

论 著
(临床研究)新生儿高胆红素血症左心室心肌收缩功能评估中
二维斑点追踪显像技术的应用价值

于 洋, 刘 丹, 温澄非

【摘要】 目的 探讨新生儿高胆红素血症左心室心肌收缩功能评估中二维斑点追踪显像技术的应用价值。**方法** 选择吉林大学第一医院 2020 年 8 月至 2021 年 12 月收治的 112 例高胆红素血症儿为患儿组;同期抽取医院健康出生的 120 例足月新生儿为健康组。2 组均以超声实施左心室功能检查,统计分析超声心动图与二维斑点追踪成像指标在不同组间的差异,以评价二维斑点追踪显像技术的应用优势。**结果** 患儿组左心室流出道最大流速为 $(0.60 \pm 0.08) \text{ m/s}$,明显高于健康组 $(0.51 \pm 0.05) \text{ m/s}$ ($t = 10.348, P = 0.001$)。患儿组左心室间隔三层心肌,室前壁与下壁的外膜下心肌、中层心肌的纵向峰值应变率与健康组比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$);患儿组心尖段外膜下心肌,中间段与基底段的外膜下心肌、中层心肌的纵向峰值应变率与健康组比较均有统计学意义 ($P < 0.05$)。患儿组治疗后心尖段与基底段外膜下心肌应变率分别为 $(-15.81 \pm 2.65)\%$ 、 $(-8.81 \pm 1.65)\%$,均小于治疗前 $(-14.93 \pm 2.72)\%$ 、 $(-8.03 \pm 1.86)\%$ ($t = 2.452, 3.320, P = 0.015, 0.001$)。**结论** 二维斑点追踪显像技术能够更为准确、灵敏地量化评价高胆红素血症患儿左心室心肌不同分层、不同室壁、不同节段的纵向应变指标差异,值得临床选择。

【关键词】 新生儿;高胆红素血症;左心室;心肌收缩功能;二维斑点追踪显像**【中图分类号】** R814.3 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2023)03-0261-06**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2023.03.008Application value of two-dimensional speckle tracking imaging technique in the assessment of left
ventricular myocardial systolic function in neonatal hyperbilirubinemiaYU Yang¹, LIU Dan², WEN Chengfei¹

(1. Department of Cardiology, the First Hospital of Jilin University, Changchun 130000, Jilin, China; 2. Department of Thoracic surgery, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan, China)

【Abstract】 Objective To analyze the application value of two-dimensional speckle tracking imaging technique in the assessment of left ventricular myocardial systolic function in neonatal hyperbilirubinemia. **Methods** A total of 112 children with hyperbilirubinemia admitted from August 2020 to December 2021 in the First Hospital of Jilin University were selected as the children group. 120 full-term neonates born in the hospital during the same period were selected as the healthy group. The left ventricular function was examined by ultrasound in both groups, and the differences between echocardiography and two-dimensional speckle tracking imaging between different groups were statistically analyzed to evaluate the application advantages of two-dimensional speckle tracking imaging technology. **Results** The maximum flow velocity of left ventricular outflow tract in the children group was $(0.60 \pm 0.08) \text{ m/s}$, which was significantly higher than that in the healthy group $(0.51 \pm 0.05) \text{ m/s}$ ($t = 10.348, P = 0.001$). The longitudinal peak strain rates of the left ventricular septal three-layer myocardium, the subadventitial myocardium and the middle myocardium of the anterior and inferior ventricular walls in the child group were statistically significant compared with those in the healthy group ($P < 0.05$). There was statistical significance in the comparison of the subepicardial myocardial strain parameters between the two groups, as well as the subepicardial myocardial strain parameters between the middle segment and the base segment ($P < 0.05$). The myocardial strain rates

作者单位:130000 长春,吉林大学第一医院二部心血管内科
(于 洋、温澄非);646000 泸州,西南医科大学附
属医院胸外科(刘 丹)

in apical segment and basal segment were $(-15.81 \pm 2.65)\%$ and $(-8.81 \pm 1.65)\%$, respectively, higher than those before treatment $(-14.93 \pm 2.72)\%$ and $(-8.03 \pm 1.86)\%$ ($t=2.452, 3.320, P=0.015, 0.001$). **Conclusion** Two-dimensional speckle tracking imaging technology can more accurately and sensitively quantitatively evaluate the differences in longitudinal strain indexes of left ventricular myocardium in different layers, walls, and segments in children with hyperbilirubinemia, and is worthy of clinical choice.

[Key words] newborn; hyperbilirubinemia; left ventricle; myocardial contractile function; two-dimensional speckle tracking imaging

0 引言

高胆红素血症属于新生儿时期的常见病症,是因血液中红细胞的血红素终末代谢产物堆积过多而引起的疾病^[1]。临床上总胆红素不仅是黄疸诊断的重要依据,同时对评价患儿的肝功能指标也有重要意义^[2]。除此之外,总胆红素水平升高还可能影响新生儿的细胞免疫、神经系统、脏器功能等,因此早期检测各功能指标,积极干预十分重要^[3-4]。有研究指出,高胆红素血症患儿的胆红素水平越高,肌钙蛋白等心肌酶指标也会随之升高,意味着会引起患儿的心肌损伤^[5]。二维斑点追踪显像技术(two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI)作为一种新型影像学处理技术,其是指通过自动识别心肌内回声斑点信号,达到心肌形变与运动轨迹的追踪目的。相较于传统超声检查,2D-STI 具有重复性好,实用性强,能够对心动特征进行实时连续性观察等优点^[6]。本研究应用 2D-STI 评估比较高胆红素血症与健康新生儿在左心室心肌收缩功能方面的差异,以论证 2D-STI 的应用优势。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择吉林大学第一医院 2020 年 8 月至 2021 年 12 月收治的 112 例高胆红素血症新生儿为患儿组;抽取同期医院健康出生的 120 例足月新生儿为健康组。患儿组 112 例中,男女比例 67:45;剖宫产 49 例,顺产 63 例;出生日龄 2~17 d,平均出生日龄 (10.8 ± 3.94) d;体质量 2.6~3.6 kg,平均体质量 (3.2 ± 0.28) kg;出生 Apgar 评分 7~10 分,平均出生 Apgar 评分 (8.6 ± 1.31) 分。健康组 120 例中,男女比例 64:56;剖宫产 52 例,顺产 68 例;出生日龄 1~15 d,平均出生日龄 (10.6 ± 4.08) d;体质量 2.5~3.7 kg,平均体质量 (3.4 ± 0.31) kg;出生 Apgar 评分 7~10 分,平均出生 Apgar 评分 (8.8 ± 1.19) 分。2 组常规资料比较差异无统计意义($P>0.05$)。本研究展开前,已向每位新生儿家属说明

研究情况及研究目的,均已签署知情同意书,且已通过医院伦理委员会审核批准[批准号:(2020 年)伦审第(0814)号]。

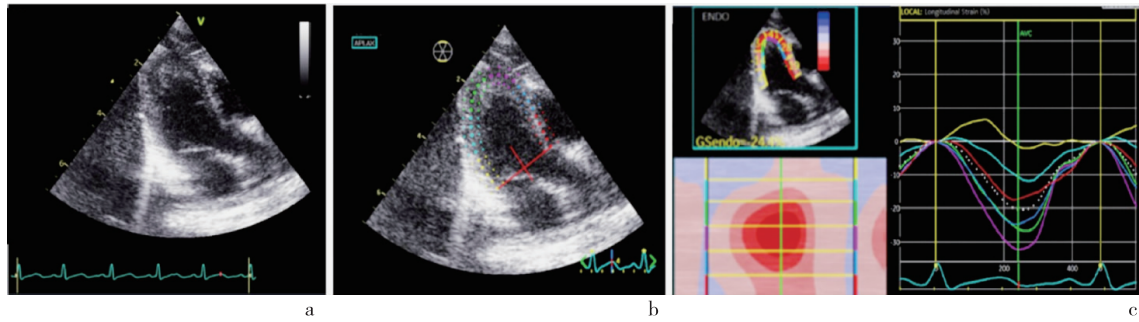
1.2 纳入与排除标准 纳入标准:①37~41 周胎龄、单胎;②新生儿体质量 ≥ 2.5 kg 且 ≤ 4.0 kg;③出生日龄在 28 d 以内;④患儿组符合高胆红素血症诊断标准^[7],健康组无疾病;⑤出生后 Apgar 评分在 7 分及以上;⑥新生儿家属知情同意并配合研究。排除标准:①宫内发育异常、巨大儿、早产儿、低体质量儿;②围产期合并窒息、肺炎等病变;③合并其他先天性疾病;④新生儿或家属无法配合。

1.3 方法

1.3.1 仪器 选择超声诊断及小儿心脏探头等配套设备(Vivid 7 型号多普勒超声,购自美国 GE 公司);模式:小儿心脏检查;频率:1.5~3.5 MHz;帧频: >50 帧/s;应用内置 2D-STI 软件包分析图像。

1.3.2 超声心动图 2 组均于安静或睡眠下实施检查,同时连接胸导联心电图观察。超声心动图观察 2 组心脏发育、心内结构、冠状动脉等情况。进行左心室各指标的常规监测,包括左心室舒张末期室间隔厚度(IVST)、舒张末期内径(LVEDD)、后壁厚度(LVPWT)、舒张末期容积(LVESV)、射血分数(LVEF)、短轴缩短率(LVFS)、流出道最大流速(Vlvot)等指标。

1.3.3 2D-STI 技术 提取 2 组新生儿心尖两腔、四腔及心尖左室长轴等切面的 2D 动态影像,连续收集 3~5 个心动周期后进行脱机处理。在 2D 分层应变模式下,分析处理各切面图像。由系统对左心室间隔及前、侧、后、下、前间壁的参数进行自动收集;同时,将每个室壁分为 3 个节段(心尖、中间与基底段);再将每个节段按分层原则分为三层(外膜下、中层与内膜下)心肌。以每层心肌为最小的单位,由系统自动对每一节段心肌实施斑点追踪分析,并生成每一心动周期的纵向峰值应变及曲线,见图 1。以上指标均收集 3 个测量周期的均值进行分析。



a: 尖左室长轴切面; b: 系统自动勾画感兴趣区; c: 每一节段心肌追踪所显示的纵向峰值应变及曲线

图 1 2D-STI 测量示意图

1.4 观察指标 超声心动图指标: 统计比较 2 组新生儿的超声心动图检测指标, 包括 IVST、LVPWT、LVEDD、LVESV、LVEF、LVFS、Vlvot 等指标。2D-STI 分层应变参数: 对照统计 2 组新生儿左心室的 2D-STI 分层应变参数, 包括室间隔、前壁、侧壁、前间壁、后壁、下壁的不同节段与分层的纵向峰值应变率。

1.5 统计学分析 数据用 SPSS 22.0 软件处理, 用均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示正态分布的计量资料, 组间比较采用 t 或 F 检验; 用百分率(%)表示计数资料, 组间比较采用 χ^2 检验; 以 $P\leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 超声心动图参数分析 患儿组 Vlvot 明显高于健康组 ($P<0.05$), 其余参数无差异 ($P>0.05$)。见表 1。

2.2 不同分层应变参数分析 2 组新生儿的应变参数从外膜下心肌, 到中层心肌、内膜下心肌呈渐

进式增高 ($P<0.05$); 患儿组三层心肌应变参数与健康组比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 2。

2.3 不同室壁应变参数分析 2 组均显示不同室壁外膜下心肌应变参数最小, 中层次之, 内膜下参数最大 ($P<0.05$)。组间比较, 患儿组左心室间隔三层心肌, 以及左心室前壁与下壁的外膜下、中层心肌的应变参数与健康组差异明显 ($P<0.05$)。见表 3。

2.4 不同节段应变参数分析 2 组各节段纵向峰值应变率均是心尖段最大, 其次为中间段与基底段 ($P<0.05$); 且 2 组不同节段均显示外膜下心肌纵向峰值应变率最小, 中层心肌次之, 内膜下心肌最大 ($P<0.05$); 组间比较, 患儿组心尖段外膜下心肌, 中间段与基底段的外膜下心肌、中层心肌应变参数与健康组均有明显差异 ($P<0.05$)。见表 4。

2.5 患儿组治疗前后 2D-STI 各节段应变参数分析 患儿组治疗后各节段纵向峰值应变率均有一定程度改变, 且心尖段与基底段外膜下心肌应变率均小于治疗前 ($P<0.05$)。见表 5。

表 1 入组高胆红素血症新生儿与健康新生儿超声心动图参数分析 ($\bar{x}\pm s$)

组别	IVST(mm)	LVPWT(mm)	LVEDD(mm)	LVESV(mL)	LVEF(%)	LVFS(%)	Vlvot(m/s)
健康组($n=120$)	3.16 \pm 0.75	3.25 \pm 0.96	18.31 \pm 2.18	30.12 \pm 4.86	67.39 \pm 5.16	36.53 \pm 4.79	0.51 \pm 0.05
患儿组($n=112$)	3.12 \pm 0.43	3.16 \pm 0.58	18.90 \pm 2.94	29.68 \pm 5.17	66.62 \pm 5.83	36.10 \pm 4.82	0.60 \pm 0.08
t 值	0.494	0.857	1.744	0.668	1.067	0.681	10.348
P 值	0.622	0.392	0.083	0.505	0.287	0.496	0.001

表 2 入组高胆红素血症新生儿与健康新生儿左心室三层心肌应变参数分析 ($\bar{x}\pm s$, %)

组别	外膜下心肌	中层心肌	内膜下心肌	F 值	P 值
健康组($n=120$)	-11.53 \pm 3.60	-13.89 \pm 3.82	-17.47 \pm 4.23	66.134	0.001
患儿组($n=112$)	-11.78 \pm 3.30	-13.80 \pm 3.55	-17.27 \pm 4.27	55.695	0.001
t 值	0.550	0.186	0.358		
P 值	0.583	0.853	0.721		

表 3 入组高胆红素血症新生儿与健康新生儿不同室壁应变参数分析($\bar{x}\pm s, \%$)

组别	室壁变量	外膜下心肌	中层心肌	内膜下心肌	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
健康组(<i>n</i> = 120)	左心室间隔	-15.88±2.67	-18.26±2.88	-21.38±2.69	120.874	0.001
	左心室前壁	-14.92±3.36	-17.26±3.46	-20.69±4.25	82.332	0.001
	左心室侧壁	-7.43±3.73	-10.18±5.07	-14.37±5.28	65.143	0.001
	左心室前间壁	-14.69±3.18	-16.63±3.15	-19.82±3.05	82.332	0.001
	左心室后壁	-6.63±4.05	-9.15±4.06	-12.78±5.28	56.628	0.001
	左心室下壁	-13.18±3.85	-13.34±3.89	-16.36±4.53	22.892	0.001
患儿组(<i>n</i> = 112)	左心室间隔	-14.92±2.53*	-17.25±2.69*	-20.12±3.28*	93.441	0.001
	左心室前壁	-13.78±3.72*	-16.23±4.02*	-19.80±3.69	140.784	0.001
	左心室侧壁	-7.41±3.28	-10.38±3.68	-14.68±5.24	86.733	0.001
	左心室前间壁	-14.48±2.96	-16.52±2.87	-19.75±3.52	80.731	0.001
	左心室后壁	-6.95±3.45	-9.07±4.12	-12.88±5.34	52.861	0.001
	左心室下壁	-9.61±4.59*	-12.05±4.27*	-15.75±4.85	51.115	0.001

与健康组同一变量比较, * *P* < 0.05

表 4 入组高胆红素血症新生儿与健康新生儿不同节段应变参数分析($\bar{x}\pm s, \%$)

组别	节段变量	外膜下心肌	中层心肌	内膜下心肌	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
健康组(<i>n</i> = 120)	心尖段	-15.78±2.86	-20.17±3.27	-28.79±4.25	511.772	0.001
	中间段	-10.88±1.73	-11.49±2.14	-13.86±2.34	68.375	0.001
	基底段	-8.74±1.62	-9.26±1.86	-9.88±2.05	11.399	0.001
<i>F</i> 值	-	255.130	638.508	1397.090		
<i>P</i> 值	-	0.001	0.001	0.001		
患儿组(<i>n</i> = 112)	心尖段	-14.93±2.72*	-19.96±3.16	-28.63±3.94	160.363	0.001
	中间段	-11.67±1.93*	-12.54±1.95*	-13.74±2.81	23.534	0.001
	基底段	-8.03±1.86*	-8.96±1.72*	-9.58±2.17	18.379	0.001
<i>F</i> 值	-	328.782	793.564	1119.050		
<i>P</i> 值	-	0.001	0.001	0.001		

与健康组同一变量比较, * *P* < 0.05

表 5 高胆红素血症新生儿治疗前后心功能指标分析(*n* = 112, $\bar{x}\pm s, \%$)

节段变量	心肌分层	治疗前	治疗后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
心尖段	外膜下心肌	-14.93±2.72	-15.81±2.65*	2.452	0.015
	中层心肌	-19.96±3.16	-20.35±3.04	0.941	0.348
	内膜下心肌	-28.63±3.94	-28.85±4.33	0.398	0.691
中间段	外膜下心肌	-11.67±1.93	-11.24±1.88	1.689	0.093
	中层心肌	-12.54±1.95	-12.13±2.06	1.530	0.128
	内膜下心肌	-13.74±2.81	-13.90±2.54	0.447	0.655
基底段	外膜下心肌	-8.03±1.86	-8.81±1.65*	3.320	0.001
	中层心肌	-8.96±1.72	-9.28±1.74	1.384	0.168
	内膜下心肌	-9.58±2.17	-9.86±2.12	0.977	0.330

与治疗前比较, * *P* < 0.05

3 讨 论

高胆红素血症在新生儿病变中十分常发,且容易对中枢神经、心、肾等多系统、器官造成损伤,早期有效的治疗,并加强对其他器官损害的监测十分

重要^[8]。有研究指出,患儿在黄疸病情严重时很可能造成心肌损伤,而通过心肌酶监测,能够早期发现患儿的心肌异常,提供合理诊疗及评估预后依据^[9]。还有研究认为,2D-STI 能够从多方向观察心肌变化,评价左心室心肌收缩功能,能更加充分地

了解儿童的心肌损伤情况^[10-11]。现重点对 2D-STI 评估新生儿高胆红素血症左心室心肌收缩的情况展开分析。

本研究对患儿与健康儿实施彩色多普勒超声心动图检查发现,2 组新生儿在左心室舒张末期室间隔厚度、后壁厚度、内径、容积、射血分数等心动图指标差异均无意义,仅显示患儿组左心室流出道最大流速高于健康组。患儿组射血分数等指标与健康组比较无差异,提示患儿左心室整体的收缩功能尚在比较正常的状态,而上述指标只有在病情恶化、心肌细胞受损严重时才会有较明显的改变。患儿组患儿左心室流出道流速增快,分析认为患儿可能是受到病变影响,使得代谢与应激状态增高,从而表现出各瓣膜口流速增快现象。结合超声心动图结果整体认为,采用常规的超声心动图监测新生儿心脏形态变化有一定的限制性,其虽能实时观察新生儿心脏与大血管解剖结构,分辨血流方向及流速,但无法早期反映心脏整体及局部的细微变化^[12]。

再采用 2D-STI 技术观察受试者的左心室应变情况。解剖学研究认为,由于心肌的排列方式比较特殊,使得心脏器官会从周向、径向、纵向、扭转 4 个方向进行舒张收缩运动^[13]。其中,左心室心肌是呈螺旋扭转式运动的,而应变参数是指心肌在收缩力作用下的形变程度评估。采用 2D-STI 定量评估,利用超声入射波与机体组织之间的交互效果,将回声运动时产生“斑点”呈现在二维图上,再通过对斑点的追踪获取心肌多方向运动的轨迹信息,计算出心肌不同部位的应变、速度等力学参数,从而达到科学评估心肌收缩功能的目的^[14-15]。将该技术用于高胆红素血症新生儿,对评估患儿局部心肌受损程度及提供临床决策有重要指导意义。

继续分析发现,患儿组患儿与健康组健康新生儿在纵向方向上的整体分层应变曲线基本一致,2 组新生儿的分层纵向峰值应变率从外膜下,到中层、内膜下心肌均呈渐进式增高状态。推测这种渐进状态,可能是由于心肌分层之间的曲率半径存在差异,使得各分层心肌之间的应变张力也随之不同。在不同室壁的应变参数分析中发现,2 组新生儿均按照后壁、侧壁、下壁、前间隔、前壁、室间隔心肌的顺序呈渐进式增高,这一结果在其他研究中也体现^[16]。患儿组左心室间隔三层心肌,前壁与

下壁的外膜下、中层心肌纵向峰值应变率相较健康组有统计差异。2 组部分室壁之间的差异,猜测可能与心脏解剖学及冠脉血流动力学特征相关。冠脉动脉左前降支及分支为左室壁提供了超半数的血供,而左室间隔与前壁均属于左前降支的供血范围,应力较低会使得血流滞缓,增加毒性物质的滞留时间,可能会导致该部位更容易发生损伤^[17-18]。而患儿组下壁分层的纵向峰值应变率也低于健康组,推测也是由于患儿的病变致供血减缓等因素导致。

研究还分析了 2 组不同节段纵向峰值应变率的变化情况,均显示纵向峰值应变率由基底段,到中间段、心尖段呈渐进式增高。而患儿组心尖段外膜下心肌,基底段的外膜下心肌、中层心肌纵向峰值应变率均大于健康组,中间段外膜下与中层心肌的纵向峰值应变率均小于健康组。猜测认为,这可能是由于未受损或损伤较轻节段代偿性收缩增强,来弥补损伤节段的收缩功能受损问题,以促进整体心肌功能的正常维持^[19-20]。进一步观察了患儿组在治疗后的心功能应变参数指标,结果显示治疗后各节段纵向峰值应变率均有一定程度改变,且心尖段与基底段外膜下心肌应变率均小于治疗前。上述指标差异均提示,在高胆红素血症患儿左室心肌收缩功能评估中,心肌纵向峰值应变属于一种比较准确、灵敏的定量分析指标。

本次研究的不足之处主要体现在:第一,研究只是重点分析了健康新生儿与高胆红素血症新生儿,采用 2D-STI 评估左心室心肌收缩功能各参数的差异,受到纳入样本量较少,以及时间、精力、研究篇幅等因素限制,未能将高胆红素血症患儿按照病症严重程度分级,分别进行超声心动图参数及 2D-STI 中不同节段、不同室壁、不同心肌分层的心动周期纵向峰值应变率比较。未来考虑将以上视角作为论题,进行更加深入、全面的探索分析,以进一步评估不同病情严重程度患儿的左心室心肌功能变化情况。第二,现有研究指出^[21],窒息新生儿的左室四腔心收缩期总应变与血清肌钙蛋白、左室输出量等指标呈相关性,但本次研究缺少此方向的分析内容,因此后期还应分析 2D-STI 在诊断高胆红素血症患儿心肌损伤中与胆红素水平、心肌肌钙蛋白、射血分数等指标的相关性,以便为患儿的心脏功能临床诊断提供更多科学依据。第三,新生儿由于

身体太小,依从性较差,无法获得更清晰的短轴切面图像,难以充分探索周向等应变情况,且本研究未能进一步观察患儿治疗及转归对应变指标的影响,这在后续研究中都是值得关注的重点。

总而言之,2D-STI 能早期发现新生儿心肌收缩功能指标的细微改变,为临床准确评价高胆红素血症患儿左心室心肌损伤提供了新思路,具有较高应用价值。

【参考文献】

- [1] Hansen T, Wong RJ, Stevenson DK. Molecular Physiology and Pathophysiology of Bilirubin Handling by the Blood, Liver, Intestine, and Brain in the Newborn [J]. *Physiol Rev*, 2020, 100 (3):1291-1346.
- [2] 张情梅,任榕娜. 新生儿高胆红素血症远期神经心理发育的相关研究[J]. *东南国防医药*, 2016, 18(5):479-482.
- [3] Sharma V, Sessler DI, Hausenloy DJ. The role of routine postoperative troponin measurement in the diagnosis and management of myocardial injury after non-cardiac surgery [J]. *Anaesthesia*, 2021, 76(1):11-14.
- [4] 张 银,张 悦,陈炳芳,等. 超声内镜引导与经皮肝穿刺胆道引流应用于梗阻性黄疸患者的疗效评价[J]. *东南国防医药*, 2022, 2(2):133-137.
- [5] Flinn U, Khan UA, Neylon O, *et al.* An unusual case of neonatal prolonged unconjugated hyperbilirubinaemia [J]. *Arch Dis Child*, 2019, 104(3):287-290.
- [6] Kizilca O, Ozmen D, Demircan T, *et al.* Evaluation of left ventricular systolic functions in two-dimensional speckle-tracking echocardiography in children with chronic renal failure [J]. *Cardiol Young*, 2020, 31(3):1-8.
- [7] 邵肖梅,叶鸿瑁,丘小汕. 实用新生儿学[M]. 4 版.北京:人民卫生出版社,2011:273.
- [8] Hulzebos CV, Vitek L, Zabetta C, *et al.* Diagnostic methods for neonatal hyperbilirubinemia: benefits, limitations, requirements, and novel developments[J]. *Pediatr Res*, 2021, 90(2):272-276.
- [9] 莫蔚农,姚 强,赵燕凤,等. 茵栀黄口服液联合蓝光治疗新生儿黄疸对心肌酶谱及肝功能影响[J]. *中华中医药学刊*, 2019, 37(4):1015-1017.
- [10] Kothby AA, Aziz M, Husseiny AH, *et al.* Detection of Early Myocardial Injury in Children with Ventricular Septal Defect Using Cardiac Troponin I and Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography [J]. *Pediatr Cardiol*, 2020, 41(3):1548-1558.
- [11] 孙 晖,李 娟,杨 斌,等. 二维斑点追踪显像技术评价早期慢性肾病患者左心室功能的临床研究[J]. *医学研究生学报*, 2014, 27(7):710-712.
- [12] 康 楠,王 静,刘丽文,等. 运动负荷超声心动图评估肥厚型心肌病患者心肌收缩力和心脏-血管耦联的研究[J]. *中国超声医学杂志*, 2020, 36(11):998-1002.
- [13] 刘晓庆,肖秋月,邵国柱,等. 基于磁共振特征追踪技术定量评价扩张型心肌病患者双室心肌应变功能的初步临床研究[J]. *临床放射学杂志*, 2019, 7(7):1223-1228.
- [14] Mai E, Hafez MA, EL-Bendary A, *et al.* Speckle tracking echocardiography for the evaluation of left ventricular function in children with systemic lupus erythematosus [J]. *Lupus*, 2020, 29 (11):1449-1455.
- [15] 延东娥,高 赞,陈新云,等. 二维斑点追踪超声心动图评估冠状动脉病变对收缩早期左心室心肌运动的影响[J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(1):68-71.
- [16] Chinali M, Roberto AMD, Esposito C, *et al.* P1542 Reference values for multilayer longitudinal strain in children: preliminary findings from healthy individuals [J]. *Eur Heart J Card Img*, 2020, 21(1):17.
- [17] Witkowski A, Ruzyo W, Górecka B, *et al.* Reversal of ischaemic systolic and diastolic left ventricular dysfunction by successful coronary angioplasty in patients with non-Q wave anterior myocardial infarction [J]. *Europ Heart J*, 2019, 15(15):1106-1112.
- [18] 左武旭,李 权,陈永乐,等. 分层应变评价冠状动脉慢性完全性闭塞患者血运重建前后左心室收缩功能早期改变[J]. *中华超声影像学杂志*, 2018, 27(3):185-189.
- [19] 牟立欣,于云霞,王永槐,等. 二维斑点追踪技术评价冠状动脉慢血流患者左心室整体收缩功能[J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(1):20-24.
- [20] Sherpa K, Sah RK, Maskey A, *et al.* Evaluation of left ventricular systolic function by Myocardial Deformation Imaging in asymptomatic HIV patients [J]. *Nepal Heart J*, 2019, 16(2):11-15.
- [21] 李铁耕. 高敏心肌钙蛋白 T 在新生儿疾病中的临床应用进展[J]. *中国当代儿科杂志*, 2019, 21(9):936-941.

(收稿日期:2022-11-12; 修回日期:2023-05-12)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:朱一起)