

# 髋发育不良数字声波技术的早期筛查价值

黄晓琳 邝适存 郑振耀

**【摘要】** 目的 开发一种非侵入性数字声波技术,反映髋关节的结构特征,用于新生儿髋发育不良的早期筛查。方法 应用包括有刺激系统、传导系统和带有双通道数字过滤程序数据分析系统的数字声波技术,测量分析了 90 例正常新生儿两侧髋关节声波信号相关性(CF)和声强差异(D),并初步对 16 例 1~60 个月婴幼儿进行相应测量,并与正常组进行比较。结果 在 160~315 Hz 范围,两侧髋关节声波信号相关性:正常组  $CF > 0.94$ ;髋发育不良组中有 6 例  $CF < 0.8$ 。声强差异:正常组  $D < 2$  dB;髋发育不良组均明显大于正常,差异有显著性意义( $P < 0.001$ )。统计学处理还表明,以声强差异 2 dB 为临界点,灵敏度可以达到 100%。结论 该声波技术提供了一个用数字客观评估髋关节声波信号的实用方法,可用于新生儿髋发育不良的早期筛查。

**【关键词】** 髋发育不良,先天性;新生儿筛查;髋关节

**Early screening of developmental dysplasia of hip by acoustical technique** HUANG Xiaolin, KUANG Shichun, ZHENG Zhenyao. Department of Rehabilitation Medicine, Tongji Hospital, The Tongji Medical University, Wuhan, 430030, China

**【Abstract】 Objective** To search for non-invasive acoustical technique reflecting the dynamic response of the observed structure for early screening of developmental dysplasia of the hip (DDH) in neonates. **Methods** The special testing instruments included an excitation system, a transduction system and the data acquisition and analysis system with a program of dual channel digital filter for measuring the power of acoustic signals. The baseline for 90 normal neonates has been established. Sixteen cases of unilateral DDH were examined by the acoustical technique. **Results** The most optimal and effective testing frequencies were found in the range of 200~315 Hz in which there was a high coherence ( $CF > 0.94$ ) and a small discrepancy ( $D < 2$  dB) in normal group. The results suggested that the coherence of the signals in 6 cases were below 0.8 in at least one of these three frequency bands. The discrepancy estimated for the patients were found to be clearly different from the normal figures ( $P < 0.001$ ). By setting the cut-off discrepancy at 2.0 dB, the best sensitivity of 100% would be achieved. **Conclusion** This study shows that the development of the acoustical technique providing a practical method with objective measure of sound signals across hip joints for early screening of DDH in neonates.

**【Key words】** Hip dysplasia congenital; Neonatal screening; Hip joint

髋发育不良(developmental dysplasia of the hip, DDH)是一种常见的小儿畸形,早期诊断和及时治疗对预防残疾至关重要。虽然 B 超检查能早期显示髋关节解剖结构,但由于观察者之间的误差<sup>[1-5]</sup>,操作者的熟练程度<sup>[6]</sup>等影响,可产生一定误差率<sup>[7]</sup>,加之设备、技术的普及和费用等,要作为普查方法,目前尚未具备条件。

髋脱位的早期诊断是髋发育不良的重要的研究内容,国外许多学者对此进行了探讨。以往采用声波传导技术是用手指扣敲或音叉振动髌骨,借助听

诊器在耻骨联合处听诊声波传导,以辅助诊断髋脱位或股骨骨折<sup>[8-12]</sup>,但这种方法仍缺乏对声波传导的客观记录和定量分析。本研究的目的是开发一种非侵入性的数字声波技术以定量评定髋关节的声波传导,反映髋关节的结构特征,用于新生儿髋发育不良的早期筛查。

## 资料及方法

### 一、仪器(图 1)

1. 刺激系统/双通道信号分析仪 包括一个声波信号发生器,发出的声波信号连接至一个手握式刺激器提供振动力。

2. 传导系 包括一对相同的麦克风和两个听诊器组成听-麦复合器用于检拾声波信号。

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院康复医学科(黄晓琳),香港理工大学康复治疗科学系(邝适存),香港中文大学矫形外科与创伤学系(郑振耀)

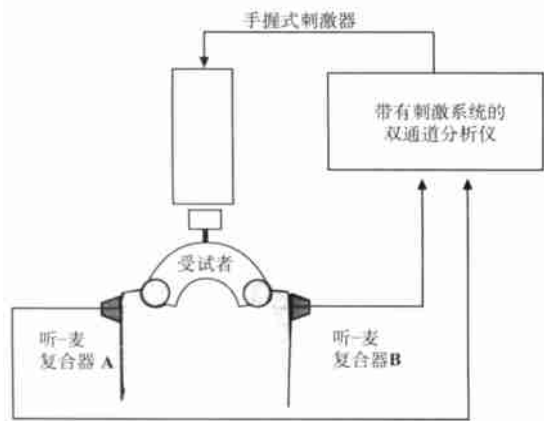


图 1 声波技术测量示意图

3. 数据收集和分析系统 便携式安装有双通道数字过滤程序的信号分析仪, 用于将声波信号转变为数字进行分析。

二、方法

1. 实验方法 受试者取俯卧位, 暴露臀部, 髋关节保持伸展和内收位, 将一对听-麦复合器对称放置在髋关节大转子处, 用一根弹力橡皮带固定。将手握式刺激器置于骶骨中央进行刺激。

2. 实验参数 记录两侧髋关节已转变为数字的声波信号, 用每个频带的右髋声强除以左髋声强, 其比值用 dB 表示, 以了解两侧髋关节声强差异 (discrepancy, D), 其数学表达式为: 声强差异 (dB) = 20 Log [右髋声强/左髋声强], 0 dB 表明两侧声波传导完全相等。两侧信号相关性 (coherence function, CF) 的评定: 两侧髋关节声波信号在每个频带的线性关系程度, 其相关性用 0~1 的尺度来表示。

三、受试者

1. 90 名正常新生儿, 男 47 例, 女 43 例; 年龄 1~30 d (平均 5 d)。所有受试者均无已知的神经或骨骼肌肉疾患或先天畸形, 并均由一位经验丰富的高年儿科医生进行手法检查 (ortolani & barlow) 诊断阴性。

2. 16 例单侧 DDH 患儿, 男 7 例, 女 9 例; 年龄 1~60 个月 (平均 19 个月)。所有患儿 Ortolani 或 Barlow 试验阳性, 并经 B 超或 X 线片证实为 DDH。

结 果

一、90 名正常新生儿两侧髋关节声波信号相关性 (CF) 和声强差异 (D) 统计学处理结果 (表 1)。

从表 1 中看到, 在 160~315 Hz 范围, 两髋声波信号相关性最高 (CF > 0.94), 并且两髋声强差异最小 (D < 2 dB)。

表 1 90 名正常新生儿两侧髋关节声波信号相关性和声强差异 ( $\bar{x} \pm s$ )

频率 (Hz)	相关性	声强差异 (dB)
100	0.96 ± 0.08	1.55 ± 1.13
125	0.97 ± 0.04	1.31 ± 0.93
160	0.98 ± 0.03	1.09 ± 0.64
200	0.98 ± 0.03	1.13 ± 0.62
250	0.98 ± 0.04	1.15 ± 0.60
315	0.99 ± 0.04	1.25 ± 0.68
400	0.97 ± 0.05	1.66 ± 1.02
500	0.89 ± 0.14	2.81 ± 2.61

二、16 例单侧 DDH 患儿两侧髋关节声波信号相关性和声强差异统计学处理结果 (表 2)。

表 2 16 例 DDH 患儿两侧髋关节声波信号相关性和声强差异

患儿编号	声强差异 (dB)			相关性		
	200 Hz	250 Hz	315 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz
1	4.50	0.73	1.23	0.83	0.90	0.90
2	3.30	3.56	5.10	1.00	1.00	1.00
3	3.53	4.53	6.10	0.95	0.95	0.95
4	3.40	2.53	2.43	0.90	0.90	0.90
5	2.00	2.20	1.50	1.00	1.00	1.00
6	2.96	3.56	3.70	0.86	0.83	0.83
7	2.11	2.83	4.82	1.00	1.00	0.93
8	1.13	6.60	7.60	0.83	0.43	0.66
9	5.10	4.60	7.10	0.63	0.63	0.66
10	7.38	6.37	7.33	0.63	0.80	0.73
11	0.95	2.85	5.00	0.80	0.75	0.55
12	6.23	7.10	8.93	0.96	1.00	0.96
13	5.16	4.16	5.90	0.86	0.86	0.90
14	2.47	3.36	6.27	0.93	0.90	0.76
15	3.10	3.50	4.36	0.96	0.96	0.90
16	1.70	0.83	1.33	0.93	1.00	1.00

结果显示, ① 6 例 DDH 两侧髋关节声波信号相关性在 200~315 Hz 范围内至少有一个频带 CF < 0.8, 表明两侧髋关节结构不对称; ② 所有 DDH 病例声强差异均明显大于正常。

三、正常新生儿组和 DDH 患儿组两侧髋关节声强差异 Mann-Whitney t 检验结果 (表 3)。

表 3 正常新生儿组和 DDH 患儿组两侧髋关节声强差异 (dB,  $\bar{x} \pm s$ )

手法试验 B 超或 X 线片组	例数	声强差异		
		200 Hz	250 Hz	315 Hz
正常新生儿	90	1.28 ± 0.62	1.15 ± 0.60	1.25 ± 0.69
DDH	16	3.67 ± 1.82	4.11 ± 1.89	5.36 ± 2.29

注: \*与正常组比较, P < 0.001

结果表明, 两组间声强差异在 200 Hz, 250 Hz 和 315 Hz 范围内统计学检验差异均有显著性意义

( $P < 0.001$ )。

#### 四、声波技术测定声强差异不同临界值比较

90 名正常新生儿与 16 例经手法试验和 B 超或 X 线片诊断为 DDH 患儿, 用声波技术测定, 两侧髋关节声强差异不同临界值比较 (表 4)。

表 4 声波技术测定声强差异不同临界值比较

声强差异 (dB) 临界值	正常新生儿与 DDH 患儿			
	灵敏度	特异度	假阳性率 (%)	假阴性率 (%)
1.5	100	25	16	0
2	100	75	6	0
2.5	93	75	7	25
3	93	100	0	20
3.5	88	100	0	33

### 讨 论

一般声波技术与用于心肺检查和诊断的听诊和叩诊原理一样, 是利用声波在人体组织产生和传导来了解疾病的状况。而本研究是利用声波转换数字分析系统来测定两侧髋关节声波传导, 定量评定其力学特征。本研究一个重要发现是, 在正常新生儿组, 于 200~315 Hz 范围内, 两髋声波信号相关性最高 ( $CF > 0.94$ ), 声强差异最小 ( $D < 2$  dB)。因此, 这三个频带可认为是最理想和最有效的声波传导频率。如果声波信号相关性低于 0.7 或 0.8, 则表明两侧髋关节结构不对称的可能性很大。另一个重要发现是, 在 DDH 组, 由于患髋关节结构改变, 头白的力学特征出现异常, 致使通过患髋的声波传导明显减弱。统计学处理结果还表明, 以声强差异 2 dB 为临界值时, 可以将所有的 DDH 患儿鉴别出来, 达到 100% 的灵敏度, 这对于筛查来说, 是极其重要的。虽然 1.5 dB 的临界值也可达到 100% 的灵敏度, 但由于其特异度太低 (25.0%) 而不适宜。3 dB 的临界值虽有较高的灵敏度 (93.0%), 但毕竟会造成部分漏诊的可能。

当然, 如果有两侧完全相同的 DDH, 该声波技术就难以鉴别, 但这种机会很小。因为双侧 DDH 的发生率仅为 20.0%<sup>[13, 14]</sup>; 其次, 即使双侧 DDH, 一般两侧结构改变不会完全一致, 所以仍然可以鉴别; 第三, 万一两侧 DDH 结构改变完全对称, 则可以通过分别测量传入声波 (input) 和传出声波 (output), 即测量刺激器发出的声波及两侧听诊器分别拾取的声波, 通过声波的衰减度来判断髋关节的结构改变。因为本研究已证实, 只要髋关节结构发生

改变, 穿过髋关节的声波就明显减少。

本研究发展的数字声波技术操作简便, 快速实用, 无痛无损伤, 可以反复检查, 而且安全又便宜。在检查费用上, 数字声波技术将明显低于超声检查, 并且对操作者的经验和技术要求不高, 容易掌握, 如只要懂得将刺激器置于骶骨骨突正中, 将听诊器对称安放在两侧股骨大转子, 数字声波信号分析仪将自动给出结果, 所以一般医务人员只要稍加培训, 就可以学习应用。从成本-效益看, 数字声波技术作为筛查方法具有很大潜力, 在各级医疗机构中对 DDH 进行普查。一旦声波技术测定怀疑有髋关节结构改变时, 可以进一步用 B 超检查确诊, 对可疑患儿重点随访 3 个月 (至股骨头点状骨化中心出现), 以作出早期诊断。

### 参 考 文 献

- 1 Bar-On E, Meyer S, Hamari G, et al. Ultrasonography of the hip in development hip dysplasia. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1998, 80(2): 321-324.
- 2 Rosendahl K, Aslaksen A, Lie RT, et al. Reliability of ultrasound in the early diagnosis of developmental dysplasia of the hip. *Pediatr Radiol*, 1995, 25: 219-224.
- 3 Dias JJ, Thomas IH, Lamont AC, et al. The reliability fo ultrasonographic assessment of neonatal hips. *J Bone Joint Surg*, 1993, 75B: 479-482.
- 4 Bick U, Muller-Leisse C, Trogr J. Ultrasonography of the hip in preterm neonates. *Pediatr Radiol*, 1990, 20(5): 331-333.
- 5 Exner GU. Ultrasound screening for hip dysplasia in neonates. *J Pediatr Orthop*, 1988, 8: 656-660.
- 6 Dezateux C, Godward S. A national survey of screening for congenital dislocation of the hip. *Arch Dis Childhood*, 1996, 74: 445-448.
- 7 Hensinger RN. The changing role of ultrasound in the management of developmental dysplasia of the hip (DDH). *J Pediatr Orthop*, 1995, 8: 723-724.
- 8 Siffert RS, Kaufman JJ. Acoustic assessment of fracture healing. Capabilities and limitations of "a lost art". *Am J Orthop*, 1996, 25 (9): 614-618.
- 9 Aronsson DD, Goldberg MJ, Kling T, et al. Developmental dysplasia of the hip. *Pediatrics*, 1994, 94: 201-203.
- 10 Terjesen T, Bredland T, Berg V. Ultrasound for hip assessment in the newborn. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1989, 71: 767-773.
- 11 Stone MH, Richardson JB, Bennet GC. Another clinical test for congenital dislocation of the hip. *Lancet*, 1987, 954-955.
- 12 Bertol P, Magnicol MF, Mitchell GP. Radiographic features of neonatal congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg (Br)*, 1982, 64(B): 176-179.
- 13 Evans GA, Draycott V. *Cash's textbook of orthopedics and rheumatology for physiotherapists*. 2nd ed. London: Mosby-Year Book Europe Ltd, 1992. 72-81.
- 14 Novacheck TF. Developmental dysplasia of the hip. *Pediatric Clin Nor Am*, 1996, 43: 829-848.

(收稿日期: 2001-06-07)