



ский Д.Э. и др. Патогистологические и иммуногистохимические изменения в тканях поджелудочной железы при кальцифицирующем хроническом панкреатите // Вестник Рос. воен.-мед. акад. — 2015. — № 2 (50). — С. 23–28.

7. Шапошников Ю.Ю., Шапошников Н.Ю. Исследование качества жизни больных после хирургического лечения // Астраханский мед. журн. — 2010. — Т. 5, № 1. — С. 115–122.

8. Anderson M.A., Akshintala V., Albers K.M. et al. Mechanism, assessment and management

of pain in chronic pancreatitis: Recommendations of a multidisciplinary study group // Pancreatology. — 2016. — Vol. 16, N 1. — P. 83–94.

9. EuroQol Group. EuroQol — a new facility for the measurement of health-related quality of life // Health policy. — 1990. — Vol. 16, N 3. — P. 199–208.

10. Weitz G., Woitalla J., Wellhuner P. et al. Does etiology of acute pancreatitis matter? A review of 391 consecutive episodes // JOP. — 2015. — Vol. 16, N 2. — P. 171–175.

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 616-089.163-092

Первый опыт использования кардиореспираторного нагрузочного тестирования для оценки функционального состояния пациента в предоперационный период

ПЫГАНКОВ К.А., капитан медицинской службы (doctorcygankov@mail.ru)

ЩЕГОЛЕВ А.В., заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук,

полковник медицинской службы (alekseischegolev@gmail.ru)

МАКАРЕНКО Е.П., кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы

(makarenko.eugene@gmail.com)

ЛАХИН Р.Е., доктор медицинских наук, полковник медицинской службы

(doctor-lahin@yandex.ru)

АВЕРЬЯНОВ Д.А., кандидат медицинских наук, майор медицинской службы

(dimonmed@mail.ru)

Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург

В анестезиологической практике существуют различные шкалы и индексы, с помощью которых осуществляют оценку функционального состояния пациента. Недостатком этих шкал и тестов является субъективность оценки как состояния пациента, который способен переоценить свои функциональные возможности, так и анестезиолога, который может недооценить наличие сопутствующих заболеваний и не ожидать у пациента осложнений в послеоперационный период. Методом повышения объективности оценки функциональных резервов пациента является кардиореспираторное нагрузочное тестирование. Методика проведения теста апробирована на 18 пациентах, которым позже были проведены плановые оперативные вмешательства на органах брюшной полости. Определение анаэробного порога проводилось с помощью V-slope метода. Во всех случаях он был достигнут и составил 11,1 (10,1; 12) мл/кг/мин. Максимальное потребление кислорода составило 15,7 (15,2; 18,3) мл/кг/мин. Полученные результаты показывают возможность использования выбранного протокола в исследованиях для прогнозирования возможных осложнений и в послеоперационный период.

К л ю ч е в ы е с л о в а: кардиореспираторное нагрузочное тестирование, анаэробный порог, велоэргометрия, предоперационная оценка, максимальное потребление кислорода, метаболический эквивалент.

Tsygankov K.A., Shchegolev A.V., Makarenko E.P., Lakhin R.E., Averyanov D.A. — First experience of using cardiorespiratory load testing to assess the functional status of the patient in the pre-operational period. In anesthetics practice exist different scales and indexes, through which the evaluation functional condition of the patient. The disadvantage of these scales and tests are subjective evaluation as a condition of the patient, who is able to re-evaluate their functionality and anaesthesiologist, co-tory may underestimate the presence of comorbidities and patient complications in the postoperative period. The method of improvement of objective assessment of the patient's functional reserves of a cardiorespiratory exercise testing is given. The methodology of testing in 18 patients, who were later performed surgery on the abdominal organs. The definition-of anaerobic threshold was conducted using V-slope method. In all cases was reached and was 11,1 (10,1; 12) ml/kg/min. Maximum oxygen consumption was 15,7 (15,2; 18,3) ml/kg/min. The results show the possibility of using the selected duct la research to predict possible complications and post-operative period.

К е у w o r d s: cardiorespiratory exercise testing, anaerobic threshold, veloergometry, preoperative evaluation, maximum oxygen consumption, metabolic equivalent.



Одной из актуальных задач для врача анестезиолога-реаниматолога (анестезиолога) является оценка функционального статуса пациента в предоперационный период [9–13]. В рутинной практике для этих целей используют шкалы Американской ассоциации анестезиологов (American Society of Anesthesiologists, ASA), операционно-анестезиологического риска Московского научного общества анестезиологов-реаниматологов (МНОАР) [6], определение *метаболического эквивалента* (MET) [5, 9], функциональные тесты с ходьбой [5, 13], опросники для определения повседневной активности пациента [7, 8]. Основным недостатком этих шкал и тестов является субъективность как пациента, способного переоценить свои функциональные возможности, так и анестезиолога, который может недооценить наличие сопутствующих заболеваний и не ожидать у пациента осложнений в послеоперационный период.

Объективным методом оценки функционального резерва пациента является *кардиореспираторное нагрузочное тестирование* (КРНТ), которое предоставляет диагностическую и прогностическую информацию на основании анализа систем кровообращения и дыхания [1–3]. Основу теста составляет физическая нагрузка. Она является идеальным и наиболее физиологичным видом провокации, позволяющим оценить состояние компенсаторно-приспособительных механизмов, а при наличии явной или скрытой патологии – степень функциональной «неполноценности» [1, 2, 7]. Данный тест используют в Европе и США [11, 13–15]. В отечественной медицине этот метод применяют в кардиологии и пульмонологии [1–3]. К сожалению, встречаются единичные публикации как по методике выполнения теста, так и по использованию КРНТ в предоперационный период [4]. Внедрение его в практическую деятельность анестезиолога, возможно, принесет полезную информацию для оценки функционального состояния в предоперационный период и прогнозирования возможных осложнений после хирургического лечения.

Цель исследования

Изучить возможность использования КРНТ и оптимизировать протокол физической нагрузки для оценки функционального состояния пациентов в предоперационный период с помощью КРНТ.

Материал и методы

Исследование проводили в кабинете функциональной диагностики кафедры анестезиологии и реаниматологии Военно-медицинской академии им. С.М.Кирова под контролем терапевта и анестезиолога с необходимым оборудованием и медикаментами для оказания неотложной помощи в случае возникновения патологических реакций. С целью определения функционального состояния пациента использовали систему КРНТ Ultima CPX (Medical Graphics, США), внешний вид которой представлен на рис. 1.

Перед началом исследования выполняли калибровку датчика потока и системы газоанализа, при этом автоматически происходило измерение температуры помещения, влажности, барометрического давления, которые необходимы для точного

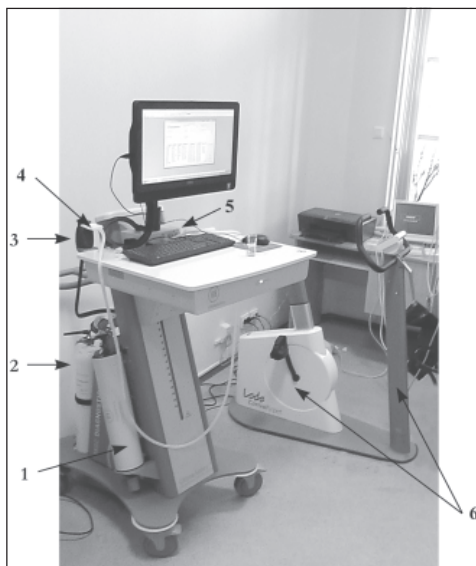


Рис. 1. Система КРНТ: 1 – шприц для калибровки датчика потока; 2 – баллоны для калибровки системы газоанализа; 3 – калибровочный порт; 4 – кабель контура системы газоанализа; 5 – панель соединения контура системы газоанализа и линии забора образца при дыхании пациента; 6 – велоэргометр (СРЕТ), соединенный с системой Ultima CPX



измерения *максимального потребления кислорода* (МПК), *минутной вентиляции легких* (МВЛ). Калибровку системы газоанализа осуществляли с помощью двух баллонов: калибровочного, содержащего газовую смесь (12% O₂ и 5% CO₂, остаток N₂), и референсного – с газовой смесью (21% O₂, 0% CO₂, остаток N₂). При калибровке системы газоанализа происходит имитация вдоха и выдоха пациента. Далее информацию о пациенте заносили в базу данных системы. При вводе антропометрических данных происходил расчет прогнозируемых значений максимальной нагрузки в ваттах (Вт), МПК. В процессе исследования проводили непрерывный мониторинг ЭКГ (с использованием системы пяти электродов), неинвазивное измерение АД и пульсоксиметрию с помощью пальцевого датчика. На лице закрепляли лицевую маску с откалиброванным датчиком потока и системой забора газов для анализа. Дозированную нагрузку осуществляли с помощью велоэргометра.

На первых этапах использования системы КРНТ было необходимо выбрать протокол физической нагрузки. После анализа литературы был выбран протокол № 1, который исследователи [10] использовали для системы КРНТ у пациентов среднего и пожилого возраста (табл. 1).

Этот протокол физической нагрузки был использован у 20 здоровых добровольцев в возрасте 30 (29; 32) лет. АП данной группы составил 12,5 (12; 13,7) мл/кг/мл, МПК – 25 (24,7; 28) мл/кг/мин. Полученные результаты продемонстрировали

хорошую функциональную способность испытуемых. Несмотря на это, 2 человека (10%) не смогли выполнить предложенную нагрузку по причине боли в ногах, чувства нехватки воздуха, у одного испытуемого (5%) ЧСС достигла субмаксимального значения при нагрузке 190 Вт, что заставило прекратить дальнейшее выполнение теста. Учитывая, что данный протокол предполагался для использования у пациентов, имеющих сопутствующую кардиальную патологию, был выбран другой протокол (табл. 2). Протокол физической нагрузки № 2 – ступенчатый. Он включал в себя 4 фазы (покой, свободный ход, нагрузка, восстановление).

Общее время выполнения протокола – 16 мин. В фазе разогрева пациент вращал педали велоэргометра со скоростью 65 об/мин без нагрузки. Фаза нагрузки включала в себя 6 этапов. Начальная нагрузка составляла 25 Вт, каждые 2 мин она увеличивалась на 25 Вт, при этом скорость педалирования поддерживалась на постоянном уровне – 65 об/мин. После достижения пиковой нагрузки следовала фаза восстановления, которая состояла из двух частей: восстановление с нагрузкой в 25 Вт и без нагрузки. Во время нагрузки продолжался мониторинг реакции со стороны системы кровообращения. Анализ газового состава выдыхаемого воздуха происходил в каждом дыхательном цикле с интервалом 3–5 с методом breath-by-breath (вдох–за вдохом). С помощью газоанализатора регистрировались:

Таблица 1

Протокол физической нагрузки № 1

Покой	Свободный ход (разогрев)	Нагрузка	Восстановление
Отдых на велоэргометре	Свободный ход (без нагрузки)	3 мин – 50 Вт	Восстановление (с нагрузкой) 1 мин – 25 Вт Восстановление (без нагрузки) 1 мин – 0 Вт
		1 мин – 70 Вт	
		1 мин – 90 Вт	
		1 мин – 110 Вт	
		1 мин – 130 Вт	
		1 мин – 150 Вт	
		1 мин – 170 Вт	
		1 мин – 190 Вт	
		1 мин – 220 Вт	
1 мин	1 мин	11 мин	2 мин



1. *Минутная вентиляция легких* (МВЛ) – объем воздуха, который пациент выдыхает каждую минуту. $MВЛ = \text{дыхательный объем (ДО)} \times \text{частота дыхания (ЧД)}$. Измеряется в л/мин [1, 2].

2. *Максимальное потребление кислорода* (МПК) – показатель транспортной емкости переноса кислорода сердцем и легкими, используется как мера физической работоспособности. Расчет производится по уравнению Фика: $MПК = (ЧСС \times \text{ударный объем}) \times SatO_2$, где $SatO_2$ – сатурация кислорода. Измеряется в мл/мин, л/мин, мл/кг/мин [1, 2].

3. *Коэффициент дыхательного газообмена* (КДГ) – отношение VCO_2 / VO_2 . $KДГ > 1,09$ указывает на максимальный тест при физической нагрузке. В покое $KДГ < 1,0$ и равен $0,7-1,0$ [2].

4. *Анаэробный порог* (АП) – отражает уровень нагрузки, при котором начинается переход от аэробного пути энерго-

обеспечения к анаэробному, или точку, после которой O_2 не может эффективно использоваться. Регистрация АП осуществляется системой автоматически, методом V-slope: поиск точки, в которой концентрация VCO_2 повышается непропорционально VO_2 . Измеряется в мл/кг/мин [1, 2].

5. *Метаболический эквивалент* (METS). 1 MET – отражает потребление кислорода $3,5 \text{ мл/кг/мин}$ у 40-летнего мужчины весом 70 кг в покое. Измеряется в мл/кг/мин [2, 3, 7].

Абсолютные и относительные противопоказания к выполнению тестирования [2, 3, 7] представлены в табл. 3.

Критерии прекращения КРНТ – боли в сердце, дискомфорт в груди, «перебой» в работе сердца, неприятное сердцебиение, затруднение дыхания, нехватка воздуха, головокружение, мелькание «мушек» перед глазами, выраженная усталость, систолическое АД $> 220 \text{ мм рт. ст.}$

Таблица 2

Протокол физической нагрузки № 2

Покой	Свободный ход (разогрев)	Нагрузка	Восстановление
Отдых на велоэргометре	Свободный ход (без нагрузки)	1 этап – 2 мин – 25 Вт	Восстановление (с нагрузкой) 1 мин – 25 Вт
		2 этап – 2 мин – 50 Вт	
		3 этап – 2 мин – 75 Вт	
		4 этап – 2 мин – 100 Вт	Восстановление (без нагрузки) 1 мин – 0 Вт
		5 этап – 2 мин – 125 Вт	
		6 этап – 2 мин – 150 Вт	
1 мин	1 мин	12 мин	2 мин

Таблица 3

Абсолютные и относительные противопоказания к нагрузочному тестированию

Абсолютные противопоказания	Относительные противопоказания
Острый инфаркт миокарда (первые двое суток)	Тахикардия, брадикардия
Нестабильная стенокардия	Тяжелая степень легочной гипертензии
Наличие ортопедической травмы	Высокая степень атриовентрикулярной блокады
Тяжелый аортальный стеноз	Электролитные нарушения
Неконтролируемая сердечная аритмия	Кардиомиопатия
Острый миокардит или перикардит	Умеренные клапанные стенозы



или диастолическое >120 мм рт. ст., достижение субмаксимальной ЧСС, которая рассчитывается по формуле:

$$220 - \text{возраст} \times 85\% \text{ должной ЧСС.}$$

В предоперационный период с целью определения функциональных резервов выполнено КРНТ. После получения информированного согласия исследованы 18 пациентов. Критерием включения в исследование было выполнение планового оперативного вмешательства в условиях общей комбинированной или сочетанной анестезии с интубацией трахеи и искусственной вентиляцией легких. Критерием исключения явилось наличие абсолютных противопоказаний (табл. 3). Характеристика исследуемых пациентов представлена в табл. 4, виды проведенных им оперативных вмешательств – в табл. 5.

Перед началом исследования пациент был опрошен, осмотрен, проанализирована ЭКГ в покое. Общий вид пациента на системе КРНТ в момент исследования представлен на рис. 2.



Рис. 2. Пациент в момент выполнения КРНТ

Результаты и обсуждение

Во всех случаях АП был достигнут и составил 11,1 (10,1;12) мл/кг/мин (табл. 6).

Определяли АП с помощью V-slope метода. МПК – 15,7 (15,2;18,3) мл/кг/мин.

Таблица 6

Результаты КРНТ

Параметры КРНТ	Результаты
МПК достигнутое, мл/кг/мин	15,7 (15,2;18,3)
АП, мл/кг/мин	11,1 (10,1;12)

Таблица 4

Характеристика пациентов

Возраст, лет	60 (54;65)	
ИМТ, кг/м ²	26,5 (23,3;29,4)	
Пол	мужчины, <i>n</i>	8
	женщины, <i>n</i>	10
Тяжесть состояния по ASA, <i>n</i>	II	16
	III	2
Тяжесть и объем операции по ASA, <i>n</i>	2	16
	3	2
МНОАР, <i>n</i>	II	16
	III	2

Таблица 5

Виды оперативных вмешательств

Вид оперативного вмешательства		<i>n</i>
Операции на органах брюшной полости	Гастрэктомия по Сапожкову – Юдину	1
	Видеоассистированная брюшно-промежностная экстирпация прямой кишки	1
	Лапароскопическая герниопластика	2
	Лапароскопическая холецистэктомия	14



Согласно полученным результатам АП и МПК, пациенты были расценены как функционально компенсированные. Течение анестезии у данных пациентов гладкое, послеоперационный период протекал без осложнений. Полученные результаты не противоречили данным из научной литературы: у пациентов с АП < 11 мл/кг/мин и МПК < 15 мл/кг/мин увеличивается частота летальности и развития осложнений и время пребывания в стационаре [8, 9, 11, 13–15]. Кроме того, данные результаты наглядно показывают, что выбранный нами протокол можно использовать в дальнейших исследованиях. На момент отработки методики исследовали пациентов без выраженной соматической патологии, но работу целесообразно продолжить у пациентов с патологией систем кровообращения и дыхания. Дальнейшая задача заключается в определении чувствительности и специфичности КРНТ по сравнению с имеющимися на данный

момент шкалами и индексами, которые используют в предоперационной подготовке с целью оценки функционального состояния.

Таким образом, в результате проведенного исследования была отработана методика выполнения КРНТ для оценки функционального состояния пациентов в предоперационный период. Определены АП, который составил 11,1 (10,1;12) мл/кг/мин, и МПК – 15,7 (15,2;18,3) мл/кг/мин. Данная методика будет использована для оценки вероятности послеоперационных осложнений при плановых оперативных вмешательствах на органах брюшной полости. Накопленный опыт позволит оптимизировать предоперационный осмотр пациента путем прогнозирования возможных осложнений в предоперационный период и тем самым повысить эффективность использования коечного фонда военных лечебных организаций.

Литература

1. Иванов С.В., Изачик С.С., Иванов С.С. Кардиопульмональные нагрузочные тесты в оценке сердечно-сосудистой системы // Функциональная диагностика. – 2008. – № 1. – С. 3–10.
2. Кербиков О.Б., Аверьянов А.В., Борская Е.Н. и др. Кардиопульмональное нагрузочное тестирование в клинической практике // Клиническая практика. – 2012. – № 2. – С. 58–70.
3. Колоскова Н.Н., Шаталов К.В., Бокерия Л.А. Определение пикового потребления кислорода: физиологические основы и области применения // Креативная кардиология. – 2014. – № 1. – С. 48–57.
4. Кулагина Т.Ю., Стамов В.И., Никода В.В. Кардиореспираторные нагрузочные тесты в предоперационной оценке хирургического риска у больных старшего возраста // Анестезиология и реаниматология. – 2013. – № 2. – С. 25–29.
5. Мустафина М.Х., Черняк А.В. Кардиореспираторный нагрузочный тест // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. – 2013. – № 3. – С. 56–62.
6. Прогнозирование и профилактика кардиальных осложнений внесердечных хирургических вмешательств: Национальные рекомендации комитета экспертов Всерос. об-ва кардиологов. – М., 2011. – 28 с.
7. Салтанов А.И., Матинян Н.В., Мареева А.А. Операционно-анестезиологический риск в детской онкохирургии / Стандарты и индивидуальные подходы в анестезиологии и реаниматологии: Матер. XII Всерос. науч.-метод. конф. с международ. участием. – Геленджик, 2015. – С. 1–41.

8. Agnew N. Preoperative cardiopulmonary exercise testing // Continuing Education in Anaesth., Critical Care & Pain. – 2010. – Vol. 10, N 2. – P. 33–37.
9. Boersma E. Perioperative cardiovascular mortality in noncardiac surgery: validation of the Lee cardiac risk index // Am. J. Med. – 2005. – Vol. 118. – P. 1134–1141.
10. Hassan K. Cardiorespiratory fitness and risk of heart failure: a population-based follow-up study // Eur. J. Fail. – 2014. – Vol. 16. – P. 180–188.
11. Hennis P.J. Cardiopulmonary exercise testing predicts postoperative outcome in patients undergoing gastric bypass surgery // Br. J. Anaesth. – 2012. – Vol. 109, N 4. – P. 566–571.
12. Hopker J.H. Controversies in the physiological basis of the 'anaerobic threshold' and their implications for clinical cardiopulmonary exercise testing // Anaesth. – 2011. – Vol. 66. – P. 111–123.
13. Jose L., Maurizio S. ESC/ESA Guidelines on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management. The Joint Task Force on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Anaesthesiology (ESA) // Eur. Heart J. – 2014. – Vol. 35. – P. 2383–2431.
14. Junejo M.A., Mason J.M. Cardiopulmonary exercise testing for preoperative risk assessment before hepatic resection // Br. J. Surg. – 2012. – Vol. 99, N 8. – P. 1097–1104.
15. Ulyett S. Clinical assessment before hepatotomy identifies high-risk patients // J. Surg. Res. – 2015. – Vol. 198. – P. 87–92.