

临床研究

DOI:10.13406/j.cnki.cyx.002621

联合改良呼吸训练与对比剂稀释方案减少磁共振 Gd-EOB-DTPA 上腹部增强动脉期一过性伪影

贺姝瑶,王玉婷,陈春云,程琳,王健,赵骏

(陆军军医大学第一附属医院放射科,重庆 400038)

【摘要】目的:对比渐进式与非渐进式呼吸训练方案 MR 钆塞酸二钠(gadoxetate disodium, Gd-EOB-DTPA)上腹部增强检查肝脏动脉期图像质量,联合对比剂 1:1 稀释法,探索合理动脉期图像质控的呼吸训练方案与注射方案组合。**方法:**选择 2019 年 5 月至 9 月在陆军军医大学第一附属医院放射科行 MR 上腹部 Gd-EOB-DTPA 增强检查的患者,纳入人口统计学资料无差异且完成 MR 检查的 3 组患者,第 1 组,渐进式呼吸训练法,30 名患者,先行吸气后 5 s 闭气,全腹无起伏达标,之后闭气时间延长至 10 s、15 s 到 20 s;第 2 组,33 名患者,吸气后直接闭气 20 s,达标要求同第 1 组;2 组患者对比剂均采用 1 mL/s 的注射速度行高压注射,之后以相同速度注射 20 mL 生理盐水冲刷,透视法采集;第 3 组,32 名患者采用非渐进式呼吸训练法,对比剂用 1:1 生理盐水稀释,注射速度 2 mL/s,共计 95 例。动脉期图像质量评分标准,1 分=无呼吸伪影,2 分=轻度呼吸伪影可诊断,3 分=中度呼吸伪影可诊断,4 分=重度呼吸伪影可诊断,5 分=无法诊断。评估每名患者动脉期图像呼吸伪影、肝动脉、门静脉、腹主动脉、肝脏实质的图像评分,计算总分,Kruskal-Wallis 检验比较 3 组各项得分差异性,若有差异则用 Mann-Whitney 检验两两比较。**结果:**第 3 组肝动脉、门静脉、腹主动脉、肝脏实质评分及总分略优于第 1 组、第 2 组对应指标评分,但差异不具有统计学意义($P=0.065, 0.229, 0.819, 0.340, 0.080$)。第 3 组呼吸伪影明显小于第 1 组和第 2 组($P=0.004, 0.046$),非渐进式对比剂稀释法呼吸伪影更小。**结论:**采用第 3 组方案直接闭气 20 s 呼吸训练, Gd-EOB-DTPA 稀释 50%注射法可明显降低一过性呼吸运动产生的呼吸伪影。

【关键词】渐进式;非渐进式;呼吸训练;稀释;MR;Gd-EOB-DTPA**【中图分类号】**R445.2;R811.5;R816**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2020-01-14

Reduction in respiratory motion artefacts in arterial phase on gadoxetate disodium-upper abdomen enhanced MRI by using gradual and non-gradual breath training methods combined with dilution method versus reduced injection rate

He Shuyao, Wang Yuting, Chen Chunyun, Cheng Lin, Wang Jian, Zhao Jun

(Department of Radiology, The First Affiliated Hospital, Army Medical University)

【Abstract】Objective: To compare the image quality of gradual and non-gradual breath training protocols in gadoxetate disodium (Gd-EOB-DTPA) upper abdomen-enhanced magnetic resonance at hepatic arterial phase, combining with dilution method of 1:1, so as to explore the most reasonable combination of breath training and injection program. **Methods:** A total of 95 patients underwent Gd-EOB-DTPA upper abdomen-enhanced MR imaging in our department from May to September 2019 with no significant difference in the population statistics were selected and divided into three groups: the group 1 (30 patients were trained by gradual protocol with

作者介绍:贺姝瑶, Email: 346973359@qq.com,

研究方向:磁共振检查患者的检查前呼吸训练干预。

通信作者:赵骏, Email: zhaojun555@aliyun.com。

基金项目:重庆市技术创新与应用发展专项资助项目(编号:cstc2019jcsx-msxmX0200)。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20200720.0905.004.html>
(2020-07-20)

the breath time from 5 s, 10 s, 15 s to 20 s, as no ups and downs of whole abdomen for the standard), the group 2 (33 patients were trained by non-gradual protocol with the breath time of 20 s, as no ups and downs of whole abdomen for the standard), and the group 3 (32 patients were trained with the same protocol as the group 2). The Gd-EOB-DTPA injection rate in

the group 1 and the group 2 was 1 mL/s, with 20 mL normal saline flushing. The 1:1 diluted with saline Gd-EOB-DTPA injection rate in the group 3 was 2 mL/s, with 20 mL normal saline flushing. All arterial phases were detected by MR fluoroscopic triggering technique. The scoring standard for image quality included: 1= no artefact, 2=mild and diagnosable artefact, 3= moderate and diagnosable artefact, 4=severe and diagnosable artefact and 5=undiagnosable. Imaging score of hepatic artery, portal vein, abdominal aorta and liver parenchyma was evaluated and the total score were calculated, and differences of the 3 group were analyzed by the Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney test. **Results:** The mean score of hepatic artery, portal vein, abdominal aorta and liver parenchyma and the total score in the group 3 were slightly higher than those in the group 1 and the group 2 ($P=0.065, 0.229, 0.819, 0.340, 0.080$). The breathing artefact in the group 3 was significant smaller than that in the group 1 and the group 2 ($P=0.004, 0.046$). The non-gradual diluted method had a smaller respiratory artefact. **Conclusion:** Holding breath for 20s in the group 3 is adopted and Gd-EOB-DTPA diluted 50% injection method can significantly decrease the respiratory motion artefacts.

[Key words] gradual; non-gradual; breath training; dilution; MR; gadoxetate disodium (Gd-EOB-DTPA)

钆塞酸二钠(gadoxetate disodium, Gd-EOB-DTPA, Eovist or Primovist, Bayer Health Care Pharmaceuticals, Berlin, Germany)是一种肝特异性磁共振对比剂,通过有机阴离子转运蛋白转运被肝细胞吸收^[1],其强化模式为进入肝脏后前几分钟的细胞间隙增强和注射 20 min 左右的肝细胞特异性增强的双增强模式。肝动脉期成像在鉴别诊断中的价值非常高,尤其是慢性肝脏疾病^[2]、多血管肿瘤鉴别如肝细胞癌和血管瘤^[3]。前期报道表明, Gd-EOB-DTPA 与其他钆对比剂相比,动态增强中产生劣质动脉期图像的频率高^[4]。Gd-EOB-DTPA T1 弛豫高,为了避免 K 空间中心信号强度迅速升高和磁场不均匀性而产生环状截断伪影和重影,推荐低流速低剂量的增强方案。

Gd-EOB-DTPA 上腹部 MR 增强检查中患者会出现 10~20 s 短暂性呼吸困难。前期关于扫描技术的文献报道已经规范了 Gd-EOB-DTPA 动脉期的扫描方案,为肘静脉高压注射器以 1 mL/s 的注射速度,注射剂量为 Gd-EOB-DTPA 0.1 mL vs. 0.025 mmol/kg,紧跟 20~30 mL 生理盐水冲刷,用透视法低流速技术^[5-6]进行动脉期采集。2017 年的 1 项多中心研究发现,将 Gd-EOB-DTPA 稀释 50% 以 2 mL/s 的注射方式增强可有效减少动脉期呼吸伪影和截断伪影产生^[7]。

然而,规范扫描技术及磁共振硬件设备序列更新提高后,呼吸运动伪影在 Gd-EOB-DTPA 上腹部 MR 增强检查中依然会发生。这与受试患者的呼吸

训练方式密切相关,常规交代呼吸训练要点,或者点对点的训练模式似乎难以使检查患者全力配合,激发出闭气真实水平,8 年来的日常工作中动脉期呼吸困难导致图像无法诊断现象一直存在。因此,本研究试图从受试者心理干预角度,联合竞争协作心理效应的因素提高患者呼吸训练配合度与 Gd-EOB-DTPA 50% 稀释法,探讨一种更好的训练方式与扫描方式联合获取优质动脉期图像方法的可行性。

1 材料与方法

1.1 人口统计学资料

2019 年 5 月至 9 月,在陆军军医大学第一附属医院行 3.0 T 超导型 MR (Siemens Trio, Erlangen, Germany) Gd-EOB-DTPA 上腹部检查的患者,随机分为 3 组。第 1 组 30 名患者,采用渐进式呼吸训练法,嘱其先行吸气后 5 s 闭气,全腹无起伏达标,之后闭气时间延长至 10 s、15 s 到 20 s。第 2 组 33 名患者,嘱其吸气后直接闭气 20 s,达标要求同第 1 组。2 组患者对比剂均采用 1 mL/s 的注射速度行高压注射器 (Spec-tris Solaris EP, MR Injection System, Medrad ST1011765, US) 注射,之后相同速度注射 20 mL 生理盐水, Gd-EOB-DTPA 注射剂量为 0.1 mL/kg,透视法采集。第 3 组 32 名患者,嘱其吸气后直接闭气 20 s,达标要求同第 1 组,动脉期对比剂稀释 50%,注射剂量为 0.2 mL/kg,注射速度为 2 mL/s,之后以相同速度注射 20 mL 生理盐水。每组患者 3 人一组进行呼吸训练,相互监督,先达到闭气要求者先进行 MR 检查,与排队顺序无关。纳入动脉期图像评估的患者标准:①无 MRI 检查禁忌证;②18 岁以上成年检查患者;③完成 MR Gd-EOB-DT-

PA上腹部检查。排除标准:①重复2次以上此项检查患者;②未采用高压注射器的患者;③Gd-EOB-DTPA未稀释、注射速度不是1 mL/s的患者;④Gd-EOB-DTPA稀释50%、注射速度不是2 mL/s的患者;⑤未用生理盐水冲刷的患者。所有纳入患者的人口统计学信息见表1。

表1 3组患者的人口统计学资料($\bar{x} \pm s, n$)

患者信息	第1组	第2组	第3组	P值
患者人数	30	33	32	
年龄/岁	52.2 ± 9.5	53.1 ± 10.7	51.8 ± 13.0	0.895 ^a
男/女	25/5	24/9	23/9	0.505 ^b
体质量/kg	62.7 ± 9.8	61.8 ± 10.2	60.2 ± 10.5	0.616 ^a
体质指数/kg·m ⁻²	23.2 ± 3.2	22.5 ± 2.8	23.2 ± 3.5	0.603 ^a
患者疾病类型				
原发性肝癌	18	20	16	0.455 ^b
血管瘤	1	5	3	0.248 ^b
肝炎	5	4	4	0.851 ^b
肝硬化	2	4	2	0.650 ^b
结肠癌转移	2	0	1	
胆囊癌	1	0	1	
脂肪肝	1	0	0	
乳腺癌	0	0	1	
直肠癌	0	0	3	
肝移植	0	0	1	

注:a,P值为单因素方差分析结果;b:P值为卡方检验分析结果(包括卡方和校正卡方检验)

1.2 MR扫描方案

所有入组患者均行MR Gd-EOB-DTPA上腹部增强检查,设备为西门子3.0 T Trio超导型磁共振扫描仪,6通道体表线圈和6通道体部线圈。患者体位为头先进仰卧位,肘静脉和高压注射器以18G(Gauge)留置针连接。呼吸训练时3人为一组,同时训练呼吸,相互督促,不分检查排队顺序,先达到闭气合格者先做检查(多人成组训练加入竞争因素能更好调动积极性^[8])。扫描序列为平扫期,冠状位2次闭气半傅立叶采集单次激发快速自旋回波序列(two breath-hold half-fourier acquisition single short turbo spin echo sequence, Haste),轴位单次闭气二维T1加权双回波同反相位序列(a breath-hold T1-weighted dual-echo in phase and opposed phase two-dimensional sequence, In-Opp T1WI),单次闭气三维容积内插体部检查序列(three-dimensional volume interpolated breath-hold examination, 3D-VIBE),MR荧光示踪技术/透视法^[9]实时监控对比剂进入血管的动态,腹主动脉下端信号强度升高触发动脉期扫描,注射对比剂后60 s(门脉期)、180 s(过渡期)分别用3D-VIBE进行扫描,注射对比剂后3 min行轴位2次闭气Haste序列扫描,5 min、10 min、15 min

分别行3D-VIBE序列扫描为延时强化期,5 min后行自由呼吸单次激发平面回波脉冲弥散加权成像(single-shot echo-planar pulse diffusion weighted imaging, DWI, b=0、50、400、800、1 000)序列扫描,Gd-EOB-DTPA注射后肝胆期扫描不会影响诊断效能^[10]。扫描参数见表2。

1.3 图像分析

所有患者动脉期图像由2位5年以上放射科医师进行打分,按照Gutzeit等^[11]的5分式评分法进行图像质量评估:1分,没有伪影;2分,轻度伪影对诊断无影响;3分,中度伪影但对诊断没有严重影响;4分,重度伪影但仍可诊断;5分,严重伪影无法诊断。2位放射科医师对腹主动脉、肝动脉、门静脉、肝实质强化程度和呼吸伪影情况进行打分,取平均分作为图像各部分得分。此外,所有部分的得分进行总分计算作为图像质量评分。

1.4 统计学处理

3组患者男女比例分布和疾病类型分布用卡方检验计算差异性,年龄、体质量和体质指数(body mass index, BMI)差异性用单因素方差分析计算,完全随机设计多个样本比较的Kruskal-Wallis检验计算腹主动脉、肝动脉、门静脉、肝实质强化程度、呼吸伪影和五部分总分的差异性,若有差异性,则行Mann-Whitney *u* 检验计算两两差异性。所有统计学分析在SPSS 18上分析,数据以均数±标准差形式($\bar{x} \pm s$)表示。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 人口统计学资料

3组患者的人口统计学资料包括年龄、性别分布、体质量和BMI,各组差异无统计学意义($P=0.895、0.505、0.616、0.603$)。主要疾病分布包括原发性肝癌、血管瘤、肝炎和肝硬化,差异无统计学意义($P=0.455、0.248、0.851、0.650$)。详细结果见表1。

2.2 动脉期图像质量评分

3组患者肝动脉、门静脉、腹主动脉、全肝和总分无统计学差异($P=0.065、0.229、0.819、0.340、0.080$),第3组质量评分均值略小于第1组和第2组,但差异不具有统计学意义。3组患者呼吸伪影差异具有统计学意义($P=0.012$),第3组患者呼吸伪影明显小于第1组和第2组($P=0.004、0.046$)。统计结果见表3。2名医师的盲评分均值结果显示,第3组Gd-EOB-DTPA用生理盐水稀释50%,注射速率为2 mL/s,3人一组呼吸训练,直接闭气20 s全腹无起伏干预策略上腹部动脉期一过性呼吸伪影最小,图像质量最优。第1组、第2组虽然无统计学差异,但呼吸伪影评分第2组略优。

表 2 MRI 序列参数

参数	Haste	DWI	In-Opp T1WI	3D-VIBE
重复时间/ms	1 000	5 500	206	3.42
回波时间/ms	88~91	81	2.45, 3.83	1.45
矩阵	320 × 256	180 × 144	256 × 192	320 × 225
视野/mm	(350~390) × (262~358)	374.0 × 282.7	(350~390) × (262~292)	(400~420) × (280~300)
层厚/mm	6	5	6	2~2.5
带宽	781	1736	930	460
闭气次数	2	0	1	1
采集时间/s	22~26	160	18	15

表 3 3 组患者动脉期图像质量半定量评分结果 ($\bar{x} \pm s$)

半定量评分项目	第 1 组	第 2 组	第 3 组	P 值
呼吸伪影	2.12 ± 1.08 ^a	1.79 ± 0.89 ^b	1.34 ± 0.48	0.012 ^c
肝动脉	1.53 ± 0.90	1.55 ± 0.83	1.13 ± 0.34	0.065
门静脉	1.67 ± 0.99	1.39 ± 0.75	1.22 ± 0.49	0.229
腹主动脉	1.06 ± 0.37	1.09 ± 0.24	1.03 ± 0.17	0.819
全肝	1.73 ± 1.05	1.61 ± 0.93	1.38 ± 0.83	0.340
总分	8.12 ± 3.52	7.39 ± 3.12	6.09 ± 1.86	0.080

注:a,第 3 组患者动脉期呼吸伪影明显小于第 1 组, $P=0.004$;b,第 3 组患者动脉期呼吸伪影明显小于第 2 组, $P=0.046$;c:3 组患者动脉期呼吸伪影有统计学差异, $P=0.012$

3 讨 论

动脉期一过性短暂性呼吸困难是 Gd-EOB-DTPA 上腹部增强检查常见问题,发生率高于钆贝葡胺等非高 T1 弛豫率 MR 对比剂。本研究首次发现, Gd-EOB-DTPA 肝脏动脉期图像质量与呼吸训练干预方式有关,合理运用心理学知识与竞争协作效应可提高受检患者的闭气配合度与可持续程度。目前的研究发现,在 1 个连续性的任务训练当中,比起单独练习,与有能力的合作伙伴一同练习更能够提高积极性,以达到练习的效果^[12-13],称为科勒效应。本研究采用了 3 名患者一同呼吸训练的准备方案练习闭气,调动患者的积极性和潜能,相互监督去进行闭气练习。本研究结果发现,第 1 组渐进式呼吸训练从 5 s、10 s、15 s 至 20 s 的训练方式,动脉期图像呼吸伪影较重,而第 2 组、第 3 组直接闭气 20 s 达到全腹部无起伏组,动脉期的呼吸伪影更小,图像质量更好。渐进式训练方案练习过程让患者训练次数多、时间长,多次练习造成肌肉疲惫感^[14]与精神厌恶感,因此闭气效果不如直接训练好,在对比剂进入人体的环境中闭气由于疲惫更难坚持。与 Kim YK 等^[7]多中心研究报道相符的是,对比剂稀释 50%

的动脉期图像质量优于非稀释组图像质量,稀释组非渐进式训练组呼吸伪影最小,在稀释了对比剂浓度之后,采用科勒效应激发受试者潜能的呼吸训练方案可得到更高质量的动脉期图像。

关于 Gd-EOB-DTPA 动脉期图像的研究很多,主要涉及对比剂注射速度、对比剂稀释注射方案、采集序列和高压注射器设备更新优化、技术员口令和图像质量的关系,但在呼吸训练的方案与动脉期图像质量之间关系尚无报道。对注射速度而言,早几年的文献报道了 1 mL/s 或 2 mL/s 低流速注射方案,避免 K 空间中心信号迅速增高导致伪影的产生^[3,5]。对比剂 1:1 稀释高压注射器以 2 mL/s 的流速注射采集动脉期,可减少动脉期伪影。在序列更新上,有高时间分辨率采集结合鸡尾酒过疏样多期采集技术^[2],呼吸不敏感的动脉期采集序列的应用^[9]等报道。在高压注射器的更新上,使用螺旋式对比剂注射的设备可以减少动脉期呼吸伪影^[15]。至于自由呼吸的采集技术需要配套的处理程序进行图像重建,许多医院都没有配备普及。因此,不论硬件软件技术上如何更新, Gd-EOB-DTPA 动脉期的一过性短暂性呼吸伪影仍是扫描工作中的一个难点,呼吸训练方式与患者的沟通显得尤为重要。本研究发现,以多人一组为单位同时训练,采用直接 20 s 闭气的呼吸训练方案,达到全腹部无起伏运动达标不分排号先后先检查,配合 1:1 稀释法以 2 mL/s 的注射速度高压注射器注射,加以相同流速的生理盐水冲刷可得到高质量的动脉期图像,减少呼吸伪影的产生。图 1 展示了本研究 3 组的动脉期优劣图像,渐进式、非渐进式呼吸训练方案,对比剂是否稀释都可以得到优质动脉期图像,各肝脏部分评分差异性不大,但是呼吸伪影有显著性差异。

本研究存在一些不足。首先,呼吸训练时没有排除训练技师护士当天的心情干扰和工作人员工作态度带来的影响。其次,本研究是单中心的一项

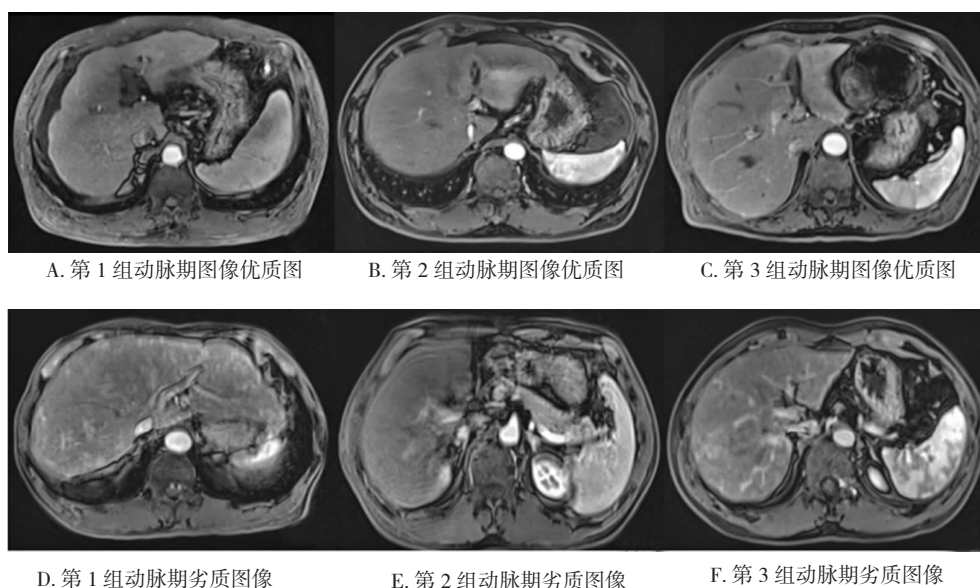


图 1 3 组患者动脉期优劣图像

探索性研究,是否在其他单位同样适用需要多中心研究认证。最后,本研究纳入的样本量需要进一步扩大,以证明初步探索的准确性。

综上所述,采用直接闭气 20 s 呼吸、多人一组训练、Gd-EOB-DTPA 稀释 50% 注射可显著降低一过性呼吸运动产生的呼吸伪影。

参 考 文 献

- [1] Yoon JH, Lee JM, Kang HJ, et al. Quantitative assessment of liver function by using gadoteric acid-enhanced mri; hepatocyte uptake ratio [J]. Radiology, 2019, 290(1): 125-133.
- [2] Park YS, Lee CH, Kim IS, et al. Usefulness of controlled aliasing in parallel imaging results in higher acceleration in gadoteric acid-enhanced liver magnetic resonance imaging to clarify the hepatic arterial phase[J]. Invest Radiol, 2014, 49(3): 183-188.
- [3] Tamada T, Ito K, Yoshida K, et al. Comparison of three different injection methods for arterial phase of Gd-EOB-DTPA enhanced MR imaging of the liver[J]. Eur J Radiol, 2011, 80(3): e284-e288.
- [4] Davenport MS, Viglianti BL, Al-Hawary MM, et al. Comparison of acute transient dyspnea after intravenous administration of gadoteric disodium and gadobenate dimeglumine; effect on arterial phase image quality[J]. Radiology, 2013, 266(2): 452-461.
- [5] Chung SH, Kim MJ, Choi JY, et al. Comparison of two different injection rates of gadoteric acid for arterial phase MRI of the liver[J]. J Magn Reson Imaging, 2010, 31(2): 365-372.
- [6] Goshima S, Kanematsu M, Kondo H, et al. Evaluation of optimal scan delay for gadoteric disodium-enhanced hepatic arterial phase MRI using MR fluoroscopic triggering and slow injection technique[J]. AJR Am J Roentgenol, 2013, 201(3): 578-582.
- [7] Kim YK, Lin WC, Sung K, et al. Reducing artifacts during arterial phase of gadoteric disodium-enhanced MR imaging; dilution method versus reduced injection rate[J]. Radiology, 2017, 283(2): 429-437.
- [8] Moss T, Feltz DL, Kerr NL, et al. Intergroup competition in exergames; further tests of the kohler effect[J]. Games Health J, 2018, 7(4): 240-245.
- [9] Fujinaga Y, Ohya A, Tokoro H, et al. Radial volumetric imaging breath-hold examination (VIBE) with k-space weighted image contrast (KWIC) for dynamic gadoteric acid (Gd-EOB-DTPA)-enhanced MRI of the liver; advantages over Cartesian VIBE in the arterial phase[J]. Eur Radiol, 2014, 24(6): 1290-1299.
- [10] Choi JS, Kim MJ, Choi JY, et al. Diffusion-weighted MR imaging of liver on 3.0-Tesla system; effect of intravenous administration of gadoteric acid disodium[J]. Eur Radiol, 2010, 20(5): 1052-1060.
- [11] Gutzeit A, Matori S, Froehlich JM, et al. Reduction in respiratory motion artefacts on gadoteric-enhanced MRI after training technicians to apply a simple and more patient-adapted breathing command [J]. Eur Radiol, 2016, 26(8): 2714-2722.
- [12] Irwin BC, Feltz DL, Kerr NL. Silence is golden; effect of encouragement in motivating the weak link in an online exercise video game [J]. J Med Internet Res, 2013, 15(6): e104.
- [13] Feltz DL, Irwin B, Kerr N. Two-player partnered exergame for obesity prevention; using discrepancy in players' abilities as a strategy to motivate physical activity[J]. J Diabetes Sci Technol, 2012, 6(4): 820-827.
- [14] Branscheidt M, Kassavetis P, Anaya M, et al. Fatigue induces long-lasting detrimental changes in motor-skill learning[J]. eLife, 2019, 8: e40578.
- [15] Iyama A, Nakaura T, Iyama Y, et al. Spiral flow-generating tube for saline chaser improves aortic enhancement in Gd-EOB-DTPA-enhanced hepatic MRI[J]. Eur Radiol, 2019, 29(4): 2009-2016.

(责任编辑:唐秋姗)