

© Н.Ю.Коростелева, А.Ш.Румянцев, 2006
УДК 616.61-008.64-036.12-085.38:612.1722.004.58

Н.Ю. Коростелева, А.Ш. Румянцев

АДЕКВАТНО ЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК, ПОЛУЧАЮЩИХ ЛЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНЫМ ГЕМОДИАЛИЗОМ?

N.Yu. Korosteleva, A.Sh. Rumyantsev

IS THE USE OF HEART RATE ADEQUATE IN ASSESSMENT OF PHYSICAL CAPACITY OF HEMODIALYSIS PATIENTS WITH CHRONIC KIDNEY DISEASE?

Кафедра пропедевтики, Научно-исследовательский институт нефрологии Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова, Россия

РЕФЕРАТ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – определить, как использовать частоту сердечных сокращений (ЧСС) для оценки физической работоспособности диализных больных. **ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ.** Обследовали 147 клинически стабильных больных, получающих лечение гемодиализом. У всех пациентов проводили эргоспирометрию, эхокардиографию. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** У 45% больных выявлено умеренное снижение сердечного выброса, несмотря на отсутствие типичных жалоб. ЧСС на высоте нагрузки не отражала величину выполненной работы и ее мощность. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Комбинация ЧСС на высоте нагрузки и времени достижения максимальной нагрузки позволяла адекватно оценить физическую работоспособность у больных как без сердечной недостаточности, так и при ее наличии.

Ключевые слова: гемодиализ, физическая работоспособность, частота сердечных сокращений.

ABSTRACT

THE AIM of the study was to assess the ability of heart rate to determine physical capacity of dialysis patients. **PATIENTS AND METHODS.** Under investigation there were 147 dialysis patients. In all the patients spiroergometry and echocardiography were used. **RESULTS.** The decreased stroke volume was registered in 45% of the patients despite the absence of clinical signs. Heart rate did not reflect the volume of the fulfilled work and its power. **CONCLUSION.** A combination of heart rate at the peak of loading and the time of achieving the maximal capacity for work allowed adequate assessment of the physical capacity for work both with and without heart failure.

Key words: hemodialysis, physical capacity, heart rate.

ВВЕДЕНИЕ

Под физической работоспособностью понимается способность пациента выполнять максимально возможный объем механической работы в течение определенного времени [1]. Для ее оценки обычно применяют эргометрические (количество и качество проделанной работы в единицу времени) и физиологические показатели (определяют уровень адаптации организма к данной нагрузке). Традиционно с этой целью используют ряд параметров, среди которых наиболее популярным является частота сердечных сокращений (ЧСС).

Адекватная оценка физической работоспособности у пациентов с хронической болезнью почек (ХБП) важна не только с медицинской, но и с социальной точки зрения. Однако использование ЧСС в качестве интегрального ориентира при оценке

состояния кардиореспираторной системы у диализных пациентов представляется не вполне оправданной.

ЧСС у больных, получающих лечение хроническим гемодиализом (ГД), зависит от множества причин. Среди них особое значение придают выраженности гидратации, дизэлектролитемии, ацидоза, анемии, белково-энергетической недостаточности, дисфункции автономной нервной системы [1–4].

«Золотым стандартом» оценки физической работоспособности является максимальное поглощение кислорода (МПК). Однако взаимосвязь между ЧСС и МПК отмечается не всеми авторами [5, 6]. Данное исследование предпринято для того, чтобы уточнить, можно ли использовать ЧСС как критерий физической работоспособности при ХБП, и если да, то в каких ситуациях.

Распределение больных по полу, возрасту и основной патологии почек

Диагноз	Всего	М	Ж	Возраст, лет ($\bar{X} \pm m$)
Всего	147	83	64	40,3±1,0
Хронический гломерулонефрит (ХГН)	105	59	46	40,2±2,0
Сахарный диабет (СД)	8	5	3	42,2±3,1
Хронический пиелонефрит (ХП)	15	7	8	52,8±1,9
Поликистоз почек (ПК)	13	5	8	44,2±2,6
Прочие (ПР)	6	3	3	35,5±3,4

Клинико-лабораторные показатели у обследованных больных, $\bar{X} \pm m$

Показатель	Величина
Длительность диализной терапии КТ/V, у. е.	29,5±2,7
Индекс массы тела, кг/м ²	1,21±0,04
Систолическое АД, мм рт. ст.	22,5±0,3
Диастолическое АД, мм рт. ст.	138±2
Пульсовое АД, мм рт. ст.	84±1
Гематокрит, %	54,5±1,4
Гемоглобин, г/л	24,4±0,6
Общий белок, г/л	78,7±2,0
Альбумин, г/л	71,1±0,9
Креатинин до ГД, мкмоль/л	37,6±0,8
Мочевина до ГД, ммоль/л	981±23
Калий до ГД, ммоль/л	23,2±0,7
Натрий до ГД, ммоль/л	5,2±0,1
Кальций общий до ГД, ммоль/л	138,4±0,4
Фосфор до ГД, ммоль/л	2,28±0,03
Общий холестерин, ммоль/л	2,18±0,15
Триглицериды	5,27±0,13
Липопротеиды высокой плотности	1,53±0,14
	0,68±0,06

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Обследовали 147 больных с ХБП, получающих лечение программным ГД. Среди них 83 мужчины и 64 женщины в возрасте 38,3±1,0 года. Длительность диализной терапии составила 29,6±2,8 года. Распределение пациентов по полу, возрасту и основной патологии представлено в табл. 1. Подавляющее большинство составляли больные хроническим гломерулонефритом (71,4%). В группу прочих хронических заболеваний вошли боль-

Характеристика физической работоспособности обследованных, $\bar{X} \pm m$

Показатель	Величина
Максимальное потребление кислорода, мл/кг/мин	20,1±0,4
Выполненная работа, Дж	16562±1246
Время достижения максимальной нагрузки, мин	5,34±0,14
Мощность, Вт	110,3±2,9
Частота сердечных сокращений до нагрузки	94,6±1,5
Частота сердечных сокращений на высоте нагрузки	142,6±2,1
Прирост частоты сердечных сокращений на высоте нагрузки, %	53,3±2,3
Частота сердечных сокращений на высоте нагрузки в % к должной	77,2±1,2
Минутный объем дыхания до нагрузки, л	10,7±0,3
Минутный объем дыхания на высоте нагрузки, л	61,4±1,8
Прирост минутного объема дыхания на высоте нагрузки, %	588±41

ные амилоидозом и васкулитами. Наименьший возраст отмечался у больных из группы прочих хронических заболеваний, наибольший – у больных хроническим пиелонефритом. Число мужчин в целом по группе оказалось несколько больше, чем женщин, $p=0,027$.

У всех пациентов проведено традиционное клинико-лабораторное обследование. Всем больным выполнялась эргоспирметрия, дозу диализа рассчитывали по J.T.Daugirdas, 1995 [7]. Должную величину ЧСС определяли по таблицам L.J. Schaffield D. Roitman, 1976 [8].

Математический анализ полученных данных проводили с применением общепринятых методов параметрической и непараметрической статистики. Критический уровень достоверности нулевой статистической гипотезы (об отсутствии различий и влияний) принимали равным 0,05. Для выявления междугрупповых различий использовали однофакторный дисперсионный анализ. Для выявления взаимосвязей между изучаемыми показателями вычисляли коэффициент линейной корреляции r Пирсона, а также проводили множественный пошаговый регрессионный анализ.

Статистическая обработка материала выполнялась с использованием стандартного пакета программ прикладного статистического анализа (Statistica for Windows v. 6.0).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 2 приведены основные клинико-лабораторные показатели обследованных больных. Длительность диализной терапии была относительно невелика, признаки белково-энергетической недостаточности и анемии умеренные, артериальное давление (АД) скорректировано на рабочих цифрах, доза диализа достаточна, отмечались небольшая гиперфосфатемия и гипокальциемия, существенное снижение уровня липопротеидов высокой плотности.

В табл. 3 приведены показатели, характеризующие физическую работоспособность пациентов. Максимальное потребление кислорода, выполненная работа, ее мощность умеренно снижены. Прирост ЧСС и ее величина в % к должной на высоте нагрузки также умеренно снижены. Минутный объем дыхания в покое, на высоте нагрузки и его прирост на высоте нагрузки достаточны.

Результаты регрессионного анализа для работы в Дж (зависимая переменная) и МПК (независимая переменная) у больных без сердечной недостаточности

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа						
МПК	0,790	0,103	-41600,4 2776,3	8387,0 364,1	-4,96 7,62	0,000018 0,0000001

R= 0,790 R²= 0,624 F=58,1 p<,000001.

Результаты регрессионного анализа для работы в Дж (зависимая переменная) и ЧСС на высоте нагрузки у больных без сердечной недостаточности

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа						
ЧСС на высоте нагрузки	0,143	0,169	1405,4 122,0	22665,2 144,6	0,062 0,844	0,950 0,404

R= 0,143 R²=0,020 F=0,712 p<,0,404.

Результаты множественного пошагового регрессионного анализа для работы в Дж (зависимая переменная) и альбумина, гемоглобина, возраста, длительности ГД, систолического АД, диастолического АД, времени достижения максимальной нагрузки, ЧСС на высоте нагрузки для больных без СН

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа						
Время достижения максимальной нагрузки	0,965	0,058	-31266,4 12103,3	7859,5 737,7	-3,97 16,46	0,0003 0,0000001
ЧСС на высоте нагрузки	-0,101	0,058	-86,1	50,1	-2,71	0,045

R= 0,945 R²= 0,893 F=137,7 p<,000001.

При проведении корреляционного анализа выявлена взаимосвязь между максимальным потреблением кислорода и креатинином до ГД ($r=0,264$, $p=0,020$), гемоглобином ($r=0,341$, $p=0,002$), возрастом ($r=-0,253$, $p=0,003$), общим белком ($r=0,238$, $p=0,041$). ЧСС на высоте нагрузки была взаимосвязана только с возрастом ($r=-0,359$, $p=0,0001$), ударным объемом ($r=0,350$, $p=0,004$).

Так как наличие сердечной недостаточности снижает физическую работоспособность, пациентов разделили на 2 группы: с ударным объемом <55 мл (67 человек, сердечная недостаточность есть) и >55 мл (80 человек, сердечной недостаточности нет). В табл. 4 и 5 представлены результаты регрессионного анализа для выполненной работы в Дж (зависимая переменная) и МПК и ЧСС на высоте нагрузки у больных без сердечной недостаточности. Очевидно, что взаимосвязь между выполненной работой и ЧСС отсутствует. При добавлении к независимым переменным кро-

ме ЧСС на высоте нагрузки общего белка, гемоглобина, возраста, длительности ГД, систолического АД, диастолического АД, времени достижения максимальной нагрузки, минутного объема дыхания и проведении множественного пошагового регрессионного анализа модель становится высокодостоверной только при сочетании ЧСС на высоте нагрузки и времени достижения максимальной нагрузки (табл. 6).

В табл. 7 и 8 приведены результаты регрессионного анализа для мощности нагрузки в Вт (зависимая переменная) и МПК и ЧСС на высоте нагрузки у больных без сердечной недостаточности. Очевидно, что взаимосвязь между мощностью работы и ЧСС на высоте нагрузки отсутствует.

При добавлении к независимым переменным кроме ЧСС на высоте нагрузки общего белка, гемоглобина, возраста, длительности ГД, систолического АД, диастолического АД, времени достижения максимальной нагрузки, минутного объема дыхания и проведении множественного пошагового регрессионного анализа модель становится высокодостоверной только при сочетании ЧСС, гемо-

Результаты регрессионного анализа для мощности нагрузки в Вт (зависимая переменная) и МПК (независимая переменная) у больных без сердечной недостаточности

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа						
МПК	0,627	0,131	38,4 3,9	19,1 0,831	2,21 4,76	0,040 0,00003

R= 0,627 R²= 0,393 F=22,712 p<,00003.

Результаты регрессионного анализа для мощности нагрузки в Вт (зависимая переменная) и ЧСС (независимая переменная) у больных без сердечной недостаточности

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа						
ЧСС на высоте нагрузки	0,133	0,169	95,2 0,204	40,8 0,260	2,33 0,784	0,025 0,438

R= 0,133 R²= 0,017 F=0,615 p<,438.

Таблица 9

Результаты множественного пошагового регрессионного анализа для мощности в Вт (зависимая) и альбумина, гемоглобина, возраста, длительности ГД, систолического АД, диастолического АД, времени достижения максимальной нагрузки, ЧСС на высоте нагрузки для больных без сердечной недостаточности

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа			-0,661	16,3	-0,040	0,967
Время достижения максимальной нагрузки	0,657	0,106	14,8	2,41	6,15	0,000001
Гемоглобин	0,298	0,106	0,597	0,214	2,78	0,008704

R= 0,839 R²= 0,705 F=39,4 p<,000001.

Таблица 10

Результаты регрессионного анализа для работы в Дж (зависимая переменная) и МПК (независимая переменная) у больных с сердечной недостаточностью

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа			-19718,4	5392,9	-3,65	0,001
МПК	0,778	0,116	1812,4	271,6	6,67	0,0000001

R= 0,778 R²= 0,605 F=44,5 p<,000001.

Таблица 11

Результаты регрессионного анализа для работы в Дж (зависимая переменная) и ЧСС на высоте нагрузки (независимая переменная) у больных с сердечной недостаточностью

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа			-10826,5	12343,7	-0,87	0,388
ЧСС на высоте нагрузки	0,380	0,177	188,5	88,1	2,13	0,041

R= 0,380 R²= 0,144 F=4,57 p<,0,041.

Таблица 12

Результаты множественного пошагового регрессионного анализа для работы в Дж (зависимая переменная) и альбумина, гемоглобина, возраста, длительности ГД, систолического АД, диастолического АД, времени достижения максимальной нагрузки, ЧСС на высоте нагрузки для больных с сердечной недостаточностью

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа			-33240,5	8000,5	-4,15	0,0003
Время достижения максимальной нагрузки	0,756	0,106	5694,7	803,8	7,08	0,0000001
ЧСС на высоте нагрузки	0,282	0,106	140,1	52,9	2,64	0,013

R= 0,841 R²= 0,708 F=31,5 p<,000001.

лобина и времени достижения максимальной нагрузки (табл. 9).

В табл. 10 и 11 представлены результаты регрессионного анализа для выполненной работы в Дж (зависимая переменная) и МПК и ЧСС на высоте нагрузки у больных с сердечной недостаточностью. Очевидно, что взаимосвязь между выполненной работой и ЧСС отсутствует. При добавлении к независимым переменным кроме ЧСС на высоте

нагрузки общего белка, гемоглобина, возраста, длительности ГД, систолического АД, диастолического АД, времени достижения максимальной нагрузки, минутного объема дыхания и проведении множественного пошагового регрессионного анализа модель становится высокодостоверной только при сочетании ЧСС на высоте нагрузки и времени достижения максимальной нагрузки (табл. 12).

В табл. 13 и 14 представлены результаты регрессионного анализа для мощности нагрузки в Вт (зависимая переменная) и МПК и ЧСС на высоте нагрузки у больных с сердечной недостаточностью. Очевидно, что взаимосвязь между выполненной работой и ЧСС отсутствует. При добавлении к независимым переменным кроме ЧСС на высоте нагрузки общего белка, гемоглобина, возраста, длительности ГД, систолического АД, диастолического АД, времени достижения максимальной нагрузки, минутного объема дыхания и проведении множественного пошагового регрессионного анализа модель становится достоверной только при учете времени достижения максимальной нагрузки (табл. 15).

ОБСУЖДЕНИЕ

Группа обследованных пациентов была клинически достаточно стабильной, длительность диализной терапии относительно невелика, диализная доза достаточна. Несмотря на это, у 45% больных отмечалось умеренное снижение ударного объема, что расценивали как проявление

сердечной недостаточности.

В группе лиц без сердечной недостаточности выявлена связь между МПК и выполненной работой, а также мощностью нагрузки. Вместе с тем между ЧСС и выполненной работой, а также мощностью нагрузки связи не выявлено. В дальнейшем в анализ включали лишь такие показатели, определение которых относительно несложно. Среди них наиболее значимым оказалось время дос-

Таблица 13
Результаты регрессионного анализа для мощности в Вт (зависимая переменная) и МПК (независимая переменная) у больных с сердечной недостаточностью

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа			43,4	20,1	2,15	0,039
МПК	0,593	0,149	4,03	1,01	3,96	0,0004

R= 0,593 R²= 0,351 F=15,7 p<,0004.

Таблица 14
Результаты регрессионного анализа для мощности в Вт (зависимая переменная) и ЧСС на высоте нагрузки (независимая переменная) у больных с сердечной недостаточностью

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа			70,8	37,6	1,88	0,070
ЧСС на высоте нагрузки	0,251	0,186	0,363	0,269	1,35	0,188

R= 0,251 R²= 0,063 F=1,82 p<,188.

Таблица 15
Результаты множественного пошагового регрессионного анализа для мощности в Вт (зависимая переменная) и альбумина, гемоглобина, возраста, длительности ГД, систолического АД, диастолического АД, времени достижения максимальной нагрузки, ЧСС на высоте нагрузки у больных с сердечной недостаточностью

	Бета	Стандартная ошибка	B	Стандартная ошибка	t	P
Константа			5,62	26,4	0,212	0,833541
Время достижения максимальной нагрузки	0,755	0,121	16,5	2,66	6,22	0,000001
ЧСС на высоте нагрузки	0,154	0,121	0,222	0,175	1,27	0,214841

R= 0,789 R²= 0,624 F=21,5 p<,000001.

тижения максимальной нагрузки, при учете которого появлялась достоверная связь между выполненной работой и ЧСС на высоте нагрузки. На мощность нагрузки влияли время достижения максимальной нагрузки и уровень гемоглобина.

В группе лиц с сердечной недостаточностью выполненная работа зависела от МПК. Влияние ЧСС на высоте нагрузки было на грани достоверности. Однако при добавлении в модель времени достижения максимальной нагрузки связь между выполненной работой и ЧСС на высоте нагрузки становилась достоверной.

Аналогичная картина наблюдалась при анализе мощности нагрузки у больных с сердечной недостаточностью.

Физическая работоспособность определяется в первую очередь состоянием сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также выраженностью анемии. В связи с этим многие исследователи показали, что определение физической работоспо-

собности у диализных больных должно основываться на прямом определении МПК, но не на ЧСС [9, 10]. Учитывая результаты нашего исследования, сочетание двух показателей – ЧСС на высоте нагрузки и время достижения максимальной нагрузки – довольно точно отражает физическую работоспособность больных, получающих лечение гемодиализом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка физической работоспособности диализных больных предполагает использование эргоспирометрии. Однако данный метод требует весьма дорогостоящей аппаратуры и специально обученного персонала. Нами продемонстрирована возможность применения для этой цели традиционной велоэргометрии. Регистрация времени достижения максимальной переносимой больным нагрузки в сочетании с ЧСС представляется удобным способом выявить физические возможности пациента и скорректировать программу лечебной физкультуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макарова ГА. Спортивная медицина. Советский спорт, М., 2004; 74-79
2. Rubinger D, Sapoznikov D, Pollak A et al. Heart rate variability during chronic hemodialysis and after renal transplantation: Studies in patients without and with systemic amyloidosis. *J Am Soc Nephrol* 1999; 10: 1972-1981
3. Ryzewski A, Malyszko J, Borawski J et al. Heart rate variability in diabetic and non-diabetic renal transplant patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 1996; 40: 804-808
4. Severi S, Cavalcanti S. Electrolytes and pH dependence of heart rate during hemodialysis: a model-based analysis. *Artif Organs* 2000; 24: 245-260
5. Severi S, Cavalcanti S, Mancini E et al. Heart rate response to hemodialysis-induced changes in potassium and calcium levels. *J Nephrol* 2001; 14: 488-496
6. Vallebona A, Gigli G, Orlandi S et al. Heart rate response to graded exercise correlates with aerobic and ventilatory capacity in patients with heart failure. *Clin Cardiol* 2005; 28 (1): 25-29
7. Tsuyuki K, Kimura Y, Chiashi K et al. Oxygen uptake efficiency slope as monitoring tool for physical training in chronic hemodialysis patients. *Ther Apher Dial* 2003; 7 (4): 461-467
8. Daugirdas JT. Simplified equations for monitoring Kt/V, PCRn, eKT/V and ePCRn. *Adv Ren Replace Ther* 1995; 2 (4): 295-304
9. Schaffield LJ, Roitman D. Stress testing methodology. *Progr Cardiovascular Dis* 1976; 19 (1): 33-49
10. Mallie JP, Moskovtchenko JF, Quard S et al. Study of the criteria of evaluation of the exercise capacity of the chronic hemodialyzed subject. *Pathol Biol (Paris)* 1975; 23 (8): 609-614
11. Diesel W, Noakes TD, Swanepoel C et al. Isokinetic muscle strength predicts maximum exercise tolerance in renal patients on chronic hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 1990; 16 (2): 109-114

Поступила в редакцию 20.03.2006 г.