何切面的二维图像,在检查胎儿脊柱时,可通过图

像确定脊柱的确切节段,依次逐节段进行观察^[7]。目前国内外已有许多研究利用不同的超声技术来确定脊髓圆锥的位置,从而筛查胎儿脊髓拴系综合征,但存在只关注脊柱骨性结构的局限性^[8-9]。本研究在该基础上将脊髓病变与正常胎儿作为研究对象并加以比较,旨在探讨三维超声结合VCI、TUI技术对胎儿骶尾部疾病合并脊髓拴系综合征的诊断价值,期望提高胎儿脊髓病变的诊出率,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2014年3月—2020年6月保定市第一中心医院接受常规及孕中期产前超声检查为正常单胎

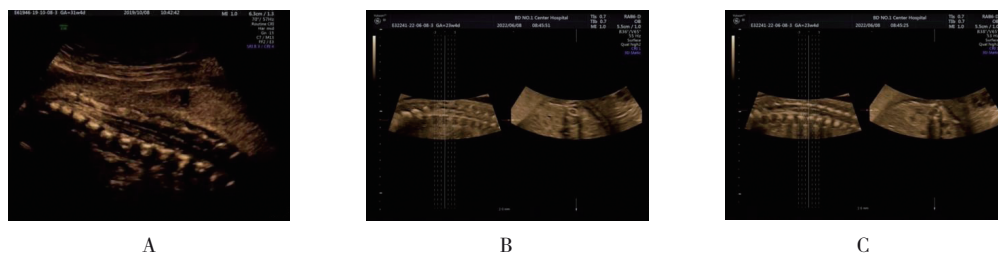
的66例胎儿作为正常组,另选取同期该院行产前超声检查诊断为胎儿脊髓圆锥位置低下(脊髓圆锥末端低于L₃水平),可疑胎儿脊髓发育异常,出生后经磁共振成像或引产后解剖病理证实为脊髓发育异常的14例胎儿作为异常组。其中正常组孕妇年龄24~35岁,平均(28.26±3.18)岁;孕周20~39周,平均(27.61±4.96)岁。异常组孕妇年龄25~33岁,平均(27.96±3.41)岁;孕周20~40周,平均(27.46±5.22)周。两组孕妇年龄、孕周比较差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。本研究经医院医学伦理委员会批准。

1.2 纳入和排除标准

纳入标准:①单胎妊娠;②孕妇平素月经规律,末次月经明确,无产科并发症;③二维超声图像质量良好;④产前超声检查的预测胎龄与孕龄的差值≤1周;⑤胎儿发育指标符合停经孕周;⑥异常组胎儿病变范围累及腰骶段脊柱;⑦异常组胎儿脊髓圆锥末端低于L₃水平。排除标准:①孕妇合并心、肾、肝等重要器官功能不全或器质性疾病;②产前超声检查显示胎儿存在先天性疾病;③临床资料不全。

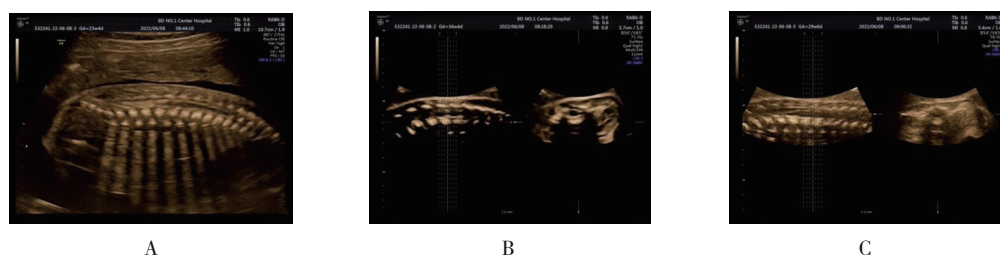
1.3 方法

采用美国通用电气公司 Voluson E8 超声仪,经腹三维容积探头频率为4~8 MHz,二维探头频率为1.6~4.5 MHz。两组经二维超声常规检查后,初始切面为胎儿脊柱位于近场(背部朝上)的正中矢状切面,脊髓圆锥结构清晰显示后,采集三维容积数据,再使用VCI、TUI技术进行后处理。首先选择VCI模式,层厚为1~2 mm。尽可能使椎管内脊髓圆锥结构在A平面内清晰显示,适当转图调整X、Y、Z轴,对脊髓圆锥末端的对应椎体进行定位。采用以下2种方法进行椎体定位:①在A平面根据成角的腰骶关节靠近头侧的第五腰椎计数;②调节图像使第十二根肋骨清晰地显示在C平面内,第十二胸椎为最下端肋骨的对应椎体,将其选定为参考椎体。将A平面内的光标置于需要定位的椎体上,此时该椎体可同步显示于C平面光标,根据参考椎体进行定位。在此基础上选择TUI模式,以脊柱矢状切面为基准,扫查脊髓腰膨大处,显示脊髓横切面,在一系列连续平行的断层二维图像中依次逐节分析,选择最合适的脊髓腰膨大横切图,对脊髓腰膨大处横径和前后径进行测量。异常组和正常组胎儿的脊髓圆锥和脊髓腰膨大VCI+TUI处理图像见图1、2。



A: 骶尾部矢状切面; B: 腰膨大矢状切面; C: 椎间盘矢状切面

图1 异常组某胎儿脊髓圆锥和脊髓腰膨大VCI+TUI处理图像



A: 骶尾部矢状切面; B: 腰膨大矢状切面; C: 椎间盘矢状切面

图2 正常组某胎儿脊髓圆锥和脊髓腰膨大VCI+TUI处理图像

1.4 观察指标

①正常组胎儿脊髓结构。正常组孕中期胎儿24例,孕晚期胎儿42例,比较孕中期、孕晚期胎儿脊髓腰膨大对应椎体、脊髓圆锥末端对应椎体位置。
②正常组胎儿脊髓圆锥-第一骶椎距离(conus medullaris-first sacral vertebra distance, CM-S1)。比较不同孕周胎儿的CM-S1和第五百分位数。
③异常组胎儿脊髓圆锥定位和脊髓腰膨大处大小情况。统计异常组14例胎儿的脊髓圆锥位置、CM-S1距离、脊髓腰膨大横径和前后径、合并症等资料。
④两组脊髓腰膨大横径和前后径。比较正常组、异常组不同孕周(20~23⁺⁶、24~27⁺⁶、28~31⁺⁶、32~35⁺⁶、36~40⁺⁶)胎儿的脊髓腰膨大横径和前后径。

1.5 统计学方法

数据分析采用SPSS 22.0统计学软件。计量资

料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 χ^2 检验;相关性分析用Pearson法,依存关系做线性回归方程。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 正常组孕中期和孕晚期胎儿脊髓结构对应椎体位置比较

正常组孕中期胎儿和孕晚期胎儿脊髓结构对应椎体位置比较,经 χ^2 检验,差异有统计学意义($P < 0.05$),脊髓圆锥末端对应椎体位于L₃水平的孕中期胎儿占比高于孕晚期胎儿,脊髓腰膨大对应椎体位于L₁水平的孕中期胎儿占比高于孕晚期胎儿。见表1。

表1 正常组孕中期和孕晚期胎儿脊髓结构对应椎体位置比较 例(%)

组别	n	脊髓圆锥末端对应椎体				脊髓腰膨大对应椎体			
		L ₁ 、L ₂	L ₂	L ₂ 、L ₃	L ₃	T ₁₁	T ₁₂	L ₁	L ₂
孕中期胎儿	24	0(0.00)	1(4.17)	12(50.00)	11(45.83)	0(0.00)	4(16.67)	18(75.00)	2(8.33)
孕晚期胎儿	42	4(9.52)	12(28.57)	23(54.76)	3(7.14)	4(9.52)	24(57.14)	14(33.33)	0(0.00)
χ^2 值			19.441				17.152		
P值			0.000				0.001		

2.2 正常组不同孕周胎儿的CM-S1距离比较

正常组不同孕周胎儿的CM-S1距离为13.56~44.11 mm,平均(28.96±8.15)mm,不同孕周胎儿的CM-S1距离比较,经 F 检验,差异有统计学意义($P < 0.05$),CM-S1距离随孕周的增加而增加,此外不同孕周胎儿的CM-S1距离均长于相应孕周胎儿的第5百分位数(见表2)。正常胎儿CM-S1距离与孕周呈线性相关($r = 0.552, P = 0.006$),回归方程为:CM-S1距离=0.139×孕周+0.582(决定系数 $R^2 = 0.774, P = 0.019$)。

2.3 异常组胎儿脊髓圆锥定位和脊髓腰膨大大小

14例异常胎儿的超声诊断结果显示,异常胎儿的脊柱畸形疾病大致包含脊柱裂、脊膜膨出、终丝紧张、空洞型脊髓突出、椎管内肿块等,并且异常组所有胎儿脊髓圆锥对应椎体均低于L₃水平,诊断为脊髓拴系状态(见表3)。脊髓异常胎儿CM-S1距离与孕周呈线性相关($r = 0.509, P = 0.014$),回归方程为:CM-S1距离=0.423×孕周-0.493(决定

表2 正常组不同孕周胎儿的CM-S1距离比较

孕周	n	CM-S1/(mm, $\bar{x} \pm s$)	第5百分位数
20~23 ⁺⁶	10	15.62±2.06	13.27
24~27 ⁺⁶	15	23.18±1.96	19.52
28~31 ⁺⁶	18	30.26±2.13	26.38
32~35 ⁺⁶	15	36.47±2.38	30.56
36~40 ⁺⁶	8	41.25±2.86	36.51
F值		74.513	-
P值		0.000	-

系数 $R^2 = 0.497, P = 0.026$)。

2.4 两组不同孕周胎儿脊髓腰膨大横径和前后径比较

正常组和异常组不同孕周胎儿的脊髓腰膨大横径比较,经 t 检验,差异无统计学意义($P > 0.05$);正常组和异常组不同孕周胎儿的脊髓腰膨大前后径比较,经 t 检验,差异有统计学意义($P < 0.05$),异常组不同孕周胎儿的脊髓腰膨大前后径小于正常组。见表4。

表 3 异常组脊髓圆锥定位和脊髓腰膨大处的大小情况

序号	孕周	脊髓圆锥位置	CM-S1/mm	脊髓腰膨大横径/mm	脊髓腰膨大前后径/mm	合并症
1	36	L ₃ 、L ₄	11.06	7.92	4.67	脊柱裂, 脊膜膨出
2	33	L ₄ 、L ₅	9.28	5.52	3.81	食管痿, 终丝紧张
3	30	L ₅	12.84	5.48	3.25	脊柱裂, 脊膜膨出
4	27	L ₃ 、L ₄	15.26	3.84	2.16	单脐动脉, 终丝紧张
5	28	L ₄	16.24	4.93	1.96	末端脊髓囊状膨出
6	21	L ₄	12.69	4.26	2.51	脊柱裂, 脊膜膨出, 脑积水
7	33	L ₄ 、L ₅	11.75	5.58	3.86	单脐动脉, 羊水多, 终丝紧张
8	24	L ₅	13.17	5.06	2.36	脊髓脊膜膨出, 脊柱裂
9	25	L ₃ 、L ₄	15.32	5.86	1.32	椎管内肿块
10	39	S ₃	-4.13	7.12	4.96	潜毛窦、隐性脊柱裂
11	28	L ₄	9.65	3.96	1.95	空洞型脊髓突出
12	35	L ₅	6.48	8.26	3.64	骶管囊肿、脊柱裂
13	26	S ₂	-4.63	5.09	1.68	脊柱裂, 脊膜膨出
14	22	L ₄	13.52	4.36	2.49	脊柱裂, 脊膜膨出

表 4 两组不同孕周胎儿脊髓腰膨大横径、前后径比较 (mm, $\bar{x} \pm s$)

组别	n	横径					前后径				
		20 ~ 23 ⁺⁶	24 ~ 27 ⁺⁶	28 ~ 31 ⁺⁶	32 ~ 35 ⁺⁶	36 ~ 40 ⁺⁶	20 ~ 23 ⁺⁶	24 ~ 27 ⁺⁶	28 ~ 31 ⁺⁶	32 ~ 35 ⁺⁶	36 ~ 40 ⁺⁶
正常组	66	3.65 ± 0.49	4.21 ± 0.42	4.88 ± 0.39	5.43 ± 0.41	5.85 ± 0.36	2.09 ± 0.35	2.92 ± 0.35	3.59 ± 0.32	4.39 ± 0.22	4.96 ± 0.18
异常组	14	3.48 ± 0.41	4.15 ± 0.36	4.73 ± 0.45	5.36 ± 0.32	5.81 ± 0.47	1.26 ± 0.22	2.48 ± 0.31	3.11 ± 0.26	3.74 ± 0.28	4.59 ± 0.15
t 值		0.455	0.260	0.606	0.277	0.135	3.159	2.278	2.450	3.162	2.651
P 值		0.659	0.798	0.552	0.786	0.896	0.010	0.036	0.024	0.034	0.029

2.5 正常组、异常组胎儿孕周与胎儿 CM-S1 距离, 脊髓腰膨大横径、前后径的相关性分析

Pearson 相关性分析结果显示, 正常组和异常组胎儿的 CM-S1 距离, 脊髓腰膨大横径、前后径与孕周呈正相关($P < 0.05$)。见表 5。

表 5 胎儿 CM-S1 距离, 脊髓腰膨大横径、前后径与孕周的相关性分析

指标	正常组孕周		异常组孕周	
	r 值	P 值	r 值	P 值
CM-S1 距离	0.583	0.002	0.623	0.000
脊髓腰膨大横径	0.556	0.005	0.537	0.008
脊髓腰膨大前后径	0.529	0.009	0.549	0.006

3 讨论

胚胎在发育过程中, 由于脊髓头端固定, 而椎管和脊柱比脊髓的生长速度快, 脊髓圆锥相对

椎管向胎儿头侧上移, 正常情况下脊髓圆锥大约在孕晚期至出生后达到 L₂ 及以上水平, 如果胎儿脊髓圆锥低位, 则提示胎儿脊髓末端牵拉上移受到阻力, 可能引起神经功能损伤, 导致脊髓拴系综合征^[10-11]。脊髓拴系胎儿在胎儿期及婴幼儿期都有可能发生神经功能损伤及大小便、下肢运动、感觉功能障碍等多种合并症, 严重时可危及生命^[12-13]。该病手术难度较大, 即使手术, 对于已造成的神经损伤往往也难以恢复, 给家庭和社会带来严重的身心创伤和沉重的经济负担^[14-15]。因此准确描述脊髓圆锥的形态、定位脊髓圆锥、确定脊柱相关病变, 对于骶骨发育不全胎儿的胃肠道运动功能、泌尿系统、神经系统的预后十分重要, 有利于医师提前制订适时的手术修复策略, 降低发生神经损伤后遗症的风险^[16-17]。本研究通过超声观察胎儿脊髓圆锥位置及变化规律, 对胎儿非严重闭合性脊柱裂、椎管异常、脊髓纵裂、皮毛窦

等有清晰的认知。从而减少出生缺陷,为脊髓拴系患儿早发现、预后改善提供临床参照。

根据病变区域有无皮肤覆盖可将脊椎闭合不全分为闭合性和开放性2种类型,近些年,随着超声技术的发展,临床产前诊断脊柱闭合不全的准确性逐渐提高。本研究异常组中(序号12)的胎儿发生骶管囊肿,产前超声检查发现脊髓形态发生改变,且脊髓圆锥在L₃水平以下(L₅水平),应用VCI和TUI技术后,检查结果显示脊髓腰骶段无明显膨大,采用三维超声准确定位脊髓圆锥处于骶管囊肿附近,提高了诊断脊髓拴系的准确性^[18]。然而大部分闭合性脊柱裂合并脊髓拴系在产前难以确定原因。本研究异常组(序号10)的胎儿在产前超声检查中发现脊髓腰膨大变形、脊髓圆锥低位,在探究其发现的过程中发现胎儿骶尾部存在细小窦状结构通向皮肤表面,并且胎儿出生后确诊潜毛窦、隐性脊柱裂。因此,临床经产前超声检查发现脊髓腰膨大、脊髓圆锥存在异常间接表现时,应当考虑胎儿伴有隐性脊柱裂等疾病的可能性^[19]。

本研究分析异常组和正常组孕周与胎儿CM-S1距离的相关性,结果显示两者均呈正相关,这与既往研究结果一致。如汤小芳等^[20]采用三维和二维超声检测不同孕周胎儿的脊髓圆锥方位,该研究显示胎儿脊髓圆锥方位与孕周呈正相关,三维和二维超声定位胎儿脊髓圆锥效果满意。詹淑蓓等^[21]采用超声脊柱尾侧椎体计数法判定胎儿脊髓圆锥末端位置和形态,该研究显示孕周与胎儿脊髓圆锥末端位置、尾侧椎体数呈正相关,同时脊髓圆锥末端位置与尾侧椎体数也呈正相关。

本研究比较异常组和正常组的脊髓腰膨大前后径、横径,结果显示异常组各阶段孕周的脊髓腰膨大前后径均小于正常组,即胎儿脊髓形态前后变扁,这种脊髓形态的变化在VCI模式下更加明显,提示异常组胎儿脊髓腰膨大前后径变小、脊髓形态的变化可能与脊髓拴系有关^[22]。由于脊髓拴系胎儿存在不同的椎管内外病变,这导致脊髓圆锥被拉低的程度也各有差异,因此产前超声检查即使发现脊髓形态改变,也难以判断导致形态变化的具体原因^[23]。

目前国内外已有部分研究采用三维超声技术观察胎儿脊髓拴系,梁美玲等^[24]通过超声定位脊髓

圆锥诊断脊髓拴系,但有学者^[25]提出,与定位CM相比,测量CM-S1距离更加可靠。本研究在此基础上进一步探究CM-S1距离与孕周的相关性,发现脊髓异常胎儿CM-S1距离与孕周呈线性相关,这对临床胎儿脊髓拴系的诊断具有一定指导意义。

综上所述,产前超声检查用于胎儿骶尾部疾病合并脊髓拴系的筛查具有无创、简便、可重复性好等特点,应用三维超声联合VCI、TUI技术可清晰显示脊髓圆锥的位置和形态,有利于提高胎儿骶尾部异常病变的诊断水平,早期判断胎儿是否合并胎儿脊髓拴系,从而为产科咨询和产后干预提供指导。

参 考 文 献 :

- [1] HORN S, MOSES M, VASQUEZ-MONTES D, et al. Tethered cord syndrome in the United States cluster analysis of presenting anomalies and associated[J]. Bull Hosp Jt Dis (2013), 2020, 78(3): 157-162.
- [2] COHRS G, BLUMENRÖTHER A K, SÜRJE J P, et al. Fetal and perinatal expression profiles of proinflammatory cytokines in the neuroplacodes of rats with myelomeningoceles: a contribution to the understanding of secondary spinal cord injury in open spinal dysraphism[J]. J Neurotrauma, 2021, 38(24): 3376-3392.
- [3] HORZELSKA E I, ZAMLYNSKI M, HORZELSKI T, et al. Open fetal surgery for myelomeningocele - is there the learning curve at reduction mother and fetal morbidity[J]. Ginekol Pol, 2020, 91(3): 123-131.
- [4] 朱剑敏, 郭建斌, 梅江, 等. 脊髓松解术联合高压氧治疗隐性脊柱裂患者脊髓拴系综合征的疗效观察[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2020, 27(3): 347-348.
- [5] 张斌, 蒲昊, 王明忠, 等. 脊柱均匀短缩脊髓轴性减压术对脊髓拴系综合征合并脊柱侧凸的治疗效果观察[J]. 贵州医药, 2021, 45(4): 589-590.
- [6] 吴向玲, 赵岩, 周伟娜, 等. 胎儿闭合性脊柱裂并脊髓拴系超声诊断与病理对照[J]. 诊断病理学杂志, 2021, 28(10): 831-833.
- [7] 陈奕男, 秦将均, 覃英梅, 等. 四维超声时间空间相关成像和超声断层显像(STIC-TUI)技术对胎儿先天性心脏病筛查的应用价值[J]. 海南医学院学报, 2019, 25(12): 948-950.
- [8] HE S Z, RUAN J X, WANG X L, et al. Measurement of fetal conus distance with 3D ultrasonography as a reliable prenatal diagnosis method for tethered cord syndrome[J]. J Obstet Gynaecol Res, 2020, 46(4): 587-594.
- [9] MAZZOLA C A, TYAGI R, ASSASSI N, et al. Congress of neurological surgeons systematic review and evidence-based guideline on the incidence of tethered cord syndrome in infants with myelomeningocele with prenatal versus postnatal repair[J]. Neurosurgery, 2019, 85(3): E417-E419.
- [10] CORROENNE R, SANZ CORTES M, JOHNSON R M, et al.

- Impact of the cystic neural tube defects on fetal motor function in prenatal myelomeningocele repairs: a retrospective cohort study[J]. *Prenat Diagn*, 2021, 41(8): 965-971.
- [11] ZIEBA J, WALCZAK M, GORDIENKO O, et al. Altered amniotic fluid levels of hyaluronic acid in fetal rats with myelomeningocele: understanding spinal cord injury[J]. *J Neurotrauma*, 2019, 36(12): 1965-1973.
- [12] SAMUK I, BISCHOFF A, FREUD E, et al. Tethered cord in children with anorectal malformations with emphasis on rectobladder neck fistula[J]. *Pediatr Surg Int*, 2019, 35(2): 221-226.
- [13] IDE K, HASEGAWA T, YAMATO Y, et al. Spinal shortening osteotomy for adult tethered cord syndrome evaluated by intraoperative ultrasonography[J]. *J Orthop Sci*, 2021, 26(3): 363-368.
- [14] WRIGHT C H, KASLIWAL M K. Commentary: posterior vertebral column subtraction osteotomy for recurrent tethered cord syndrome: a multicenter, retrospective analysis[J]. *Neurosurgery*, 2021, 88(3): E244-E245.
- [15] ALEXIADES N G, SHAO B, SAIMAN L, et al. High prevalence of gram-negative rod and multi-organism surgical site infections after pediatric complex tethered spinal cord surgery: preliminary report from a single-center study[J]. *Pediatr Neurosurg*, 2020, 55(2): 92-100.
- [16] FINGER T, AIGNER A, DEPPERICH L, et al. Secondary tethered cord syndrome in adult patients: retethering rates, long-term clinical outcome, and the effect of intraoperative neuromonitoring[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2020, 162(9): 2087-2096.
- [17] FEKETE G, BOGNÁR L, NOVÁK L. Surgical treatment of tethered cord syndrome-comparing the results of surgeries with and without electrophysiological monitoring[J]. *Childs Nerv Syst*, 2019, 35(6): 979-984.
- [18] 赵丹, 蔡爱露, 王晓光, 等. 三维超声容积对比成像定位胎儿脊髓圆锥水平[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2017, 14(10): 636-639.
- [19] 黄晴, 练丹, 陈静, 等. 四维超声和MRI在胎儿隐性脊柱裂筛查中的应用及影响诊断准确性的因素分析[J]. *中国医学装备*, 2021, 18(1): 23-26.
- [20] 汤小芳, 刘乐乐, 吴娟. 三维及二维超声在胎儿脊髓圆锥定位中的应用价值[J]. *海南医学*, 2019, 30(17): 2262-2264.
- [21] 詹淑蓓, 陈利民, 贺军, 等. 超声脊柱尾侧椎体计数法在胎儿脊髓圆锥末端位置判定中的临床应用价值[J]. *中国妇幼保健*, 2021, 36(2): 434-437.
- [22] 韩芸峰, 来璇, 张华, 等. 脊髓拴系终丝切断术后脊髓圆锥漂移度与腰骶椎序列的关系及其意义[J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36(4): 380-384.
- [23] 李荣品, 侯振洲, 焦祺, 等. 小儿脊髓拴系综合征中脊髓积水空洞磁共振成像大小变化特点及分析[J]. *实用放射学杂志*, 2020, 36(6): 953-955.
- [24] 梁美玲, 蔡爱露, 王以妮, 等. 三维超声容积对比成像和断层超声成像技术观察胎儿脊髓拴系[J]. *中国医学影像技术*, 2017, 33(7): 1024-1028.
- [25] RODRIGUEZ M A, PRATS P, MUÑOZ A, et al. Sonographic evaluation of the fetal conus medullaris[J]. *Prenat Diagn*, 2014, 34(11): 1111-1114.

(张西倩 编辑)

本文引用格式: 周伟娜, 吴向玲, 李强, 等. 三维超声联合 VCI、TUI 技术观察脊髓圆锥对胎儿骶尾部疾病合并脊髓拴系综合征的诊断价值[J]. *中国现代医学杂志*, 2023, 33(1): 88-94.

Cite this article as: ZHOU W N, WU X L, LI Q, et al. Value of ultrasonography in diagnosis of spinal cord conus in fetal sacral tail disease complicated with tether[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2023, 33(1): 88-94.