

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.05.013
文章编号: 1005-8982 (2023) 05-0079-07

临床研究·论著

左心室压力-应变环技术评估鼻咽癌化疗患者 左心室心肌功能的临床意义*

廖园园¹, 游宇光¹, 张火根¹, 吕俏²

(赣南医学院第一附属医院 1. 超声医学科, 2. 赣南医学院, 江西 赣州 341000)

摘要: **目的** 应用无创心肌做功超声成像技术评估鼻咽癌患者化疗期间的左心室心肌功能, 探讨左心室(LV)压力-应变环(PSL)技术对鼻咽癌化疗患者左心室心肌功能的临床意义。**方法** 选取赣南医学院第一附属医院收治的28例鼻咽癌化疗患者为鼻咽癌化疗组, 分别于接受化疗前(T₀期)、化疗2个周期后(T₁期)、化疗4个周期后(T₂期)行常规超声心动图检查; 选取同期健康者24例为对照组, 行超声心动图检查。获取两组研究对象的动态二维图像, 测定左心室射血分数(LVEF)、左心室收缩末期容积(LVESV)、左心室舒张末期容积(LVEDV)、心输出量(CO)及每搏量(SV); 应用EchoPac软件脱机分析获取左心室整体纵向应变(GLS)、峰值应变离散度(PSD)、整体无用功(GWW)、整体有用功(GCW)、整体做功指数(GWI)和整体做功效率(GWE)等参数, 比较两组间及鼻咽癌化疗组3个时期各参数的差异; 采用Pearson法分析心肌做功参数与GLS的相关性。**结果** 研究组T₁期的GLS、GWI与对照组及T₀期相比明显下降($P < 0.05$); 研究组T₂期的GLS、GWI、GCW、GWE低于对照组及T₀期($P < 0.05$); PSD、GWW随化疗周期而显著递增($P < 0.05$); GLS与GWI、GCW、GWE呈正相关($r = 0.829, 0.699$ 和 0.739 , 均 $P = 0.000$), 与GWW呈负相关($r = -0.502, P = 0.000$)。**结论** GCW、GWI、GWE可以在早期定量测评鼻咽癌化疗患者的心肌损伤情况, 相较于LVEF等常规超声心动图参数, LV-PSL技术可更全面地评测心肌收缩功能。

关键词: 鼻咽癌; 压力-应变环; 左室功能; 斑点追踪

中图分类号: R445.1; R739.63

文献标识码: A

Clinical significance of the left ventricular pressure-strain loop technique for assessing left ventricular myocardial function in patients undergoing chemotherapy for nasopharyngeal carcinoma*

Liao Yuan-yuan¹, You Yu-guang¹, Zhang Huo-gen¹, Lü Qiao²

(1. Department of Ultrasound, 2. Gannan Medical College, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical College, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

Abstract: Objective To evaluate the left ventricular myocardial function changes in nasopharyngeal carcinoma (NPC) patients during chemotherapy by noninvasive myocardial work and the clinical evaluation significance of left ventricular pressure-strain loop (PSL) in the effect of nasopharyngeal carcinoma chemotherapy on myocardial work. **Methods** Twenty-eight patients with nasopharyngeal cancer undergoing chemotherapy in our hospital were selected as the study group, and routine echocardiography was performed before chemotherapy (T₀ stage), 2 cycles of chemotherapy (T₁ stage), and 4 cycles after chemotherapy (T₂ stage). Twenty-four age-matched healthy subjects were selected as the control group. Dynamic two-dimensional images were obtained by

收稿日期: 2022-04-11

* 基金项目: 江西省教育厅科学技术研究项目(No: 180807)

[通信作者] 游宇光, E-mail: gygyou@163.com; Tel: 13979798779

echocardiography and conventional echocardiography parameters and image processing were measured. EchoPac software was used for off-line analysis to obtain the global longitudinal strain (GLS), peak strain dispersion (PSD), global wasted work (GWW), global constructive work (GCW), global work index (GWI), and global work efficiency (GWE) of the left ventricle. The differences of parameters between the two groups and the study group in three stages were compared, and statistical analysis was performed. **Results** Compared with the control group and the study group at T_0 stage, GLS and GWI of the study group at T_1 stage were significantly decreased, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). GLS, GWI, GCW, and GWE in the study group at T_2 stage were lower than those in the control group and the study group at T_0 stage ($P < 0.05$). PSD and GWW increased markedly with chemotherapy cycle ($P < 0.05$). GLS was positively correlated with GWI, GCW, and GWE, and negatively correlated with GWW. **Conclusion** Parameters such as GCW, GWI, and GWE can quantitatively evaluate the myocardial damage in patients with nasopharyngeal carcinoma undergoing chemotherapy at an early stage. Compared with conventional echocardiography parameters such as left ventricular ejection fraction (LVEF), PSL can more comprehensively evaluate myocardial systolic function.

Keywords: nasopharyngeal neoplasms; pressure-strain loops; left ventricular function; speckle tracking imaging

鼻咽癌是我国耳鼻咽喉头颈外科的常见恶性肿瘤, 进展快、预后差, 严重威胁患者的身心健康。目前临床多推荐使用顺铂和紫杉醇类药物联合化疗方案进行治疗^[1], 但化疗药物所引起的肿瘤治疗相关的心肌功能损害也随之增加。近年来, 部分研究应用超声心动图技术监测紫杉醇联合化疗方案相关的左心室功能改变, 其中, 二维斑点追踪技术(two dimension -speckle tracking imaging, 2D-STI)在评估患者早期的心室收缩功能受损方面取得了一些成果^[2]。在2D-STI基础上衍生的无创心肌做功超声成像技术纳入后负荷影响心肌形态的变化。左心室(left ventricular, LV)压力-应变环(pressure-strain loops, PSL)为应变发展过程中衍生出的定量评估心肌应变及左心室压力的方法, 可获得更为准确的心肌做功参数。本研究应用该技术结合患者左心室压力和整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS), 无创定量地显示左心室心肌做功状况^[3], 探讨该技术对鼻咽癌化疗患者左心室心肌功能的临床意义。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2020年8月—2021年6月赣南医学院第一附属医院肿瘤科收治的鼻咽癌化疗患者30例, 年龄31~50岁, 平均(43.5±6.2)岁; 均进行紫杉醇药物联合化疗。于化疗前(T_0)、化疗2个周期后(T_1)、化疗4个周期后(T_2)对患者行常规超声心动图检查, 排除1例化疗后出现严重心律失常、1例

因出现感染隔离而失访的患者, 最终纳入28例为鼻咽癌化疗组。选取同期体检健康者24例作为对照组, 年龄32~50岁, 平均(41.2±5.3)岁。纳入标准: ①心电图、常规二维超声心动图检查均显示无异常; ②鼻咽癌化疗组患者均在本院接受规范化紫杉醇药物联合化疗, 且接受此次化疗前均未接受过其他化疗和放疗; ③鼻咽癌化疗组患者均经病理证实并有明确分型, 且预期生存周期>1年。排除标准: ①二维超声心动图显示室壁运动异常、窦外节律、有人工瓣膜或起搏器、化疗前超声心动图EF<50%; ②既往出现过心律失常, 如频发室性早搏、室性心动过速等; ③伴器质性心脏病, 如心肌病、风湿性心脏病、冠心病、严重的瓣膜性心脏病或左室流出道梗阻等; ④伴导致心功能损害的其他疾病, 如免疫性疾病、甲状腺功能亢进、尿毒症等; ⑤伴其他恶性肿瘤; ⑥图像质量欠佳, 影响后期处理者。

1.2 方法

1.2.1 仪器 GE vivid E95型超声仪(美国通用电气公司), 配备M5Sc心脏探头(频率1.5~4.3 MHz), 且安装EchoPAC203脱机软件工作站。

1.2.2 图像采集 研究对象先取坐位, 于平静呼吸状态下测量肱动脉血压, 连接心电图后改左侧卧位, 完善常规超声心动图检查后获取包括患者心尖四腔切面、心尖三腔切面和心尖左心室两腔切面在内的3个以上连续心动周期动态二维图像(≥ 60 帧/s)及四维多平面图像, 采集时帧频及深度需保持一致, 将获取的原始资料导入EchoPAC 203

工作站。

1.2.3 图像分析 首先在二维图像基础上运用 Simpson 双平面法测定左室射血分数(LVEF),确认鼻咽癌化疗组患者化疗前 LVEF > 50%,随后应用 EchoPAC 203 工作站 Auto EF 法测定 LVEF、左心室收缩末期容积(LVESV)、左心室舒张末期容积(LVEDV)、心输出量(CO)及每搏量(SV),所有参数测量3次,并取平均值;然后进入 AFI 界面,选取质量较好(心内膜面、外膜面均能清楚显示)的动态图像进行分析,依次在心尖四腔切面、心尖三腔切面和心尖左心室两腔切面自动识别描记心内膜,点击 Proceed,追踪图像满意后生成各切面纵向应变及追踪图;点击 Myocardial work,软件自动识别患者采集时输入的血压,并选取1个心动周期中二尖瓣关闭至开放时间段的图像构建出左室心肌17节段和整体的 PSL 曲线,曲线内面积即心肌做功指数。另外利用 EchoPAC 软件计算分析左心室整体纵向应变值(global longitudinal strain, GLS)、纵向峰值应变离散度(peak strain time dispersion, PSD)、整体无用功(global wasted work, GWW)、整体有用功(global

constructive work, GCW)、整体做功指数(global work index, GWI)、整体做功效率(global work efficiency, GWE)等。所有图像均由2名至少10年专科经验的高年资主治医师以上职称的医师采集3个以上心动周期。

1.3 统计学方法

数据分析采用 SPSS 21.0 统计软件。计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较采用 *t* 检验或方差分析,进一步两两比较采用 LSD-*t* 检验。相关性分析用 Pearson 法。随机选择 20 例研究对象,采用 Bland-Altman 分析法评价观察者内及观察者间 GWI、GCW 测量结果的一致性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料和超声心动图参数比较

两组的年龄及收缩压比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);两组 LVEF、LVEDV、LVESV、SV、CO 比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 两组一般资料和超声心动图参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	年龄/岁	收缩压/mmHg	LVEF/%	LVEDV/mL	LVESV/mL	SV/mL	CO/(L/min)
对照组	24	41.2 ± 5.3	125 ± 9	58.9 ± 4.0	78.1 ± 19.0	34.9 ± 11.1	48.2 ± 9.4	3.7 ± 0.8
鼻咽癌化疗组	28	43.5 ± 6.2	123 ± 14	59.5 ± 4.7	77.7 ± 22.9	32.1 ± 10.4	46.7 ± 13.1	3.4 ± 1.1
<i>t</i> 值		1.425	0.601	0.491	0.068	0.938	0.467	1.108
<i>P</i> 值		0.160	0.551	0.625	0.946	0.353	0.643	0.273

2.2 鼻咽癌化疗组患者化疗前后超声心动图参数比较

鼻咽癌化疗组患者 T_0 、 T_1 、 T_2 时 LVEF、LVEDV、LVESV、SV、CO 比较,经方差分析,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

表 2 鼻咽癌化疗组患者化疗前后左心室二维超声心动图参数比较 ($n=28, \bar{x} \pm s$)

指标	T_0	T_1	T_2	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
LVEF/%	59.5 ± 4.7	58.7 ± 5.4	56.6 ± 4.9	2.504	0.088
LVEDV/mL	77.7 ± 22.9	71.7 ± 15.7	74.5 ± 24.1	0.560	0.573
LVESV/mL	32.1 ± 10.4	29.4 ± 7.2	32.6 ± 11.6	0.845	0.433
SV/mL	46.7 ± 13.1	42.2 ± 10.3	41.7 ± 13.6	1.377	0.258
CO/(L/min)	3.4 ± 1.1	3.2 ± 0.8	3.2 ± 1.3	0.316	0.730

2.3 两组长轴应变及左心室心肌做功参数比较

Bland-Altman 分析法结果显示,观察者间及观察者内 GWE 大部分位于 95% 置信区间内,重复一致性良好(见图 1)。对照组和鼻咽癌化疗组 T_0 、 T_1 、 T_2 时 GLS、PSD、GWI、GCW、GWW、GWE 比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),其中, GWW 随化疗周期而显著递增。进一步两两比较,与对照组相比,鼻咽癌化疗组 T_0 期 GLS、PSD、GWW、GCW、GWI、GWE 差异无统计学意义($P > 0.05$);鼻咽癌化疗组 T_1 期与对照组及 T_0 期比较, PSD、GCW、GWW、GWE 差异无统计学意义($P > 0.05$), GLS、GWI 呈显著下降趋势($P < 0.05$);鼻咽癌化疗组 T_2 期与对照组及 T_0 期比较, GLS、GCW、GWI、GWE 明显下降, PSD、GWW 明显升高($P < 0.05$)。见图 2 和表 3。

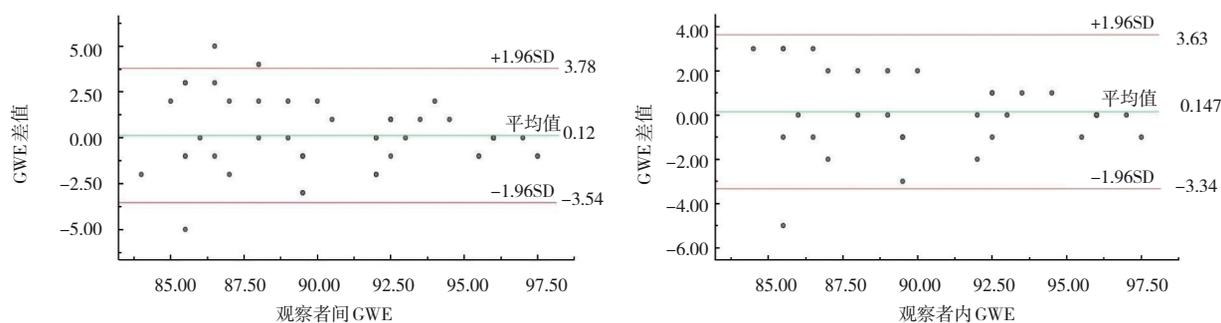


图 1 Bland-Altman 重复性检验结果

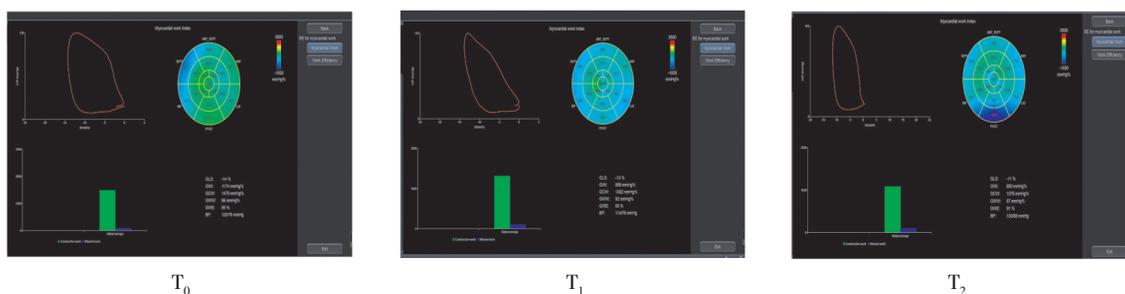


图 2 鼻咽癌化疗组患者化疗前后左心室 18 节段心肌做功牛眼图

表 3 两组长轴应变及左心室心肌做功各参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

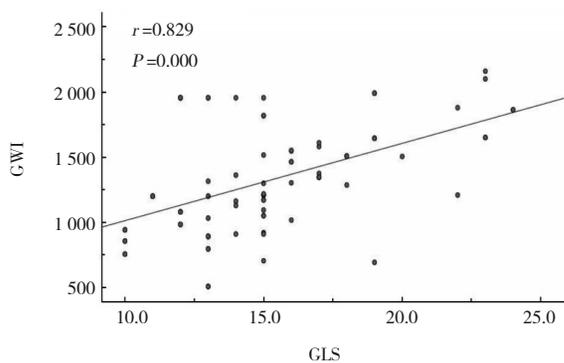
组别	n	GLS/%	PSD/ms	GWI/mmHg%	GCW/mmHg%	GWW/mmHg%	GWE/%	
对照组	24	-18.4 ± 3.2	73.4 ± 35.6	1 725.3 ± 324.5	1 956.7 ± 285.4	121.2 ± 45.4	92.4 ± 3.2	
T ₀	28	-17.8 ± 3.1	66.0 ± 30.8	1 627.2 ± 306.7	1 935.9 ± 319.7	139.1 ± 72.6	91.7 ± 3.8	
鼻咽癌化疗组	T ₁	28	-15.3 ± 3.7 ^{①②}	84.8 ± 53.5	1 384.7 ± 394.0 ^{①②}	1 802.2 ± 457.4	208.7 ± 170.5	87.4 ± 6.9
	T ₂	28	-13.2 ± 2.5 ^{①②}	100.6 ± 48.2 ^{①②}	1 115.1 ± 276.2 ^{①②}	1 536.0 ± 295.3 ^{①②}	245.3 ± 133.8 ^{①②}	84.0 ± 6.4 ^{①②}
F 值		12.060	3.391	13.474	6.824	3.874	9.895	
P 值		0.000	0.039	0.000	0.002	0.025	0.000	

注：GLS的负号表示方向；①与对照组比较， $P < 0.05$ ；②与T₀比较， $P < 0.05$ 。

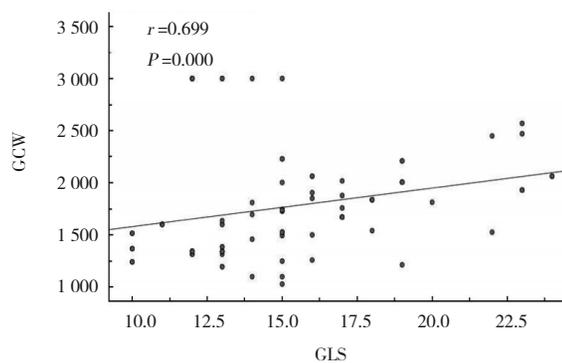
2.4 心肌做功参数与GLS的相关性

Pearson相关性分析显示，鼻咽癌化疗组患者左心室GLS与GWI、GCW、GWE均呈正相关($r = 0.829$ 、

0.699 、 0.739 ，均 $P = 0.000$) (见图3A~C)，与GWW呈负相关($r = -0.502$ ， $P = 0.000$) (见图3D)。



A



B

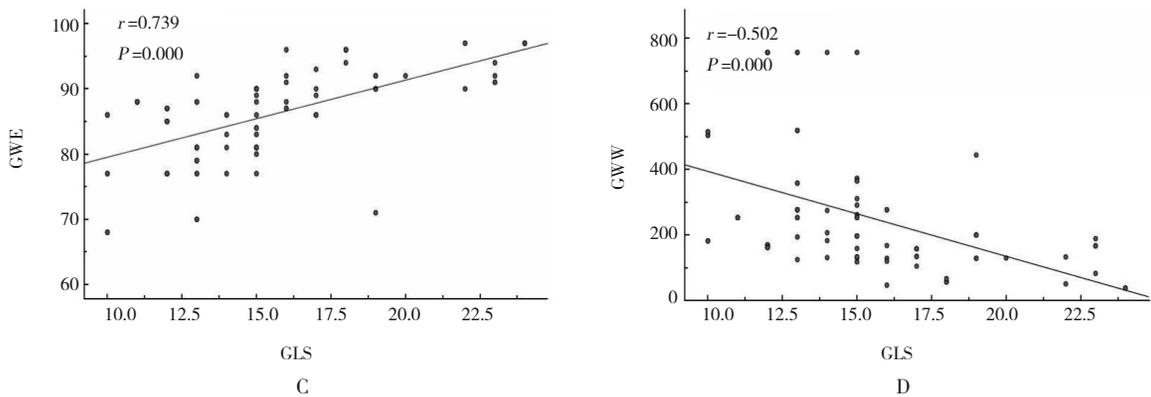


图3 鼻咽癌化疗组患者GLS与GWI、GCW、GWE、GWW的相关性

3 讨论

鼻咽癌起源于鼻咽上皮,是最常见的鼻咽恶性肿瘤,好发于东南亚地区,特别是在我国两广及香港地区高发^[1]。研究表明,癌症患者在接受化疗后心脏功能损害的发生概率明显提高,化疗药物对癌症患者的心脏毒副作用甚至超过癌症本身,其所引起的不良反应使临床预后更差^[4]。有研究认为紫杉醇类药物可使细胞产生氧自由基,而顺铂则能导致心肌细胞线粒体膜去极化,诱导线粒体膜超微结构发生改变,进而损害心肌细胞,致心脏收缩及舒张功能出现恶化^[5-6],若不及时干预,严重时将出现明显的不可逆功能损害。所以,如果能在患者因化疗药物所致左心室功能损害出现临床症状之前进行更加密切的心脏功能监测及早期个体化心脏保护药物治疗,将对改善鼻咽癌化疗患者的预后具有积极的临床意义。

GLS可作为化疗药物早期心肌毒性的预测指标已被证实并广泛应用^[7-8]。然而,因为二维斑点追踪受负荷依赖性等因素的影响,其有一定的局限性。PSL技术在二维斑点追踪技术的基础上通过左心室各节段心肌应变值乘以左心室压力来评价心肌做功,克服了左心室压力负荷对心肌运动的影响,明显消除了该局限性,可做到快速、无创、客观定量地评测心肌做功情况^[9]。STÖBE等^[10]研究提出通过心肌做功技术(左心室各节段心肌的纵向应变值乘以左心室压力)获得的PSL能实现无创地评估左心室功能,GWI代表着PSL区域内所有节段做功指数的均数,GCW是心肌在收缩期时收缩变短及等容舒张期延伸变长所做的功^[11],GWW与GCW则相反,GWW表示的是在心脏收缩过程中心

肌延长所做的功或舒张期时心肌缩短所产生的对心脏射血并无益处的能量^[12-13]。左心室的17个节段在正常时由于其收缩同步性较高,因此产生的无用功很少,但在心脏功能受损伤并引起左心室不同节段心肌收缩不同步等情况下,部分节段心肌在收缩期时延长或舒张期缩短就会产生大量的无用功即无效功^[14],这些能量在常规超声心动图及二维斑点追踪技术中都无法明确地反映出来,而心肌做功技术则能通过GWW无创、定量地评价这些不利于心脏泵血的无效能量。有研究证实,通过无创PSL的方式所获取的心肌做功相关参数不仅能与有创方式所测得的参数具有良好的相关性,还能敏感地评测出早期左心室收缩功能损害的情况^[15-16]。KE等^[16]、GALLI等^[17]的研究指出,心肌做功与LVEF相比能更敏感地检测出心肌病患者的左室功能障碍,还能在LVEF正常的慢性肾脏疾病中检测出亚临床功能障碍。刘曦等^[18]、DENG等^[19]研究指出紫杉醇类药物可引生出严重的脂质过氧化、硝基应激反应并产生阳离子代谢物损伤线粒体DNA,进而直接影响心脏的蛋白代谢,导致心脏传导性和兴奋性出现异常,使得心脏出现心律失常、急性心肌梗死、慢性心肌病、心肌炎等。

本研究应用常规二维超声心动图获得的反映左心室收缩功能的参数如SV、CO、LVEF等在化疗过程中虽呈降低趋势,但趋势无统计学意义,未达到美国超声心动图学会与欧洲心脏病学会最新指南定义的心脏毒性指标(即不伴有心衰症状或体征的患者,常规超声心动图指标LVEF减少至少10%且LVEF<53%)^[20-21]。化疗后心肌做功相关参数如GLS、GCW、GWI、GWE等与化疗前相比呈明显下

降趋势,表示心脏所做的利于其泵血的有效功有所降低,PSD、GWW与化疗前相比则呈增加趋势,代表随着化疗周期的延长,因心肌受损心脏所做的无用功在增加。其中,GLS达到了指南定义的亚临床心功能损害指标(即GLS较基线降低至少15%)^[21]。因此笔者认为在化疗期间显示心肌收缩功能早期受损方面,LVEF还不够敏感。此外,本研究发现做功参数的变化与GLS有相关性,GWI、GCW呈正相关,GWW则与GLS呈负相关,进一步说明PSL技术所获取的心肌做功参数较LVEF能更敏感地发现化疗药物对心肌功能的损伤,且GWW、GCW和GWI能从节段和整体两方面更全面地评测左心室心肌功能。

本研究有一定的局限性,由于样本量偏小可能会影响研究效能,尚需增加样本量来进一步验证研究结论,另外还可试着进一步延长随访时间,从而对鼻咽癌化疗患者心肌功能改变进行远期监测。虽然PSL目前已经克服了LVEF和斑点追踪技术的角度及压力负荷依赖性,不过还是存在一定的局限^[22]:首先,由于PSL技术是基于应变技术对心肌斑点进行追踪分析,故对图像质量要求仍然较高;其次,该技术获取的左心室压力并非实际测量值,而是通过测量肱动脉收缩压的估测值,如果患者合并主动脉瓣狭窄、左心室流出道梗阻等情况时左心室压力与肱动脉压力不一致,则可能导致结果出现偏差。本研究在样本的采集上剔除了部分不符合条件的患者,结果可能并不全面,还有待技术的提高以改善上述不足。

综上所述,由2D-STI基础上衍化出的PSL是一种无创定量评测心肌做功的新技术,其中GWI、GCW、GWE可以在整体和节段两方面评价心肌收缩功能,并能早期定量评估鼻咽癌化疗患者的心肌损伤情况,为临床监测肿瘤患者在化疗过程中心肌功能的损害情况提供重要的参考信息,使患者能在早期得到及时的个体化对症治疗,鼻咽癌化疗患者最终有一个良好的预后。

参 考 文 献 :

- [1] CHEN Y P, CHAN A T C, LE Q T, et al. Nasopharyngeal carcinoma[J]. *Lancet*, 2019, 394(10192): 64-80.
- [2] WU J, NI Y, GU C J, et al. Study of effects of anthracycline drugs on myocardial function in breast cancer patients by quantitative analysis of layer-specific strain via 2D-STI technology[J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(3): 1184-1196.
- [3] 孟旭阳,郭颖,张瑞生,等.左心室无创压力-应变环定量评估主动脉瓣重度狭窄患者经导管主动脉瓣置换术前后情况[J]. *中国医学影像学杂志*, 2021, 29(11): 1078-1083.
- [4] MOUSAVI N, TAN T C, ALI M, et al. Echocardiographic parameters of left ventricular size and function as predictors of symptomatic heart failure in patients with a left ventricular ejection fraction of 50-59% treated with anthracyclines[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(9): 977-984.
- [5] 徐瑞,朱好辉,张小林,等.分层应变技术评价宫颈癌患者化疗后左心室收缩及舒张功能[J]. *医学影像学杂志*, 2019, 29(2): 283-285.
- [6] KOUNIS N G, CERVELLIN G, LIPPI G. Cisplatin-induced bradycardia: cardiac toxicity or cardiac hypersensitivity and Kounis syndrome[J]. *Int J Cardiol*, 2016, 202: 817-818.
- [7] THAVENDIRANATHAN P, POULIN F, LIM K D, et al. Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detection of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy: a systematic review[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(25 Pt A): 2751-2768.
- [8] ZAMORANO J L, LANCELLOTTI P, RODRIGUEZ MUÑOZ D, et al. 2016 ESC position paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity developed under the auspices of the ESC Committee for practice guidelines: the task force for cancer treatments and cardiovascular toxicity of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(36): 2768-2801.
- [9] EDWARDS N F A, SCALIA G M, SHIINO K, et al. Global myocardial work is superior to global longitudinal strain to predict significant coronary artery disease in patients with normal left ventricular function and wall motion[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(8): 947-957.
- [10] STÖBE S, HAGENDORFF A, GUTBERLET M, et al. Myocardial work: a modern tool to detect possible compensation mechanism of deformation in acute myocarditis with preserved left ventricular function[J]. *J Cardiovasc Echogr*, 2020, 30(4): 206-210.
- [11] LIAO L S, SHI B B, DING Z M, et al. Echocardiographic study of myocardial work in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2022, 22(1): 59.
- [12] LIU C, FENG Y P, YAN Z N, et al. Value of quantitative analysis of left ventricular systolic function in patients on maintenance hemodialysis based on myocardial work technique[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2021, 21(1): 76.
- [13] PAPADOPOULOS K, IKONOMIDIS I, CHRISOHERIS M, et al. MitraClip and left ventricular reverse remodelling: a strain imaging study[J]. *ESC Heart Fail*, 2020, 7(4): 1409-1418.
- [14] PAPADOPOULOS K, ÖZDEN TOK Ö, MITROUSI K, et al. Myocardial work: methodology and clinical applications[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(3): 573.

- [15] CHAN J, EDWARDS N F A, KHANDHERIA B K, et al. A new approach to assess myocardial work by non-invasive left ventricular pressure-strain relations in hypertension and dilated cardiomyopathy[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019, 20(1): 31-39.
- [16] KE Q Q, XU H B, BAI J, et al. Evaluation of global and regional left ventricular myocardial work by echocardiography in patients with chronic kidney disease[J]. *Echocardiography*, 2020, 37(11): 1784-1791.
- [17] GALLI E, VITEL E, SCHNELL F, et al. Myocardial constructive work is impaired in hypertrophic cardiomyopathy and predicts left ventricular fibrosis[J]. *Echocardiography*, 2019, 36(1): 74-82.
- [18] 刘曦, 江峰, 钟晓情, 等. 血清sST-2、Galectin-3对紫杉醇联合铂类药物化疗的心脏毒性的监测价值[J]. *实用癌症杂志*, 2020, 35(12): 2080-2084.
- [19] DENG J H, DENG J, SHI D H, et al. Clinical outcome of cisplatin-based chemotherapy is associated with the polymorphisms of GSTP1 and XRCC1 in advanced non-small cell lung cancer patients[J]. *Clin Transl Oncol*, 2015, 17(9): 720-726.
- [20] LORENZINI C, LAMBERTI C, AQUILINA M, et al. Reliability of left ventricular ejection fraction from three-dimensional echocardiography for cardiotoxicity onset detection in patients with breast cancer[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2017, 30(11): 1103-1110.
- [21] NEGISHI T, NEGISHI K. Echocardiographic evaluation of cardiac function after cancer chemotherapy[J]. *J Echocardiogr*, 2018, 16(1): 20-27.
- [22] 姬冰, 袁建军. 超声压力-应变环技术评估心肌做功研究进展[J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(10): 1579-1583.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 廖园园, 游宇光, 张火根, 等. 左心室压力-应变环技术评估鼻咽癌化疗患者左心室心肌功能的临床意义[J]. *中国现代医学杂志*, 2023, 33(5): 79-85.

Cite this article as: LIAO Y Y, YOU Y G, ZHANG H G, et al. Clinical significance of the left ventricular pressure-strain loop technique for assessing left ventricular myocardial function in patients undergoing chemotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2023, 33(5): 79-85.