

УДК 616.127 - 005.8 - 615.825

APPLICATION OF INFORMATIVE HEART RATE VARIABILITY, HEMODYNAMICS AND OXYGEN UPTAKE VALUES FOR OPTIMISATION EXERCISE TRAINING PROGRAMME

J. Brožaitienė, J. Juškėnas

Institute Psychophysiology & Rehabilitation c/o Kaunas University of Medicine, Palanga, Lithuania

SUMMARY

The aim of this study is to assess the peculiarities of heart rate variability (HRV), hemodynamics and oxygen uptake data during functional testing procedures in post - MI patients at various risk groups and to use the informative values for optimisation the intensity of exercise training programme. The peculiarities and significance of heart rate variability, hemodynamics and O₂ uptake data were assessed in 558 post - myocardial infarction patients, subdivided into low (group 1, 44 pts), intermediate (group 2, 221 pts) and high (group 3, 293 pts) risk groups. Clinical investigation, followed by typical instrumental (ECG, echocardiography etc.) was performed for every patient at the beginning of search. A computerised analysis of heart rate variability (SDNN, respiratory sinus arrhythmia - RA, HR power - spectrum components: very low frequency (VLFC), low frequency (LFC), and high frequency (HFC), maximum HR values in response to the AOT (RR_B), the extent of response (Δ RR_B) as well as hemodynamics (method rheography) and oxygen uptake parameters (VE, VO₂, VE/VO₂, VE/VCO₂) during an active orthostatic test (AOT), bicycle exercise or spiroergometric test was estimated. On the ground of the informative parameters of autonomic HR control, hemodynamics and O₂ uptake responses to the workload, an algorithm for the optimisation of an exercise-training programme was proposed and used for training patients with coronary artery disease.

KEY WORDS: heart rate variability, hemodynamic, exercise training, ischemic heart disease

INTRODUCTION

Risk stratification after myocardial infarction identifying patients at a high, intermediate and low risk for sudden death or reinfarction is an established principle for the management of the patients after MI and for the optimisation of the training programme during cardiac rehabilitation.

Exercise training became popular and recommended for patients recovering from myocardial infarction, coronary angioplasty, coronary artery bypass graft surgery and patients with stable angina and compensate chronic heart failure [1, 2, 3, 4, 5]. In selected subjects exercise training has been shown to improve impaired measures of cardiac autonomic function - baroreflex sensitivity and heart rate variability, and reduce the risk of sudden death after myocardial infarction [6]. Thus, exercise training of appropriate intensity may improve both exercise capacity and cardiac function of patients with prior myocardial infarction if the safe optimum training intensity is determined for each patient according to their severity of heart disease, exercise capacity, cardiac autonomic regulation, hemodynamic responses. The aim of this study is to assess the peculiarities of heart rate variability (HRV), hemodynamics and oxygen uptake data during functional testing procedures in post - MI patients at various risk groups and to use the informative values of functional tests for optimisation the intensity of exer-

cise training programme.

MATERIALS AND METHODS

Clinical investigation, followed by typical instrumental (ECG, echocardiography etc.) was performed for every patient at the beginning of search. A computerised power spectral analysis of heart rate (HR) variability, hemodynamics and oxygen uptake parameters during an active orthostatic test (AOT), bicycle exercise or spiroergometric test was estimated. Multistage bicycle ergometry in a sitting position, starting with 25 W, increasing every 3 min until submaximum HR (75% of predicted HR_{max}) or exercise - limiting symptoms appear was performed [7]. During the testing, HR and stroke volume (SV) were continuously recorded by impedance cardiography. The cardiac output (CO) and total peripheral resistance (TPR) were calculated. HR variability and hemodynamics characteristics were analysed using a computerised system. The autonomic HR control, the parasympathetic and sympathetic interaction, were assessed using the heart rate variability (SDNN, respiratory sinus arrhythmia - RA) and the HR power - spectrum analysis, with identifying three major oscillatory components - very low frequency (VLFC), low frequency (LFC), and high frequency (HFC) ones. The maximum HR values in response to the AOT (RR_B), the extent of this response (Δ RR_B) and HR values at peak of exercise (RR peak), as well as hemody-

dynamic responses, were also assessed. The apparatus "Siregnost FD - 85 S", "Siemens", was used to perform a gas exchange analysis. The following measurements were analysed: minute ventilation (VE, l/min), peak O₂ uptake (VO₂ ml/kg/min), CO₂ production (VCO₂, ml/min), ventilatory equivalents (VE/VO₂ or VE/VCO₂) and O₂ pulse. Anaerobic threshold (ATVO₂) was determined in accordance with Wasserman's et. al. recommendations [8, 9].

Investigated were 558 pts after myocardial infarction (age 59.2 yrs). Thus, Q wave MI was in 57,6% pts, without Q wave MI – in 42,4% pts. According to the NYHA classification, 40 pts were in NYHA class I, 282 pts in NYHA class II and 236 pts – in NYHA class III. The spiroergometric test was performed in 90 post - MI pts. According to the level of the ejection fraction, exercise tolerance and ischemia on exercise testing, symptomatic ventricular ectopic beats and the data of coronary angiography, the post - MI patients were stratified into low (44 pts), intermediate (221 pts) and high (293 pts) risk groups [10, 11].

Statistical analysis. The mean values of HRV, hemodynamics during the AOT and bicycle ergometry and oxygen uptake values were compared between MI pts in various risk groups, using the Student's criterion. The non-parameters Spearman R correlation between the risk levels of the MI pts and all the investigated cardiovascular and metabolic parameters were evaluated.

RESULTS AND DISCUSSION

The peculiarities and significance of heart rate variability, hemodynamics and O₂ uptake data were assessed in 558 post - myocardial infarction patients, subdivided into low (group 1, 44 pts), intermediate (group 2, 221 pts) and high (group 3, 293 pts) risk groups.

The comparison of variables of HR variability, obtained from time and frequency domain analysis in resting, the workload conditions (Table 1) showed a more increased baseline heart rate and reduced HR during peak workload in group 3 than in group 1 and group 2 pts. Heart rate variability (SDNN) and respiratory arrhythmia (RA) were more reduced in group 3 pts (p<0.05) than in others. A very low frequency (VLFC) component was higher and low (LFC) and high frequency (HFC) components - more diminished in the HR power - spectrum at rest in 2 and 3 groups than in group 1 pts (p<0.05). The maximum HR response to the AOT (according to ΔRR_B - index of parasympathetic reserve) and to workload (ΔHR peak,%) was reduced in group 2 and 3 pts, as compared to group 1 pts. The characteristics of hemodynamics at rest and during response to workload were different correspondingly (Table 2): SV and CO at rest and during peak load was smaller in groups 2 and 3 than in group 1 (p<0.05). Total peripheral resistance was increased at rest and an insufficient decrease during peak workload was established in group 2 and 3, than in group 1 (p<0.05).

Table 1

The variables of heart rate, heart rate variability, and power spectral components during functional tests in post - myocardial infarction patients depending on risk levels

Parameters	Low-risk pts n = 44	Intermediate -risk pts n = 221	High - risk pts n = 293
HR, ms	991.1 ± 104.6	1018.0 ± 141.3	923.3 ± 125.8 ^{***}
HR peak, ms	495.5 ± 68.2	573.4 ± 101.6 [*]	603.5 ± 84.1 ^{**}
ΔHR peak, %	49.0 ± 7.3	43.2 ± 9.7 [*]	33.0 ± 9.7 ^{**}
SDNN, ms	32.4 ± 15.3	36.4 ± 14.8	27.7 ± 11.3 ^{***}
RA, ms	35.9 ± 22.9	35.8 ± 14.3	24.6 ± 4.1 ^{***}
VLF, ms	24.8 ± 9.4	29.5 ± 11.8 [*]	23.6 ± 10.2 ^{***}
LF, ms	13.7 ± 7.2	14.5 ± 6.9	10.4 ± 6.3 ^{***}
HF, ms	14.3 ± 10.3	14.2 ± 6.5	10.2 ± 5.1 ^{***}
VLF %	60.7 ± 19.2	65.3 ± 12.3	73.3 ± 10.9 ^{***}
LF %	18.6 ± 11.0	17.1 ± 9.3	12.9 ± 7.1 ^{***}
HF %	20.4 ± 15.3	17.0 ± 10.4	13.2 ± 7.5 ^{***}
ΔRR _B , ms	281.7 ± 100.6	276.4 ± 86.0	199.3 ± 87.2 ^{***}
ΔRR _B , %	28.0 ± 7.1	26.7 ± 7.9	20.8 ± 7.7 ^{**}

^{*}p<0.05 - between low and intermediate

^{**} - between low and high

^{***} - between intermediate and high risk groups

On the ground of these results, we established that in the post - myocardial infarction patients at high risk for acute coronary events, increased

baseline heart rate, incompetent HR response to the AOT and bicycle ergometry, depressed HR variability (SDNN<30 ms, RA<25 ms), due to

reduced parasympathetic HR control (reduced ΔRR_B) and increased humoral one (VLFC% > 70%), and the predominance of adrenergic vasoconstrictor influence (TPR) were appropriate. Reduced work capacity (kgm, MET) and diminished RPP (rate-pressure product) response, ($p < 0.05$) and an insufficient decrease in TPR

were established in the high and intermediate risk patients ($p < 0.05$). Our data had showed that in the high-risk post - MI patients, a reduced hemodynamic response to the workload is accompanying of diminished cardiovascular functional reserve within an increased impact of sympathetic and humoral HR control [12, 13].

Table 2

The characteristics of hemodynamics and oxygen uptake during an exercise test in post - myocardial infarction patients depending on risk levels

Characteristics	Low - risk pts n = 44	Intermediate -risk pts n = 221	High - risk pts n = 293
SV, ml/min	96.1 ± 26.9	86.3 ± 26.3	68.7 ± 19.8 ^{*,***}
SV peak, ml/min	94.1 ± 26.7	87.7 ± 27.4	69.3 ± 22.2 ^{*,***}
ΔSV peak, %	60.9 ± 41.3	43.8 ± 43.9	27.5 ± 25.7 ^{**}
CO, l/min	5.6 ± 1.3	5.2 ± 1.1	4.6 ± 0.9 ^{***}
CO peak, l/min	11.4 ± 3.3	9.6 ± 3.4 [*]	6.9 ± 2.5 ^{***}
ΔCO peak, %	112.2 ± 56.0	78.3 ± 58.1	45.4 ± 45.6 ^{**}
TPR, dyn · s · cm ⁻⁵	1341.6 ± 232.1	1475.1 ± 286.8 [*]	1754.1 ± 503.4 ^{*,***}
TPR peak, dyn · s · cm ⁻⁵	921.9 ± 292.7	1089.9 ± 292.8	1474.5 ± 556.2 ^{*,***}
ΔTPR peak, %	30.1 ± 20.1	26.1 ± 21.2	11.0 ± 30.1 ^{*,***}
CI, l/min/m ²	2.7 ± 0.5	2.7 ± 0.6	2.5 ± 0.5 ^{*,***}
CI peak, l/min/m ²	5.6 ± 1.7	5.0 ± 2.0	3.7 ± 1.4 ^{*,***}
RPP, mmHg · min ⁻¹	71.9 ± 11.3	73.5 ± 14.0	85.8 ± 17.3 ^{*,***}
RPP peak, mmHg · min ⁻¹	225.1 ± 54.0	181.6 ± 45.3 [*]	162.3 ± 38.5 ^{*,***}
peak VO ₂ , ml/kg/min	23.5 ± 3.2	17.9 ± 2.9 [*]	15.2 ± 4.6 ^{*,***}
ATVO ₂ , ml/kg/min	21.9 ± 2.8	16.7 ± 3.0 [*]	12.9 ± 4.5 ^{*,***}
peak VE/VCO ₂	31.4 ± 4.1	32.5 ± 4.4	37.4 ± 7.6 ^{*,***}
O ₂ pulse	14.1 ± 2.7	12.6 ± 2.9 [*]	10.9 ± 2.9 ^{*,***}
MET	5.2 ± 1.0	4.4 ± 0.9 [*]	3.3 ± 0.8 ^{*,***}

*p < 0.05 - between low and intermediate

** - between low and high

*** - between intermediate and high risk groups

The peak VO₂ consumption values during workload were significantly lower ($p < 0.05$) in groups 3 and 2 than in group 1. The oxygen uptake values at the anaerobic threshold (ATVO₂), O₂ pulse at peak load were lower and the level of VE/VCO₂ higher, in the high risk patients ($p < 0.05$) and correspond with data of others [14, 15].

Spearman R correlation between the post - MI pts' clinical risk levels and the values of HR variability, hemodynamics and oxygen consumption parameters was quite strong in the case of baseline variables, the AOT and peak workload responses during the bicycle ergometry (Table 3). A negative correlation was found with the physical capacity ($R = -0.65$), peak HR response ($R = -0.47$ with ΔRR peak %), baseline respiratory sinus arrhythmia ($R = -0.36$ with RA), with the maximum HR responses to the AOT ($R = -0.33$ with ΔRR_B and $R = -0.30$ with $\Delta RR_B\%$). A positive correlation was found with peak HR ($R = 0.30$), with VLFC ($R = 0.29$ with VLFC%). On the other hand, the relationship was negative with baseline heart rate

($R = -0.26$), baseline heart rate variability ($R = -0.24$ with SDNN, $R = -0.30$ with HF, $R = -0.30$ with LF, ms). A significant relation was found with hemodynamic responses during a symptom - limited exercise test. A negative correlation was obtained with CO response ($R = -0.47$ with $\Delta CO\%$), with peak CO ($R = -0.47$), response of SV ($R = -0.35$), baseline and peak rate - pressure product ($R = -0.32$), and total peripheral resistance during workload ($r = -0.39$). The patients risk level strongly correlated with the oxygen uptake values: with peak VO₂ consumption ($R = -0.65$), O₂ uptake during the anaerobic threshold ($R = -0.65$), the ventilatory equivalents threshold ($R = -0.36$ with VE/VCO₂ and $R = 0.33$ with VE/VO₂) and O₂ pulse ($R = -0.32$).

Determined more informative parameters of autonomic HR control, hemodynamics and O₂ uptake were used in preparing an algorithm for the optimisation the intensity of the exercise training programme for the post - MI pts with a different risk level to training (Table 4).

Table 3

The correlation between post MI pts' clinical risk levels and the parameters of HR autonomic control, hemodynamics and O₂ uptake during symptom - limited exercise test

HR autonomic control:	R	Hemodynamics:	R	O ₂ uptake:	R
• Workload, kgm	- 0.65*	• Δ CO peak %	- 0.47*	• VO ₂ peak, ml/kg/min	- 0.65*
• ΔRR peak %	- 0.47*	• CO peak, l/min	- 0.44*	• ATVO ₂ , ml/kg/min	- 0.65*
• RA, ms	- 0.36*	• SV peak, ml/min	- 0.35*	• VO ₂ peak, ml/min	- 0.62*
• ΔRR _B , ms	- 0.33*	• Δ TPR peak %	- 0.39*	• VE/VCO ₂	0.36*
• ΔRR _B , %	- 0.30*	• Δ SV peak %	- 0.35*	• VE/VO ₂	0.33*
• RR peak, ms	0.30*	• RPP, mmHg min ⁻¹	0.32*	• O ₂ pulse	- 0.32*
• σHF, ms	- 0.30*	• RPP peak	- 0.32*		
• σLF, ms	- 0.30*				
• VLF, n.u.	0.29*				
• HR, ms at rest	- 0.26*				
• SDNN, ms	- 0.24*				

*p < 0.05

Table 4

An algorithm for the optimisation of exercise programme on the ground of informative parameters of heart rate variability, hemodynamic, O₂ uptake responses during an exercise test and physical capacity

Characteristics	Low - risk pts	Intermediate - risk pts	High - risk pts
HR autonomic control:			
*HR variability (SDNN, ms)	σRR > 30	20ms < σRR ≤ 30	σRR ≤ 20
*ΔRR _B %	≥ 28	20 < RR _B < 28	≤ 20
*ΔHR peak, %	> 45	45 - 35	< 35
Hemodynamic:			
*ΔSV peak, %	> 40	40 - 30	< 30
*ΔCO peak, %	> 80	50 - 80	< 50
*Δ TPR peak, %	> 30	20 - 30	< 20
*RPP peak (mmHg min ⁻¹)	> 220	170 - 220	< 170
O₂ uptake:			
*VO ₂ peak (ml/kg/min)	> 20	15 - 19	< 15
*VE/VO ₂	< 30	30 - 35	> 35
*O ₂ pulse	> 14	10 - 14	< 10
Tolerated workload (bicycle ergometry)	≥ 125 W	75 - 100W	50W 3 min
Exercise programme:			
* Relative intensity	Moderate 60 - 80% of VO ₂ max or HR max reserve (%)	Moderate 50 - 75% of VO ₂ max or HR max reserve (%)	Low intensity 40 - 60% of VO ₂ max or HR max reserve (%)
* Individual programme type	Training (>4,3 MET)	Sparing - training (2 - 4,3 MET)	Sparing (2 MET)
* Medical supervision	At the beginning of the training and changing of activity levels	During the whole programme	During the whole programme

CONCLUSIONS

Increased baseline heart rate, depressed heart rate variability on account of diminished parasympathetic and intensified neurohumoral HR control was established for the high-risk post - myocardial infarction patients. Lower physical capacity, a reduced hemodynamics level at rest and a decreased chronotropic, hemodynamic and

oxygen uptake responses to workload were determined for the high and intermediate risk post - myocardial infarction patients. On the ground of the informative parameters of autonomic HR control, hemodynamics and O₂ uptake responses to the workload, an algorithm for the optimisation of an exercise-training programme was proposed and used for training patients with coronary artery disease.

REFERENCES

1. Ignone G., Giordano A., Tavazzi L. // Eur. Heart J. 1988. Vol. 9. Suppl M. P. 13-21.
2. Jugdutt B.I., Michorowski B.L., Kappagoda C.T. // J. Am. Coll. Cardiol. 1988. Vol. 12. P. 362-372.
3. Giannuzzi P., Temporelli P.L., Tavazzi L. et. al. // Chest. 1992. Vol. 101. P. 315-321.
4. Wilson J.R., Groves I., Rayos G. // Circulation. 1996. Vol. 94. P. 1567-1572.
5. The Task Force on the Management of Acute Myocardial Infarction of the European Society of Cardiology. //Eur. Heart J. 1996. Vol. 17. P. 43-63.
6. Malfatto G., Facchini M., Bragato R. et. al. // Eur. Heart J. 1996. Vol. 17. P. 532-538.

7. Andersen K.L., Shepard R.J., Denolin H. et. al. Fundamentals of Exercise Testing. WHO. Geneva. 1971. P. 133.
8. Weber K.T., Janicki J.S. Cardiopulmonary exercise testing: Physiologic Principles and Clinical Correlates. Philadelphia, 1986, P. 168.
9. Wasserman K. // Circulation. 1987. Vol. 76. Suppl VI. P. 29-39.
10. Ryan T.J. et. al. // JACC. 1996. Vol. 28. № 5. P. 1328-1428.
11. The Task Force of the Working Group on Cardiac Rehabilitation of European Society of Cardiology: Long term comprehensive care of cardiac patients. // Eur. Heart J. 1992. Vol. 13. Suppl C. P. 1-45.
12. Copex X., Hnatkova K., Staunton A. et. al. // J. Am. Coll. Cardiol. 1996. Vol. 27. P. 270-276.
13. Krone R.J., Gillespie J.A., Weld F.M. et. al. // Circulation. 1985. Vol. 71. P. 80-89.
14. Kleber F.X., Vietz G., Baner U. et. al. // Circulation. 1996. Vol. 94. P. 1-374.
15. Cowburn P.J., Culand J.G.F., Coats A.J.S. et. al. // Eur. Heart J. 1998. Vol. 19. P. 696-710.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ РИТМУ СЕРЦЯ, ГЕМОДИНАМІКИ І ГАЗООБМІНУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ФІЗИЧНИХ ТРЕНУВАНЬ

Ю. Брожайтене, Й. Юшкенас

Каунаський медичний університет

Інститут психофізіології і реабілітації, Паланга, Литва

РЕЗЮМЕ

Ціль дослідження – встановлення особливостей варіабельності ритму серця, гемодинаміки і газообміну у хворих, які перенесли інфаркт міокарда в групах різного ризику і використання інформативних параметрів для оптимізації інтенсивності тренувань.

Особливості варіабельності ритму серця, гемодинаміки і характеристики газообміну досліджені у 558 хворих, які перенесли інфаркт міокарда, з них: 44 з малим, 222 – із середнім і 293 хворих з великим ризиком коронарних інцидентів. Всім обстежуваним проводилася комплексна оцінка клінічного стану, реєстрація характеристик варіабельності ритму серця, гемодинаміки (метод реографії) у спокої і під час активного ортостазу, велоергометрії і досліджувалися параметри обміну кисню під час спироергометрії (VE , VO_2 , VE/VO_2 , VE/VCO_2). Встановлені найбільш інформативні характеристики (кореляція по Спирману) були використані для створення алгоритму визначення оптимальної інтенсивності фізичних тренувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: варіабельність ритму серця, гемодинаміка, фізичне тренування, ішемічна хвороба серця

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАРИА- БЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА, ГЕМОДИНАМИКИ И ГАЗООБМЕНА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК

Ю. Брожайтене, Й. Юшкенас

Каунаский медицинский университет

Институт психофизиологии и реабилитации, Паланга, Литва

РЕЗЮМЕ

Цель исследования – установление особенностей вариабельности ритма сердца, гемодинамики и газообмена у больных перенесших инфаркт миокарда в группах разного риска и использование информативных параметров для оптимизации интенсивности тренировок.

Особенности вариабельности ритма сердца, гемодинамики и характеристики газообмена исследованы у 558 больных перенесших инфаркт миокарда, из них: 44 с малым, 222 – с средним и 293 больные с большим риском коронарных инцидентов. Всем обследуемым проводилась комплексная оценка клинического состояния, регистрация характеристик вариабельности ритма сердца, гемодинамики (метод реографии) в покое и во время активного ортостаза, велоэргометрии и исследовались параметры обмена кислорода во время спироэргометрии (VE , VO_2 , VE/VO_2 , VE/VCO_2). Установленные наиболее информативные характе-

ристик (корреляция по Спирману) использовались для создания алгоритма определения оптимальной интенсивности физических тренировок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вариабельность ритма сердца, гемодинамика, физическая тренировка, ишемическая болезнь сердца

УДК 612.1

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ВО ВРЕМЯ СНА

Г. Варонецкас

Каунасский медицинский университет

Институт психофизиологии и реабилитации, Паланга, Литва

РЕЗЮМЕ

Сердечный ритм (СР), ударный объем крови (УОК) и минутный объем крови (МОК) исследован в разных стадиях сна, а также при активной ортостатической пробе (АОП) вечером перед сном и утром после сна у 42 здоровых и 184 больных ишемической болезнью сердца (ИБС). Энергетический спектр СР с распределением его на три основные частотные составляющие - низкочастотную (НЧС), среднечастотную (СЧС) и высокочастотную (ВЧС), был проведен в различных стадиях сна. Показано, что постоянный МОК при смене стадий сна у здоровых лиц обуславливается повышением УОК при урежении ритма во время медленного сна и учащением ритма при снижении УОК в быстром сне. У больных ИБС во время сна наблюдаются сниженные реакции СР и гемодинамики, неспособные поддержать постоянный МОК. Уменьшение МОК наблюдается в поверхностном сне за счет снижения УОК при урежении ритма, а дальнейшее незначительное увеличение УОК и МОК в глубоком медленном сне при урежении ритма не позволяет достигнуть уровня гемодинамики в бодрствовании. В быстром сне заметное уменьшение МОК обусловлено снижением УОК, некомпенсируемым учащением ритма.

Спектральный анализ СР показал повышение ВЧС и снижение НЧС и СЧС в глубоком медленном сне, указывающие на увеличение парасимпатической и уменьшение симпатической регуляции. Заметное снижение ВЧС и повышение НЧС и СЧС в быстром сне обусловлено уменьшением парасимпатической и увеличением симпатической регуляции.

Сон, в виду его цикличности, способствует восстановлению функционального резерва сердечно-сосудистой системы, что отражается урежением частоты ритма и тенденцией увеличения УОК и МОК у здоровых лиц. Если у здоровых лиц это восстановление происходит, в основном, через повышение влияния парасимпатической вегетативной регуляции на СР, то у больных ИБС - больше через изменение гемодинамики, т.е. через снижение тонуса периферических сосудов, что отражает также и достоверно сниженный ОПСС, и систолическое АД утром, по сравнению с вечером.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сердечный ритм, спектральный анализ, стадии сна, восстановление функционального состояния сердечно-сосудистой системы

ВВЕДЕНИЕ

Циклический процесс сон-бодрствование, в котором протекает вся жизнедеятельность человека, вызывает большой интерес. Широкое распространение исследования сна получило после работы в 1935 году Lomis et. al. [28], в которой была сделана попытка связать наступающие по мере углубления сна изменения сознания с динамикой частоты электроэнцефалографических волн и была представлена первая классификация сна, основы которой остаются по сегодняшний день. Если сначала сон рассматривался как периодический, временный перерыв состояния бодрствования, являющегося у взрослых здоровых основной формой жизнедеятельности, то открытие в 1953 году Aserinsky и Kleitman [14] быстрых

движений глаз во время сна нарушило представление о сне как о пассивном трофотропном состоянии. Выяснилось, что в быстром сне, характеризуемом быстрыми движениями глаз и неотличимой от бодрствования ЭЭГ, вегетативные показатели и метаболическая активность переходит на новый, более высокий уровень функционирования.

Сон имеет сложную циклическую организацию. При засыпании происходит последовательная смена от I до IV стадий медленного сна. Через 60-90 минут после засыпания наступает быстрый сон, после завершения которого первый цикл сна считается законченным. Надо отметить, что затем наблюдается переход от более глубоких стадий медленного сна к более поверхностным. В течение ночи обычно бывают 4-6 таких цикла. В различных