

静息心率与经皮冠状动脉介入术后短期预后的关系研究

海口市人民医院 林珍* 王琦 周艳辉 祝叶 王康鸣,海口 570100

摘要 目的:探讨经皮冠状动脉介入(PCI)术前的静息心率(HR)与术后30 d内预后的关系。方法:选择3 720例行PCI术患者,均有明确术前静息HR记录及住院和术后30 d的随访临床结果。用五分位数分析静息HR和结果,再用二分法将HR < 70次/min或 \geq 70次/min的结果进行分析。结果:所有患者的平均静息HR为(70.9 \pm 14.7)次/min。五个百分位数的平均静息HR分别为:(54.8 \pm 5.3)、(63.7 \pm 1.6)、(69.9 \pm 1.5)、(77.1 \pm 2.5)、(93.4 \pm 13.1)次/min。出院后30 d内临床随访结果提示:5组患者之间,总死亡率、再发心肌梗死、靶病变血运重建、靶血管血运重建、主要不良心血管事件(MACE)和再入院治疗患者比例比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。在HR < 70次/min和 \geq 70次/min的患者中,总死亡率、再发心肌梗死、靶病变血运重建、靶血管血运重建、MACE、再入院治疗患者比例比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。按HR五分位数计算的患者中,随着HR升高,住院期间和出院后30 d内MACE发生率明显升高($P < 0.01$)。在HR \geq 70次/min的患者中,住院期间和出院后30 d内MACE发生率明显高于HR < 70次/min的患者($P < 0.05$)。结论:PCI术前的静息HR在预测患者住院和短期心血管结局的风险方面具有重要作用,较高的静息HR预示着冠心病患者的预后较差。

关键词 静息心率; 经皮冠状动脉介入术; 短期预后

中图分类号 R543.3 **文献标识码** A **DOI** 10.11768/nkjwzzzz20200607

Association between resting heart rate and short-term prognosis after percutaneous coronary intervention LIN Zhen*, WANG Qi, ZHOU Yan-hui, ZHU Ye, WANG Kang-ming. Haikou People's Hospital, Haikou 570100, China

Abstract Objective: To evaluate the relationship between resting heart rate (HR) before percutaneous coronary intervention (PCI) and prognosis within 30 days after PCI. Methods: Totally, 3 720 patients with PCI were selected and their resting HR was recorded before PCI and the clinical results were followed up for 30 days after PCI. The quintiles were used to analyze HR and results, and then dichotomy was used to analyze the results with HR < 70 beats/min or \geq 70 beats/min. Results: The average resting HR of all patients was (70.9 \pm 14.7) beats/min. The average HR of the five percentiles was (54.8 \pm 5.3), (63.7 \pm 1.6), (69.9 \pm 1.5), (77.1 \pm 2.5) and (93.4 \pm 13.1) beats/min, respectively. The results of clinical follow-up within 30 days after discharge showed that there were significant differences in total mortality, recurrent myocardial infarction, target lesion revascularization, target vessel revascularization, major adverse cardiovascular events (MACE) and readmission among the 5 groups (all $P < 0.05$). In patients with HR < 70 and \geq 70 beats/min, there were significant differences in total mortality, recurrent myocardial infarction, target lesion revascularization, target vessel revascularization, MACE and readmission (all $P < 0.05$). In patients calculated by HR quintile, the incidence of MACE increased significantly during hospitalization and within 30 days after discharge with the increase of HR ($P < 0.01$). In patients with HR \geq 70 beats/min, MACE incidence during hospitalization and within 30 days after discharge was significantly higher than that in patients with HR < 70 beats/min ($P < 0.05$). Conclusion: Resting HR before PCI plays an important role in predicting the risk of hospitalization and short-term cardiovascular outcomes. Faster resting HR indicates poor prognosis in patients with coronary heart disease.

Key words Resting heart rate; Percutaneous coronary intervention; Short-term prognosis

心率(HR)与心血管疾病发病率和病死率之间的关系已经得到充分的研究^[1]。尽管在冠心病患者HR与预后之间关系的这一领域有大量的研究证据^[2,3],但经皮冠状动脉介入(percutaneous coronary intervention, PCI)术前静息HR对心血管病病死率

和其他不良事件的影响的研究却很少。本文评估急性冠脉综合征患者病情稳定的状态下,PCI术前静息HR与术后30 d临床结局的关系。

资料与方法

一般资料 回顾性分析2015年9月~2018年9月海口市人民医院(中南大学湘雅医学院附属海

* 通信作者:林珍, E-mail: hklizhen@sohu.com

口医院) 心血管内科、全科医学科住院并行 PCI 术的 3 720 例患者, 均有明确术前 24 h HR 记录及住院和术后 30 d 的随访临床结果。排除心源性休克、主动脉内球囊反搏、正性肌力药物支持或院外心脏骤停的患者。本研究获医院伦理委员会批准, 患者或家属均知情并签署同意书。

方法 采用术前动态心电图中的 24 h 平均 HR 作为术前静息 HR。根据静息 HR 的 20%、40%、60%、80%、100% 值将患者分为 5 组: 1 分位 HR 组 944 例, 2 分位 HR 组 557 例, 3 分位 HR 组 813 例, 4 分位 HR 组 708 例, 5 分位 HR 组 698 例。根据不同的 HR 将其分成 HR < 70 次/min 组 (2 314 例) 和 ≥ 70 次/min 组 (1 406 例)。在其他临床变量中, 记录了 PCI 指征, 包括稳定型心绞痛和不稳定型心绞痛患者 (血液生物标志物未升高)、非 ST 段抬高型心肌梗死 (non-ST segment elevation myocardial infarction, NSTEMI) 和 ST 段抬高型心肌梗死 (ST elevation myocardial infarction, STEMI) 患者。介入策略、支架选择和抗血栓治疗均由心血管内科介入专家自行决定。在出院或死亡时记录住院并发症, 出院后随访 30 d。记录所有心脏事件, 包括死亡 (全因病死率及心源性病死率)、心肌梗死、靶病变血运重建、靶血管血运重建和复合主要不良心血管事件 (major adverse cardiovascular events, MACE), 包括死亡、心肌梗死和靶血管血运重建的组合。

统计学处理 采用 SPSS 23.0 统计学软件, 符合正态分布的连续变量以 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 非正态分布的连续变量表示为中位数 (四分位范围), 分类变量以数字和百分数 (%) 表示, 用 χ^2 检验评估, 2 组之

间的连续变量比较采用独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney U 检验。使用配对 *t* 检验进行比较, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

所有患者的平均静息 HR 为 (70.9 ± 14.7) 次/min。五个百分位数的平均 HR 分别为: (54.8 ± 5.3)、(63.7 ± 1.6)、(69.9 ± 1.5)、(77.1 ± 2.5)、(93.4 ± 13.1) 次/min。年龄、脑卒中、纽约心功能分级 (New York Heart Association, NYHA) III 或 IV 级在 5 组患者之间比较, 差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$); 性别、糖尿病、血脂异常、吸烟、慢性阻塞性肺病、冠心病家族史、高血压、收缩压、舒张压、既往心肌梗死、既往冠状动脉旁路移植、既往 PCI、既往慢性心力衰竭、左心室射血分数、STEMI、NSTEMI、不稳定型心绞痛、慢性稳定型心绞痛、植入药物洗脱支架、总支架长度、病变类型 B2/C、新发病变、旁路移植、单支病变、多支病变在 5 组之间比较, 差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 见表 1。

出院后 30 d 内随访的临床结果 5 组患者之间总病死率、再发心肌梗死、靶病变血运重建、靶血管血运重建、MACE 和再入院治疗患者比例比较, 差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 见表 2。在 HR < 70 次/min 和 ≥ 70 次/min 的患者中, 总病死率、再发心肌梗死、靶病变血运重建、靶血管血运重建、MACE、再入院治疗患者比例比较, 差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 见表 3。

住院期间和出院后 30 d 内 MACE 的比较 按 HR 五分位数计算的患者中, 随着 HR 升高, 住院期

表 1 5 组患者的基本临床特点比较

组别	例	HR (次/min)	年龄 (岁)	男性 [例(%)]*	糖尿病 [例(%)]*	血脂异常 [例(%)]*
1 分位 HR	944	54.8 ± 5.3	66 ± 12	743 (79)	215 (23)	696 (74)
2 分位 HR	557	63.7 ± 1.6	64 ± 11	416 (75)	126 (23)	395 (71)
3 分位 HR	813	69.9 ± 1.5	65 ± 12	602 (74)	221 (27)	589 (73)
4 分位 HR	708	77.1 ± 2.5	64 ± 12	538 (76)	203 (29)	495 (70)
5 分位 HR	698	93.4 ± 13.1	65 ± 13	496 (71)	171 (25)	425 (61)

组别	例	吸烟 [例(%)]*	慢性阻塞性肺 病[例(%)]*	冠心病家族 史[例(%)]*	高血压 [例(%)]*	收缩压 (mmHg)*	舒张压 (mmHg)*
1 分位 HR	944	200 (21)	41 (4)	394 (42)	677 (72)	130.8 ± 23.7	68.3 ± 12.7
2 分位 HR	557	138 (25)	32 (6)	225 (41)	390 (70)	131.0 ± 23.0	70.9 ± 13.2
3 分位 HR	813	188 (23)	53 (7)	345 (43)	602 (74)	131.9 ± 23.7	71.3 ± 13.0
4 分位 HR	708	186 (26)	47 (7)	271 (39)	484 (68)	132.7 ± 25.3	73.7 ± 13.6
5 分位 HR	698	213 (31)	49 (7)	231 (33)	452 (65)	135.6 ± 25.7	76.9 ± 14.6

续表

组别	例	既往心肌梗死[例(%)]*	既往冠状动脉旁路移植[例(%)]*	既往PCI[例(%)]*	脑卒中[例(%)]*	既往慢性心力衰竭[例(%)]*	左室射血分数[例(%)]*
1分位 HR	944	309(33)	107(11.4)	315(33.0)	59(6.3)	19(2.0)	54.9±9.7
2分位 HR	557	163(29)	48(8.6)	145(26.0)	45(8.1)	12(2.2)	55.3±9.9
3分位 HR	813	224(28)	62(7.6)	209(26.0)	60(7.1)	24(3.0)	54.4±9.1
4分位 HR	708	173(25)	39(5.5)	169(24.0)	37(5.2)	27(3.8)	54.0±10.0
5分位 HR	698	147(21)	36(5.2)	131(19.0)	42(6.0)	25(3.6)	52.7±11.0

组别	例	STEMI [例(%)]*	NSTEMI [例(%)]*	不稳定型心绞痛[例(%)]*	慢性稳定型心绞痛[例(%)]*	IIb/IIIa [例(%)]	NYHA III 或 IV级[例(%)]*
1分位 HR	944	195(21)	245(26)	107(11)	343(36)	220(23)	227(26)
2分位 HR	557	126(23)	160(29)	59(11)	190(34)	125(23)	141(28)
3分位 HR	813	191(24)	261(32)	82(10)	241(30)	229(28)	166(22)
4分位 HR	708	239(34)	214(30)	72(10)	153(22)	229(32)	150(23)
5分位 HR	698	369(53)	178(26)	33(5)	86(12)	313(45)	174(28)

组别	例	植入药物洗脱支架[例(%)]*	总支架长度(mm)*	病变类型B2/C [例(%)]*	新发病变[例(%)]*	旁路移植[例(%)]*	单支病变[例(%)]*	多支病变[例(%)]*
1分位 HR	944	569(52)	18.9±9.6	579(52)	1004(91)	40(3.6)	348(37)	596(63)
2分位 HR	557	321(50)	18.8±8.5	328(51)	592(92)	17(2.6)	251(45)	306(55)
3分位 HR	813	500(51)	18.7±8.3	516(52)	913(93)	20(2.0)	345(42)	468(58)
4分位 HR	708	403(48)	19.3±9.1	459(54)	800(95)	20(2.4)	292(41)	415(59)
5分位 HR	698	342(42)	19.0±8.0	498(61)	764(94)	17(2.1)	335(48)	362(52)

注:5组患者比较,* $P < 0.05$

表2 5组患者出院后30d内随访的临床结果比较

组别	例	HR(次/min)	总死亡(%)*	心源性死亡[例(%)]*	再发心肌梗死[例(%)]*	靶病变血运重建[例(%)]*
1分位 HR	944	54.8±5.3	5(0.5)	6(0.6)	15(1.6)	14(1.5)
2分位 HR	557	63.7±1.6	0(0.0)	3(0.5)	12(2.2)	4(0.7)
3分位 HR	813	69.9±1.5	5(0.6)	7(0.9)	9(1.1)	18(2.2)
4分位 HR	708	77.1±2.5	3(0.4)	8(1.1)	15(2.1)	11(1.6)
5分位 HR	698	93.4±13.1	10(1.4)	5(0.7)	21(3.0)	36(5.2)

组别	例	靶血管血运重建[例(%)]*	卒中[例(%)]	MACE [例(%)]*	再入院治疗[例(%)]
1分位 HR	944	3(0.3)	4(0.4)	0(0)	12(1.3)
2分位 HR	557	1(0.2)	2(0.4)	1(0.2)	4(0.7)
3分位 HR	813	8(1.0)	7(0.9)	2(0.3)	16(2.0)
4分位 HR	708	7(1.0)	5(0.7)	2(0.3)	17(2.4)
5分位 HR	698	15(2.2)	6(0.9)	4(0.6)	20(2.9)

注:5组患者比较,* $P < 0.05$

表3 不同心率患者住院期间和出院后30d内临床结果比较

[例(%)]

组别	例	总死亡	心源性死亡	非心源性死亡	心肌梗死	靶病变血运重建
HR < 70次/min	2314	8(0.5)*	4(50)	4(50)	24(1.4)*	17(1.0)*
HR ≥ 70次/min	1406	26(1.3)	12(46)	14(54)	38(1.9)	38(1.9)

组别	例	靶血管血运重建	脑卒中	MACE	再次入院治疗
HR < 70次/min	2314	21(1.2)*	3(0.1)	44(2.6)*	131(8.2)*
HR ≥ 70次/min	1406	42(2.1)	2(0.1)	82(4.1)	184(9.8)

注:与HR ≥ 70次/min组比较,* $P < 0.05$

间和出院后 30 d 内 MACE 发生率明显上升, ($P < 0.01$)。对于 $HR \geq 70$ 次/min 的患者中, 住院期间和出院后 30 d 内 MACE 发生率明显高于 $HR < 70$ 次/min 的患者 ($P < 0.05$), 见图 1、2。

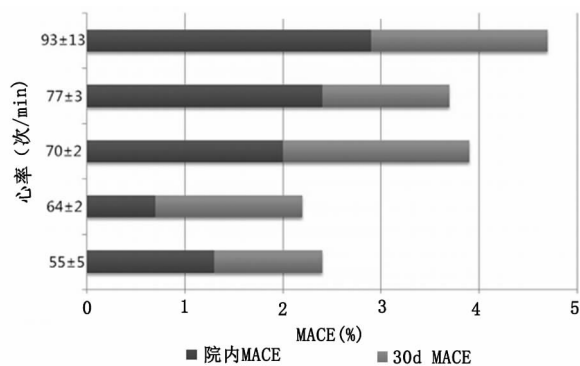


图1 按 HR 五分位数计算的住院期间和出院后 30 d 内 MACE

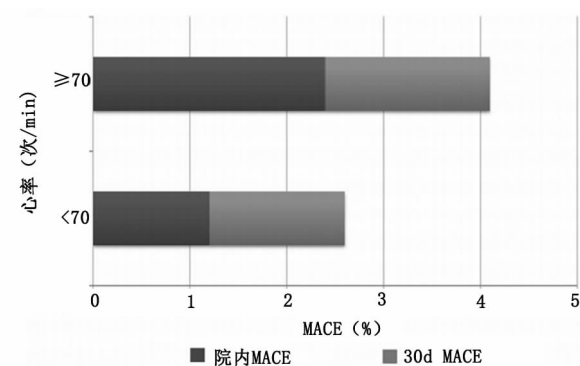


图2 不同心率患者住院期间和出院后 30 d 内 MACE 发生率

讨论

本研究结果显示, PCI 术前静息 HR 高的患者住院期间和出院后 30 d 内 MACE 发生率均较高, 且随着 HR 的升高病死率有显著增加的趋势, 与 Rienstra 等^[4]报道一致。

MACE 的最常见原因是冠状动脉血运重建, 而在其他研究中, 心血管病病死率与心力衰竭恶化或心肌梗死的再入院率是主要因素^[5]。患者群体的差异可能造成结果的不同。Vidyashree 等^[6]研究发现静息 HR 是稳定型冠心病患者的不良预后的独立预测因素。本研究发现: 随着 HR 五分位数增加, 病死率增加的趋势与 MACE 趋势相当。此外, 在 $HR < 70$ 次/min 和 ≥ 70 次/min 患者的分析中, HR 是病死率的独立预测因子。在 Shift^[7] 的研究中, PCI 治疗的 STEMI 患者中, 确定了出院时静息 HR 阈值为 70 次/min。本文对 HR 进行二次分析研究设定 HR 阈值为 70 次/min, 超过此阈值, 冠心病患者的

预后可能较差。最重要的是, 即使在左心室功能障碍和心力衰竭发生率较低的队列中^[8], 这一阈值仍有价值。

许多机制与较高静息 HR 对心血管结局的病理生理学影响有关。升高的 HR 延长了冠状动脉内皮暴露于收缩期高剪切应力的时间^[9]。剪切应力变化的血管区域与动脉壁的病理变化相对应^[10], 并与动脉粥样硬化相关, 而持续的层流和高剪切应力促进动脉粥样硬化的形成^[11], 而由心动周期持续时间确定的剪切应力和其他类型的机械应力可引发冠状动脉斑块破裂^[12]。其次, 较高的静息 HR 与内皮功能障碍有关, 其机制被认为与炎症细胞因子的上调有关^[13]。有临床研究发现较高静息 HR 与炎症标志物水平升高之间存在关联, 如纤维蛋白原和高敏 C 反应蛋白^[14]。通过促进内皮功能障碍, 升高的 HR 可能有助于动脉粥样硬化的发生和进展^[15]。

参考文献

- 1 de Oliveira RM, Ugrinowitsch C, Kingsley JD, et al. Effect of individualized resistance training prescription with heart rate variability on individual muscle hypertrophy and strength responses [J]. Eur J Sport Sci, 2019, 2(4): 1-9.
- 2 王阳, 栗印军, 邢芸芸. 冠状动脉粥样硬化心脏病患者外周血中血小板 miR-126 水平及临床意义 [J]. 内科急危重症杂志, 2019, 25(5): 384-386.
- 3 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南 [J]. 中华心血管病杂志, 2015, 43(5): 380-393.
- 4 Rienstra M, Kotecha D, van Veldhuisen DJ, et al. Heart rate in patients with atrial fibrillation and heart failure with preserved ejection fraction: a prognosticator like in sinus rhythm? [J]. Eur J Heart Fail, 2019, 4(7): 31-35.
- 5 Oksanen P, Tulppo MP, Auvinen J, et al. Associations of Fitness and Physical Activity with Orthostatic Responses of Heart Rate and Blood Pressure at Mid-Life [J]. Scand J Med Sci Sports, 2019, 3(4): 47-52.
- 6 Vidyashree HM, Maheshkumar K, Sundareswaran L, et al. Effect of Yoga Intervention on Short-Term Heart Rate Variability in Children with Autism Spectrum Disorder [J]. Int J Yoga, 2019, 12(1): 73-77.
- 7 Swedberg K, Komajda M, Bohm M, et al. Ivabradine and outcomes in chronic heart failure (SHIFT): a randomized placebo-controlled study [J]. Lancet, 2010, 376(9744): 875-885.
- 8 Sartipy U, Savarese G, Dahlström U, et al. Association of heart rate with mortality in sinus rhythm and atrial fibrillation in heart failure with preserved ejection fraction [J]. Eur J Heart Fail, 2019, 9(4): 54-61.
- 9 Pradnya D, Nalini A, Nagarathna R, et al. Effect of Yoga as an Add-on Therapy in the Modulation of Heart Rate Variability in Children with Duchenne Muscular Dystrophy [J]. Int J Yoga, 2019, 12(1): 55-61.

(下转第 483 页)

- 789-799.
- 16 Hasford J, Pfirmann M, Hehlmann R, et al. A new prognostic score for survival of patients with chronic myeloid leukemia treated with interferon alfa. Writing Committee for the Collaborative CML Prognostic Factors Project Group [J]. *J Natl Cancer Inst*, 1998, 90(11): 850-858.
 - 17 中华医学会血液学分会实验诊断学组, 中国慢性髓性白血病联盟专家组. 中国慢性髓性白血病诊疗监测规范(2014年版)[J]. *中华血液学杂志*, 2014, 35(8): 781-784.
 - 18 Baccarani M, Deininger MW, Rosti G, et al. European Leukemia Net recommendations for the management of chronic myeloid leukemia [J]. *Blood*, 2013, 122(11): 872-884.
 - 19 陈娟, 周励, 杜圣红, 等. 国产伊马替尼治疗初发慢性髓性白血病的疗效与安全性观察 [J]. *中华血液学杂志*, 2015, 36(3): 235-237.
 - 20 李珍, 马思聪, 周红升, 等. 伊马替尼治疗慢性嗜酸性粒细胞白血病合并中枢侵犯1例并文献复习 [J]. *内科急危重症杂志*, 2020, 26(1): 77-79.
 - 21 邢学仰, 冯志金, 苏永忠, 等. BCR-ABL 阴性骨髓增殖性肿瘤患者 JAK2、CALR、MPL 基因突变的临床分析 [J]. *内科急危重症杂志*, 2019, 25(2): 98-102.
 - 22 Castagnetti F, Gugliotta G, Breccia M, et al. Long-term outcome of chronic myeloid leukemia patients treated frontline with imatinib [J]. *Leukemia*, 2015, 29(9): 1823-1831.
 - 23 Marin D, Ibrahim AR, Lucas C, et al. Assessment of BCR-ABL1 transcript levels at 3 months is the only requirement for predicting outcome for patients with chronic myeloid leukemia treated with tyrosine kinase inhibitors [J]. *J Clin Oncol*, 2012, 30(3): 232-238.
 - 24 Hughes TP, Saglio G, Kantarjian HM, et al. Early molecular response predicts outcomes in patients with chronic myeloid leukemia in chronic phase treated with frontline nilotinib or imatinib [J]. *Blood*, 2014, 123(6): 1353-1360.
 - 25 Marin D, Ibrahim AR, Goldman JM. European treatment and outcome study (EUTOS) score for chronic myeloid leukemia still requires more confirmation [J]. *J Clin Oncol*, 2011, 29(10): 3944-3945.
 - 26 Marin D, Ibrahim AR, Lucas C, et al. Assessment of BCR-ABL1 transcript levels at 3 months is the only requirement for predicting outcome for patients with chronic myeloid leukemia treated with tyrosine kinase inhibitors [J]. *J Clin Oncol*, 2012, 30(3): 232-238.
 - 27 Hughes TP, Saglio G, Kantarjian HM, et al. Early molecular response predicts outcomes in patients with chronic myeloid leukemia in chronic phase treated with frontline nilotinib or imatinib [J]. *Blood*, 2014, 123(6): 1353-1360.
 - 28 Ko PS, Yu YB, Liu YC, et al. Moderate anemia at diagnosis is an independent prognostic marker of the EUTOS, Sokal, and Hasford scores for survival and treatment response in chronic-phase, chronic myeloid leukemia patients with frontline imatinib [J]. *Curr Med Res Opin*, 2017, 33(10): 1737-1744.
 - 29 Mahon FX, Rea D, Guilhot J, et al. Discontinuation of imatinib in patients with chronic myeloid leukemia who have maintained complete molecular response: update results of the STIM study [J]. *Blood*, 2011, 118(6): 1271-1277.
 - 30 Ross DM, Hughes TP. How I determine if and when to recommend stopping tyrosine kinase inhibitor treatment for chronic myeloid leukaemia [J]. *Br J Haematol*, 2014, 166(1): 3-11.
 - 31 Jiang Q, Liu ZC, Zhang SX, et al. Young age and high cost are associated with future preference for stopping tyrosine kinase inhibitor therapy in Chinese with chronic myeloid leukemia [J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2016, 142(7): 1539-1547.
 - 32 Kim DD, Lee H, Kamel-Reid S, et al. BCR-ABL1 transcript at 3 months predicts long-term outcomes following second generation tyrosine kinase inhibitor therapy in the patients with chronic myeloid leukaemia in chronic phase who failed Imatinib [J]. *Br J Haematol*, 2013, 160(5): 630-639.
 - 33 Cortes JE, Saglio G, Kantarjian HM, et al. Final 5-year study results of DASISION: the dasatinib versus imatinib study in treatment-naive chronic myeloid leukemia patients trial [J]. *J Clin Oncol*, 2016, 34(23): 33-40.
 - 34 Fullmer A, Kantarjian H, Cortes J, et al. Dasatinib for the treatment of chronic myeloid leukemia [J]. *Expert Rev Hematol*, 2011, 4(3): 253-260.
 - 35 Yamada T, Nannya Y, Shimizu M, et al. Symptomatic Acute Pancreatitis Induced by Nilotinib: A Report of Two Cases [J]. *Internal Med*, 2016, 55(23): 3495-3497.

(2020-08-05 收稿 2020-11-30 修回)

(上接第 475 页)

- 10 Nazari G, MacDermid JC, Sinden KE, et al. Reliability of Zephyr Bioharness and Fitbit Charge Measures of Heart Rate and Activity at Rest, During the Modified Canadian Aerobic Fitness Test, and Recovery [J]. *J Strength Cond Res*, 2019, 33(2): 559-571.
- 11 Magiera A, Rocznik R, Sadowska-Krepa E, et al. The Effect of Physical and Mental Stress on the Heart Rate, Cortisol and Lactate Concentrations in Rock Climbers [J]. *J Hum Kinet*, 2018, 65(4): 111-123.
- 12 Adorisio R, Calvieri C, Cantarutti N, et al. Heart rate reduction strategy using ivabradine in end-stage Duchenne cardiomyopathy [J]. *Int J Cardiol*, 2019, 14(7): 91-103.
- 13 Welborn R, Mohr NM. Heart rate variability in the risk stratification of emergency department patients with chest pain [J]. *Am J Emerg Med*, 2019, 37(2): 363-365.
- 14 Hoshi RA, Andreão RV, Santos IS, et al. Linear and nonlinear analyses of heart rate variability following orthostatism in subclinical hypothyroidism [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(4): e14140.
- 15 Takano N, Amiya E, Oguri G, et al. Influence of atrial fibrillation on oxygen uptake and exercise tolerance in cardiovascular patients; close association with heart rate response [J]. *Int J Cardiol Heart Vasc*, 2019, 22(8): 84-91.
- 16 Nassur AM, Léger D, Lefèvre M, et al. Effects of Aircraft Noise Exposure on Heart Rate during Sleep in the Population Living Near Airports [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(2): 96-105.

(2019-05-10 收稿 2020-10-30 修回)