



Нагрузочное тестирование с газовым анализом выдыхаемого воздуха (эргоспирометрия)

ЦЕЛИ ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Терминология
- Патофизиология
- Проведение теста
- Представление данных
- Показатели исследования
- ХСН
- Реабилитация

CARDIO-PULMONARY EXERCISE TEST (CPX)

- Ergospirometry
- Spiroergometry
- Сердечно-легочный нагрузочный тест (СЛТ)
- Эргоспирометрия
- Спироэргометрия
- Нагрузочная проба с газовым анализом выдыхаемого воздуха

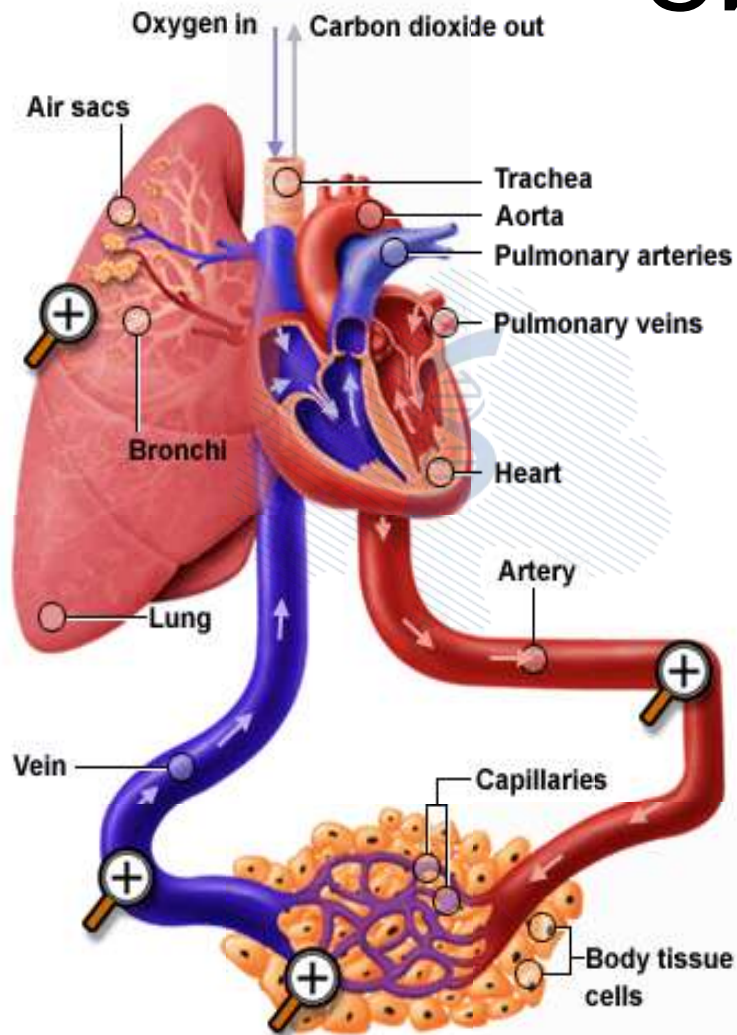
ЗАЧЕМ НУЖЕН СЛТ?



«Вы никогда не купите подержанный автомобиль, не проехав на нем и не убедившись, как работает двигатель на ходу. То же самое касается и оценки функции сердца»

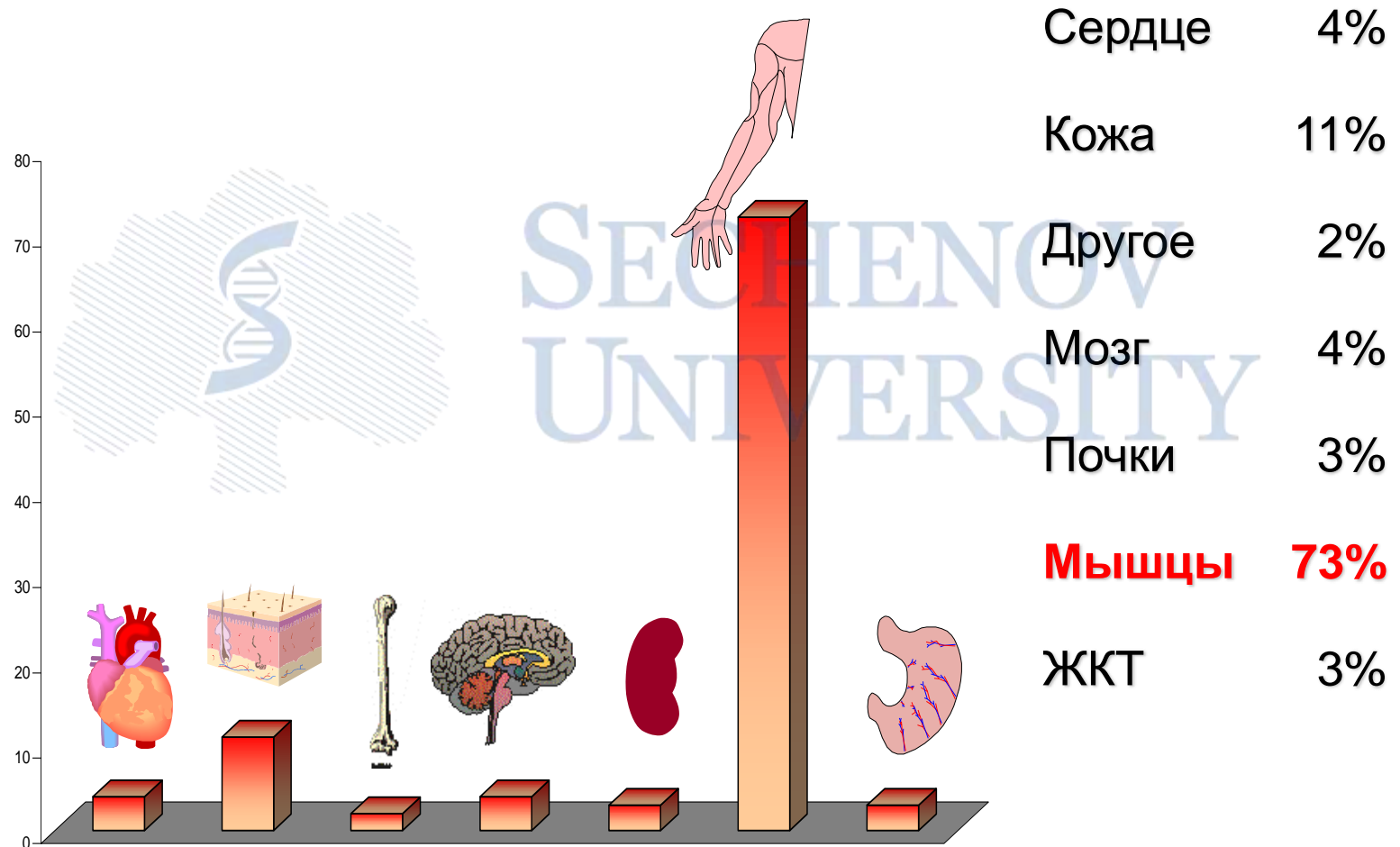
Роберт А. Брюс, Медицинская школа Вашингтонского Университета, 1940-й год

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА



SECH
UNIV

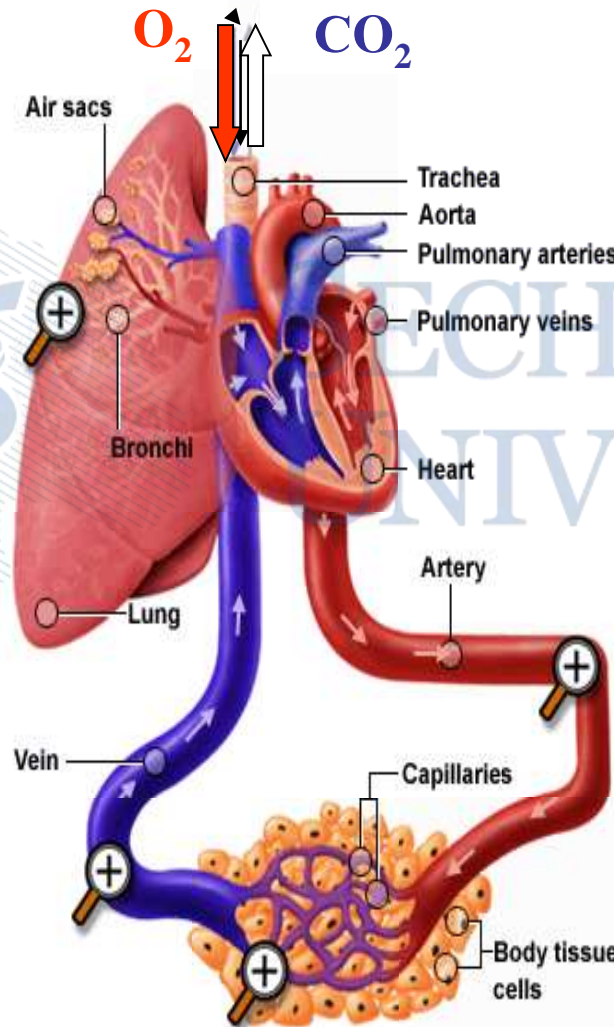
РАСХОД ПОТРЕБЛЯЕМОГО O₂ ВО ВРЕМЯ НАГРУЗКИ



ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ПРИ НАГРУЗКЕ

Легочная
вентиляция
(VE)

↑ в 8 – 10 раз



Сердечный выброс

4 – 6 л/мин

до 20 л/мин

Транспорт O_2 (Hb)

Экстракция O_2

25% → > 70%

ЭРГОСПИРОМЕТРИЯ

Одномоментная оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы, дыхательной системы и клеточного метаболизма:

- Степень нарушений
- Место нарушений (сердечно-сосудистая система, кровь, легкие, мышцы)
- Прогноз

ПОКАЗАНИЯ К ЭРГОСПИРОМЕТРИИ

**Хроническая
сердечная
недостаточность**

Диагноз
Тяжесть
Прогноз, отбор на
трансплантацию (I A)
Эффект лечения

Реабилитация

**Экспертиза
трудоспособности**

Дифференциальный диагноз при
одышке/ утомляемости

**Хирургия
Кардиохирургия**
Показания к операции
Оценка эффективности
Стратификация риска

**Изучение патогенеза,
механизмов лечебных
воздействий**

**Профессиональный и любительский
спорт, спортивная медицина**

СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНЫЙ ТЕСТ – ПЕРВЫЕ ШАГИ



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЛТ



ЭКГ

Газовый анализ

АД

TREADWAY

Газовый анализ

АД

ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА

Тредмил

- BRUCE
- Modified BRUCE
- Naughton

Велоэргометр

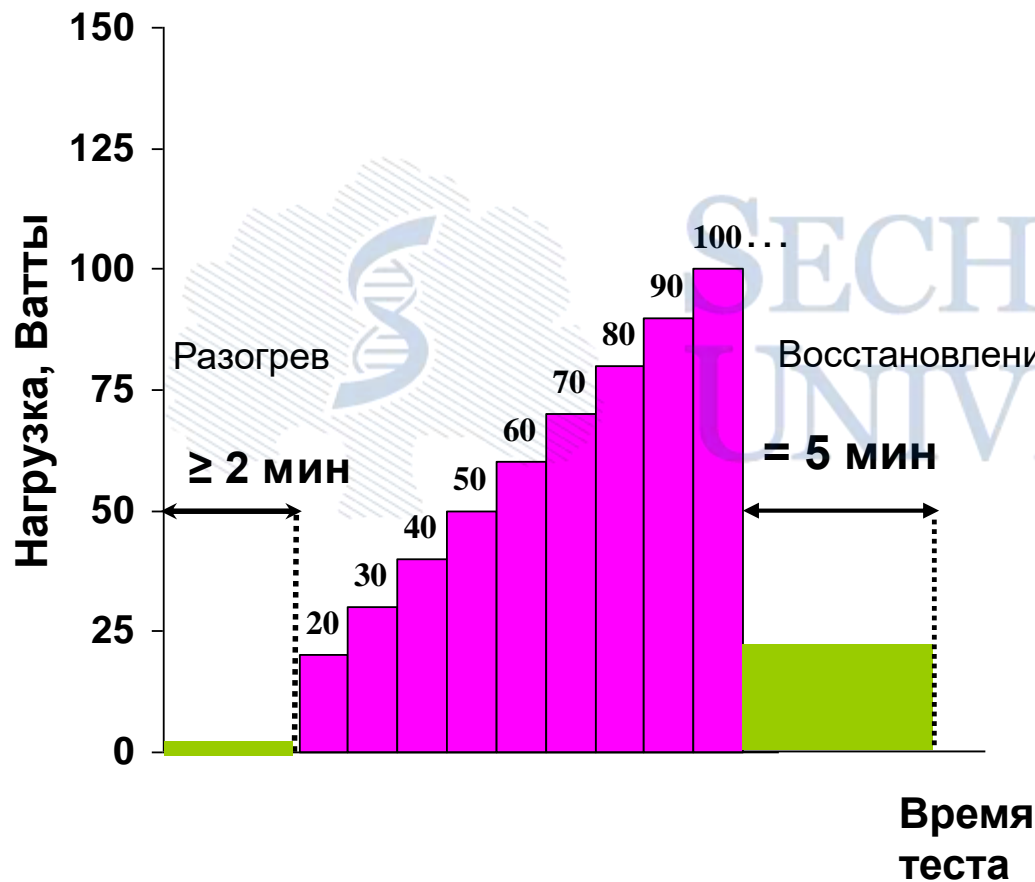
- 25 Вт + 25 Вт
- (каждые 2-3 минуты)
- 50 Вт + 50 Вт
- (каждые 2-3 минуты)



УСЛОВИЯ ПРАВИЛЬНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТА

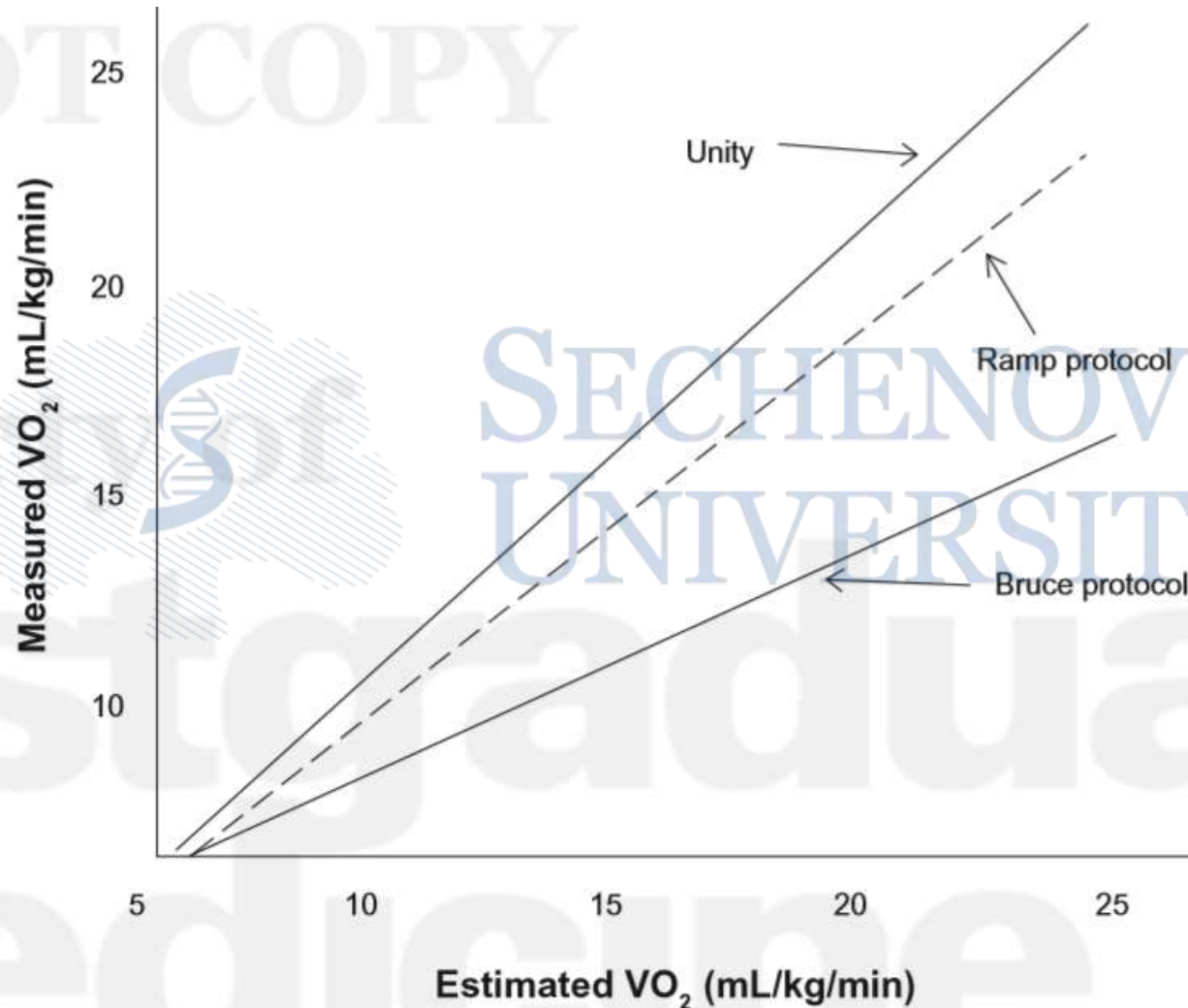
- Требуется адекватная (обычно ежедневная) калибровка оборудования.
- Учет температуры, влажности помещения.
- Кондиционирование помещения.
- Правильный размер маски и плотное прилегание.

RAMP-TEST (Рамп-тест)



Рамп* – от англ. ramp – наклон, трап, перила

Правильный выбор протокола повышает точность расчёта



ОСТАНОВКА ТЕСТА

- Критерий выполнения теста – лимитирующие симптомы одышка и/или усталость, требующие прекращения нагрузки («я больше не могу!»)



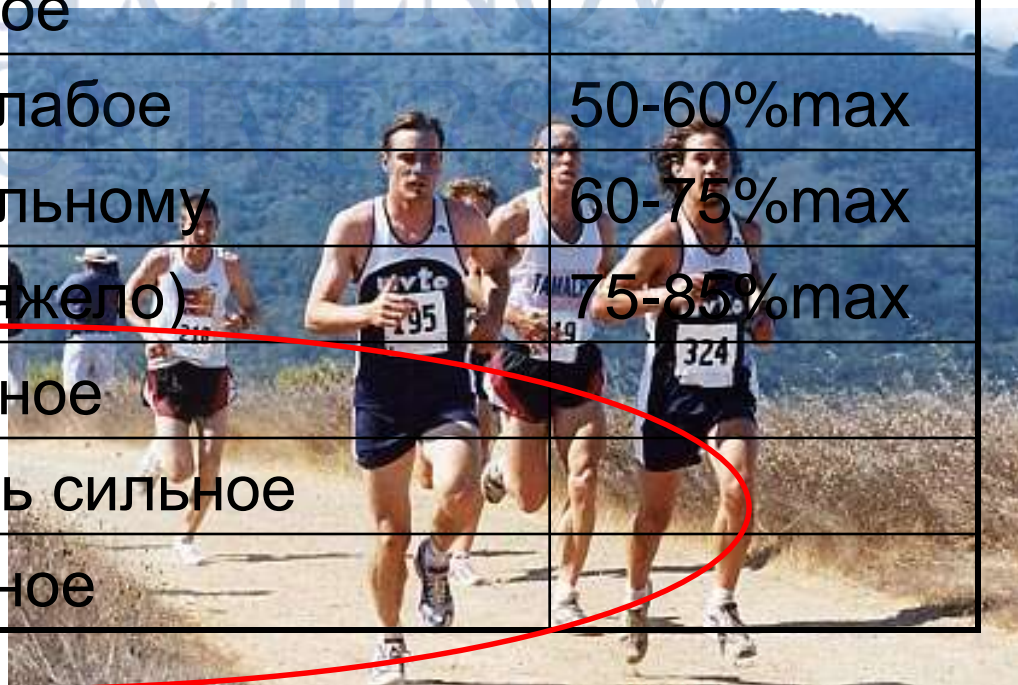
- Критерии досрочного прекращения теста и противопоказания стандартные

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ, ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ УСИЛИЕ БЫЛО ЗНАЧИТЕЛЬНЫМ?



ШКАЛА БОРГА

Баллы	Усилие	ЧСС
6	Нет	
7-8	Очень-очень слабое	
9-10	Очень слабое	
11-12	Довольно слабое	50-60%max
13-14	Близко к сильному	60-75%max
15-16	Сильное (тяжело)	75-85%max
17-18	Очень сильное	
19	Очень-очень сильное	
20	Максимальное	

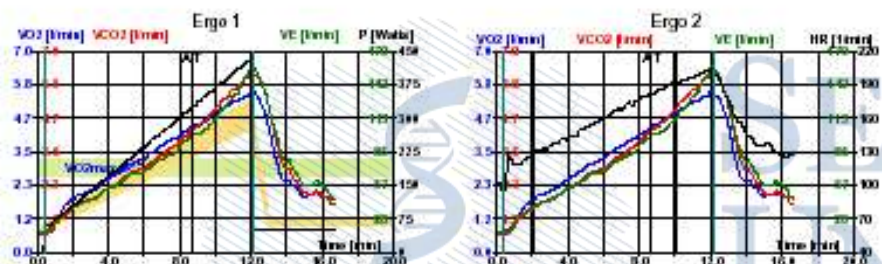


Представление результатов теста

SCHILLER AG
Allgasse 68
6341 Baar Switzerland

www.schiller.ch

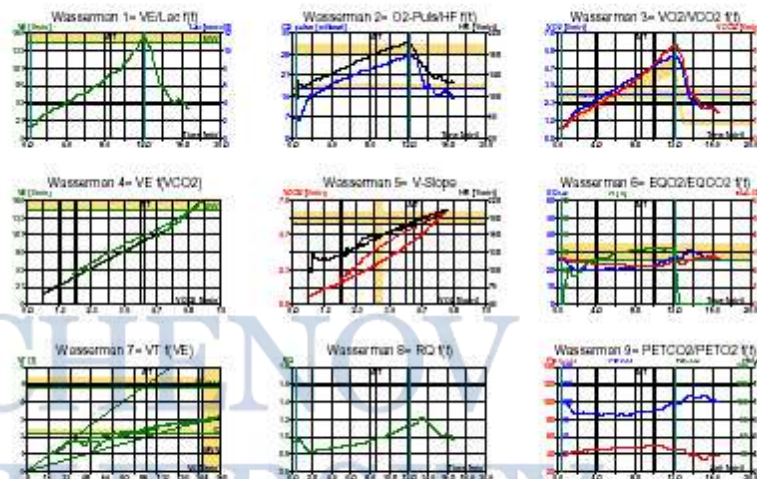
Last name: SCHREIBER 19 Years Hb value:
First name: FABIAN 184 cm Indication:
Date of birth: 25.01.1984 68 kg Nurse:
IDNR: 200310231111300 male Physician:
30.04.2008 / 14:50 Temperature 25.7 °C P amb. abs. rel.: 981/661 hPa Rel. humid.: 50 %rel. 25.04.2004 / 10:37
Pred. val.: Wasserman, Jones Ganshorn PowerCube LFB.4F Release 9



	Pred	Max. value	Max. pred.	Rest	AT	Max. load	Recovery
Time : h:mm:ss	-	0:16:40	-	0:00:10	0:08:40	0:12:00	0:14:00
Load : Watt	264	432	163%	-	323	432	50
VE : l/min	95.65	158.46	166%	17.69	99.14	157.16	76.82
VO2 : l/min	2.943	5.602	190%	0.660	4.370	5.602	2.462
VCO2 : l/min	3.237	6.312	195%	0.620	4.264	6.312	2.864
RQ	-	1.22	-	0.94	0.98	1.13	1.16
VE/kg	1406.60	2330.24	166%	260.15	1457.94	2311.24	1129.76
VO2/kg	43.28	82.38	190%	9.71	64.26	82.38	36.21
VCO2/kg	47.61	92.82	195%	9.12	62.71	92.82	42.12
HR : 1/min	180	203	113%	103	182	202	145
O2-Pulse : ml/beat	16.35	27.73	170%	6.41	24.01	27.73	16.98
PETCO2 : mmHg	-	107.61	-	101.08	88.14	97.84	106.11
PETCO2 : mmHg	-	49.63	-	38.61	48.07	45.47	38.92
VD : l	-	-	-	-	-	-	-
VD/VT : l	-	-	-	-	-	-	-
Lac : mmol/l	-	-	-	-	-	-	-
EQO2	-	31.18	-	25.46	22.24	27.61	30.42
EQCO2	-	27.42	-	27.10	22.79	24.50	26.15
BR : %	-	-	-	87.80	31.61	-8.41	47.01
VE/VCO2 slope = 21.94	-	-	-	-	-	-	-

SCHREIBER FABIAN 200310231111300

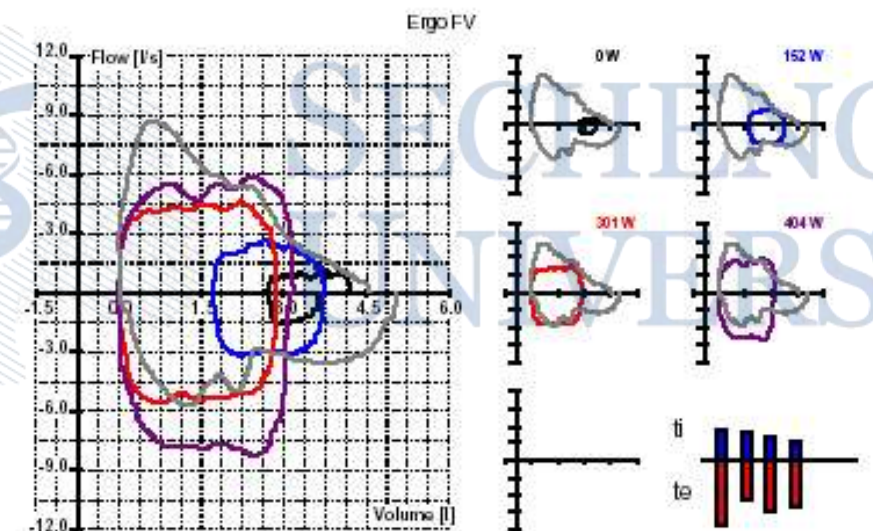
25.04.2004 / 10:43



Time h:mm:ss	VO2 [l/min]	VCO2 [l/min]	VE [l/min]	HR [b/min]	RR [b/min]	Load [Watt]	PETCO2 [mmHg]	PETCO2 [mmHg]	RQ	O2-Pulse [ml/beat]	VT [l]
0:00:10	0.660	0.620	17.69	108	17.7	0	101.08	38.61	0.94	6.41	1.00
0:00:20	0.675	0.645	18.08	95	16.7	0	101.29	39.94	0.96	7.11	1.06
0:00:30	0.670	0.640	18.01	97	17.5	53	101.53	38.63	0.96	6.91	1.09
0:00:40	0.733	0.706	19.63	126	20.0	59	101.48	38.78	0.98	5.72	0.98
0:00:50	0.806	0.772	21.38	122	20.9	64	100.86	39.08	0.96	6.81	1.03
0:01:00	0.960	0.890	23.91	118	20.9	70	98.58	39.97	0.94	8.05	1.15
0:01:10	1.132	1.020	26.70	119	21.5	75	95.42	40.86	0.90	9.51	1.25
0:01:20	1.308	1.170	30.07	118	21.8	81	92.05	42.04	0.87	11.34	1.36
0:01:30	1.514	1.264	32.38	122	20.5	86	88.72	43.07	0.85	12.41	1.58
0:01:40	1.662	1.370	33.93	124	20.2	92	86.07	43.84	0.83	13.32	1.68
0:01:50	1.770	1.454	35.93	125	21.1	97	85.19	44.06	0.82	14.16	1.70
0:02:00	1.854	1.536	37.97	125	21.9	109	85.60	44.05	0.83	14.83	1.75
0:02:10	1.888	1.576	38.73	129	21.7	108	85.72	44.34	0.83	14.64	1.79
0:02:20	1.960	1.648	40.89	132	23.1	114	86.26	44.09	0.84	14.85	1.76
0:02:30	2.038	1.728	42.85	132	24.3	119	86.79	44.01	0.85	15.44	1.77
0:02:40	2.036	1.746	43.40	134	25.1	125	87.47	43.94	0.86	15.19	1.73
0:02:50	2.084	1.782	44.12	131	25.6	130	86.81	44.34	0.86	15.91	1.72
0:03:00	2.128	1.814	44.90	135	27.8	136	86.80	44.20	0.85	15.76	1.62
0:03:10	2.166	1.848	45.59	137	27.9	141	86.52	44.41	0.85	15.81	1.64
0:03:20	2.232	1.910	47.01	138	29.0	147	86.46	44.50	0.86	16.17	1.68
0:03:30	2.336	1.998	48.85	138	28.4	152	86.09	44.73	0.85	16.93	1.72
0:03:40	2.398	2.050	50.27	141	29.0	158	86.32	44.69	0.88	17.01	1.75
0:03:50	2.494	2.152	52.41	142	28.3	163	86.09	45.15	0.89	17.56	1.85
0:04:00	2.568	2.216	53.73	140	28.3	169	85.98	45.41	0.87	18.27	1.90
0:04:10	2.622	2.276	54.82	143	28.6	174	85.57	45.76	0.87	18.34	1.92
0:04:20	2.674	2.330	56.02	143	29.2	180	85.53	45.90	0.87	18.70	1.92
0:04:30	2.740	2.390	57.12	145	29.3	185	85.11	46.23	0.87	18.90	1.95
0:04:40	2.806	2.454	58.54	149	29.6	191	85.06	46.37	0.87	18.71	1.97
0:04:50	2.902	2.550	60.75	150	30.6	195	85.20	46.43	0.89	19.35	1.99
0:05:00	2.974	2.630	62.75	152	31.1	202	85.59	46.38	0.88	19.57	2.02
0:05:10	3.048	2.714	64.85	153	31.2	207	85.94	46.39	0.89	19.92	2.08
0:05:20	3.100	2.766	66.76	154	32.1	213	86.62	46.18	0.90	20.13	2.08
0:05:30	3.126	2.820	67.33	155	32.2	218	86.62	46.32	0.90	20.17	2.09
0:05:40	3.164	2.842	67.00	157	31.5	224	85.63	46.85	0.90	20.15	2.13
0:05:50	3.210	2.880	67.58	158	31.3	229	85.26	47.10	0.90	20.32	2.16
0:06:00	3.254	2.918	68.05	160	31.5	235	84.68	47.46	0.90	20.34	2.21
0:06:10	3.330	2.988	69.67	160	31.5	240	84.53	47.61	0.90	20.81	2.26

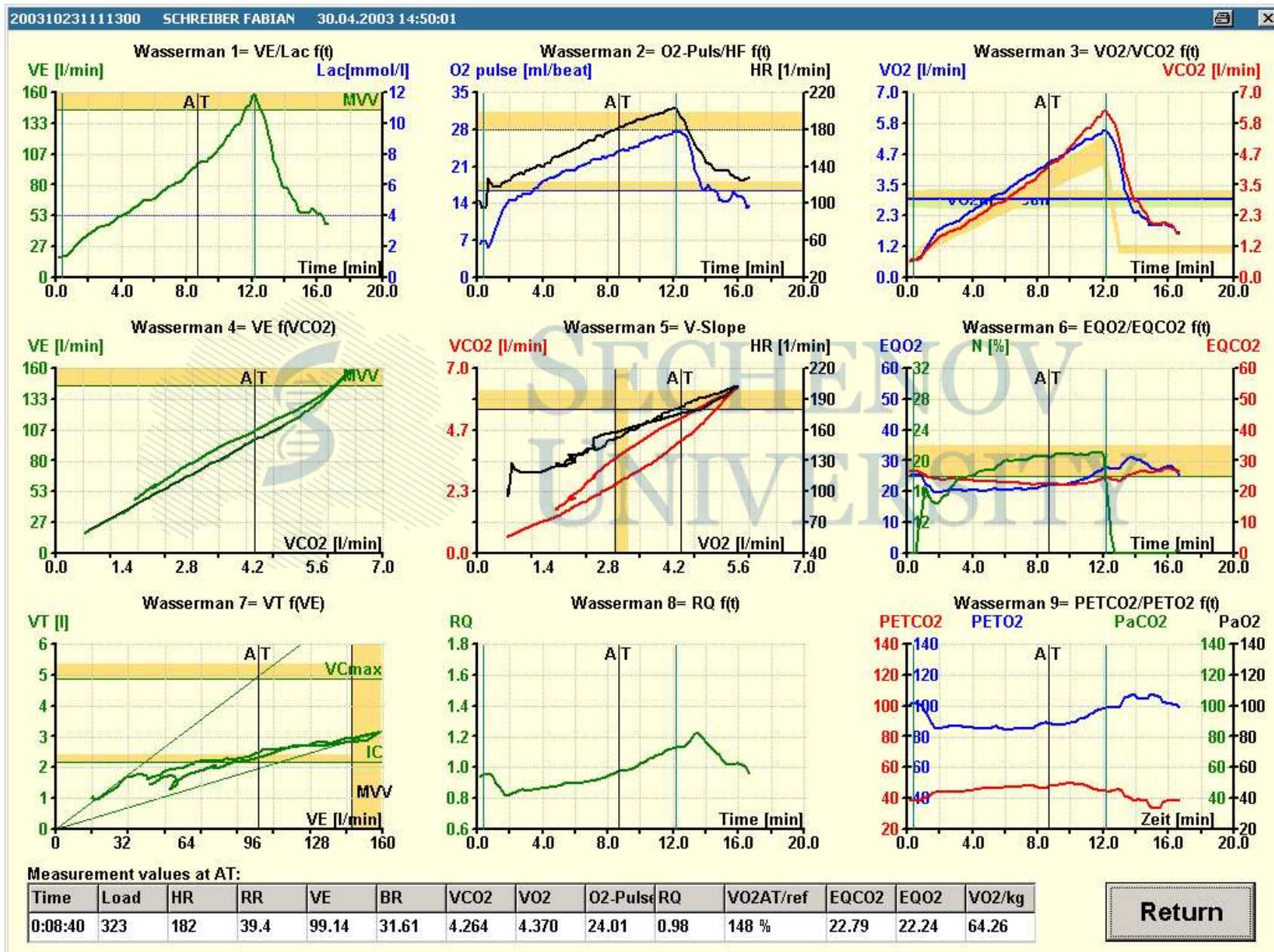
Представление результатов теста

SCHILLER AG Altgasse 68 6341 Baar Switzerland www.schiller.ch			
Last name:	SCHREIBER	19 Years	Hb value:
First name:	FABIAN	184 cm	Indication:
Date of birth:	25.01.1984	68 kg	Nurse:
IDNR:	200310231111300	male	Physician:
30.04.2008 / 14:50		Temperature: 35.7 °C	P amb. abs. rel.: 981/561 hPa
Pred. val.: Wassermann, Jones			Rel. humid.: 50 % rel. 25.04.2004 / 10:34 Garsham PowerCube LFB.4F Release 9



F/V-No.:	1	2	3	4	5
P	-	152.00	301.00	404.00	-
Time	-	3.00	8.00	11.00	-
EILV	2.70	1.72	-	-	-
EELV	4.16	3.71	2.84	3.14	-
VT	1.46	1.99	2.84	3.14	-
ti	0.82	0.73	0.65	0.52	-
te	1.73	1.04	1.37	1.25	-
EMF	1.23	2.69	4.67	5.85	-
IMF	1.54	3.16	5.61	8.21	-
VII	-	-	-	-	-
VII/VT	-	-	-	-	-
EILV/MC	46.48	66.00	-	-	-

Основные показатели эргоспирометрии



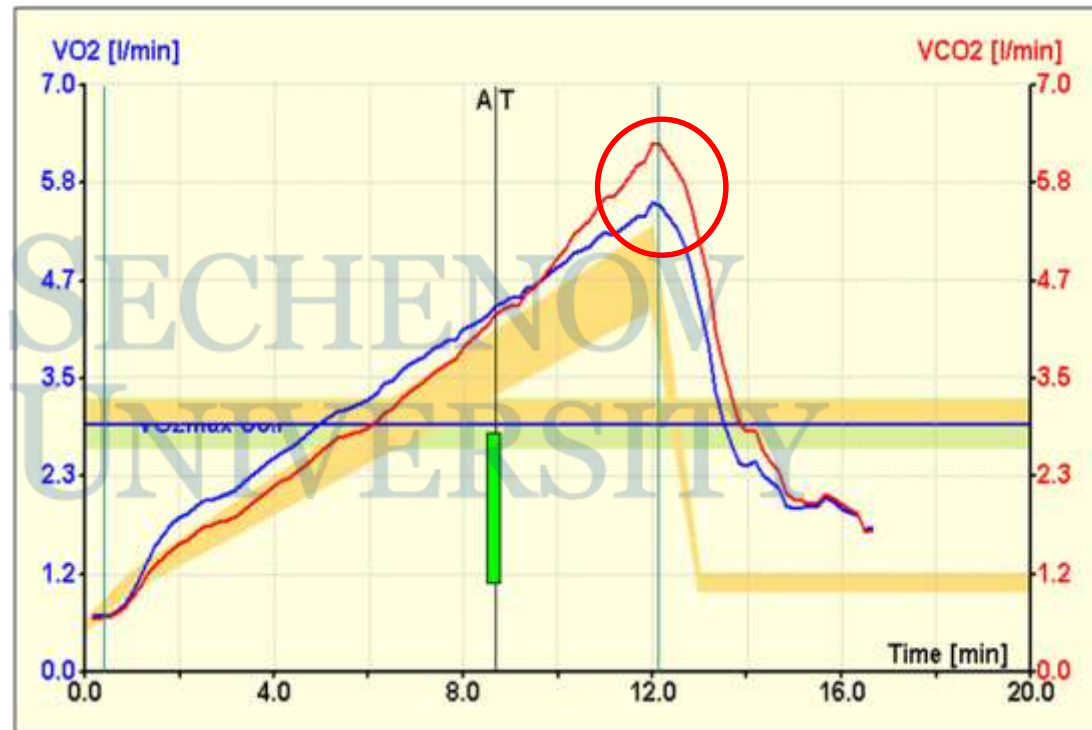
Основные показатели эргоспирометрии

VO₂ peak – пиковое потребление кислорода (л/мин, мл/мин x кг)

VCO₂ – выделение углекислого газа (л/мин, мл/мин x кг)

VE – минутная лёгочная вентиляция (л/мин)

АП – потребление кислорода на уровне анаэробного порога (л/мин, мл/мин x кг)



Основные показатели эргоспирометрии

RER (respiratory exchange ratio) – разница между выдыхаемым CO₂ и вдыхаемым O₂ – показатель прилагаемого усилия

O₂/пульс – кислородный пульс (мл O₂/ЧСС) – отражает изменение ударного объёма

PetCO₂ (partial pressure of end-tidal CO₂) – напряжение CO₂ в конце выдоха (мм рт.ст.) – отражает концентрацию CO₂ в выдыхаемом воздухе

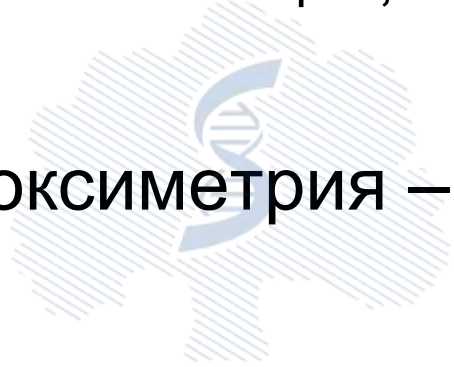
VE/MVV – отношение максимальной минутной вентиляции во время нагрузки к максимальной **произвольной** вентиляции

Основные показатели эргоспирометрии

VE/VCO_2 slope – эффективность вентиляции,
соотношение вентиляции и перфузии

Осцилляторная вентиляция – особый осцилляторный
паттерн вентиляции, связанный с прогнозом у пациентов с
ХСН

Пульсоксиметрия – насыщение крови O_2



SECHENOV
UNIVERSITY

ПИКОВАЯ (МАКСИМАЛЬНАЯ) ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

Предел \uparrow сердечного
выброса
(сократительный резерв)

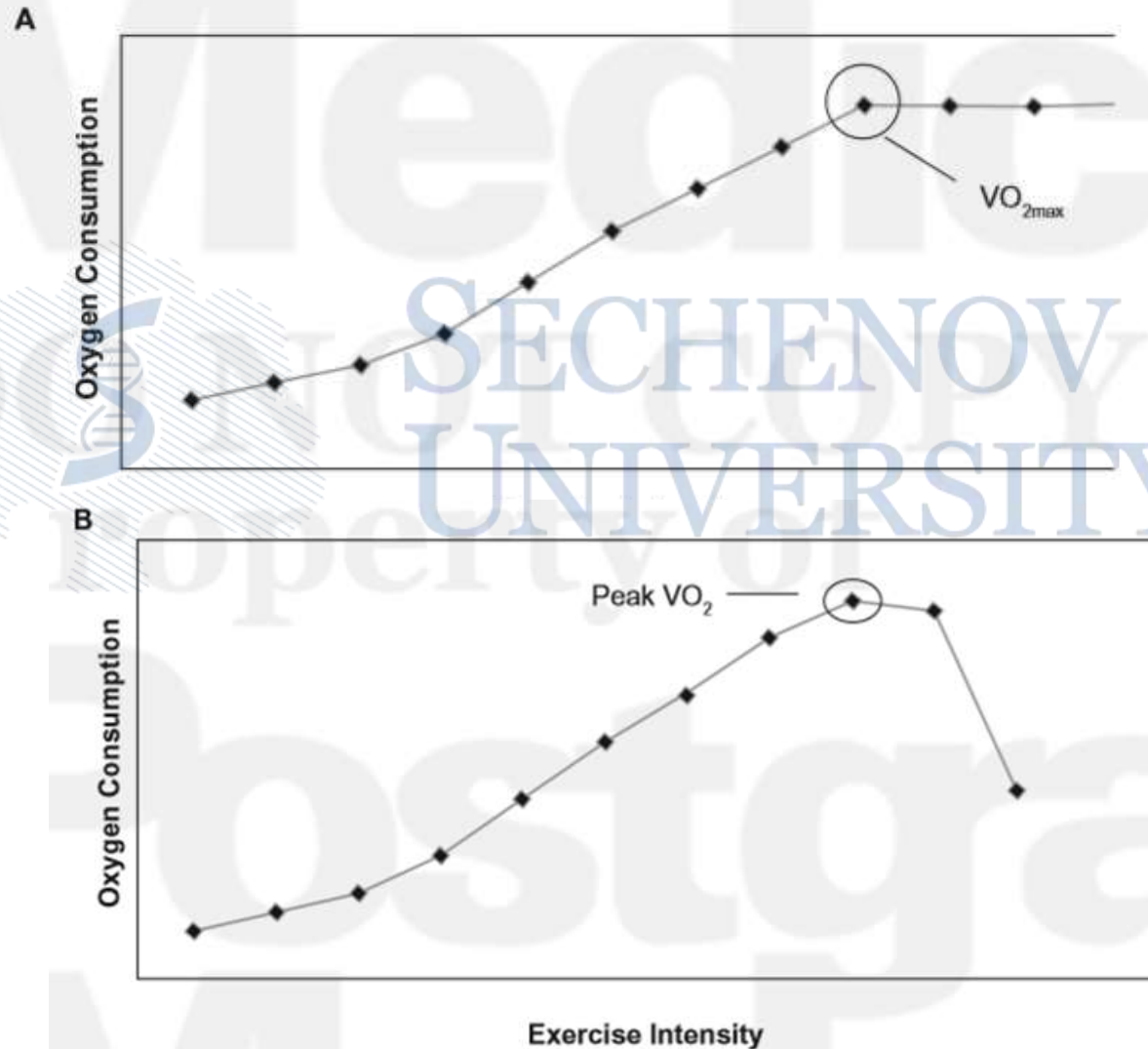
Предел экстракции O_2
(70-80%)

Предел роста потребления O_2 – максимальная физическая работоспособность

Пиковое VO_2 (VO_2 peak) или максимальное VO_2 (VO_2 max)



Максимальная vs. Пиковая работоспособность



Физиологический ответ на нагрузку

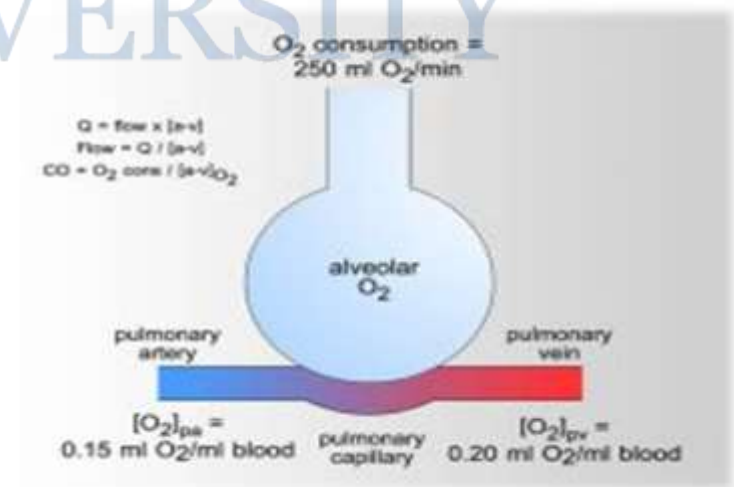
Уравнение Фика

$$\text{Resting } \dot{V}O_2 = \text{C.O.} \times \text{A-}\dot{V}O_2 \text{ Difference}$$

$$\text{Maximal Exercise } \dot{V}O_2 = \text{C.O.} \times \text{A-}\dot{V}O_2 \text{ Difference}$$

$$= \text{HR (2-3x resting)} \times \text{SV (2x resting)} \times \text{A-}\dot{V}O_2 \text{ Difference (3x resting)}$$

Снижение $\dot{V}O_2$ peak
обусловлено факторами
нарушающими
доставку кислорода
либо
утилизацию кислорода



¹ Adolf Fick (1870)

Оценка функциональных нарушений при ХСН

Функциональный класс

Субъективный метод, низкая корреляция с VO_2

Повседневная активность Вопросники

Субъективный метод, низкая/умеренная корреляция с VO_2

Тесты с дозированной ходьбой (6-мин)

Умеренная корреляция с VO_2 . Результаты зависят от мотивации, трудно оценить усилие больного

Нагрузочные тесты без газового анализа (мощность и время нагрузки, вычисленное потребление O_2 (MET))

Умеренная воспроизводимость, вычисленное потребление O_2 может превышать истинное

Нагрузочные тесты с измерением потребления $\text{O}_{2\text{peak}}$ (АП)

«Золотой стандарт» оценки толерантности к нагрузке, высокая воспроизводимость

СВЯЗЬ VO_2peak И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

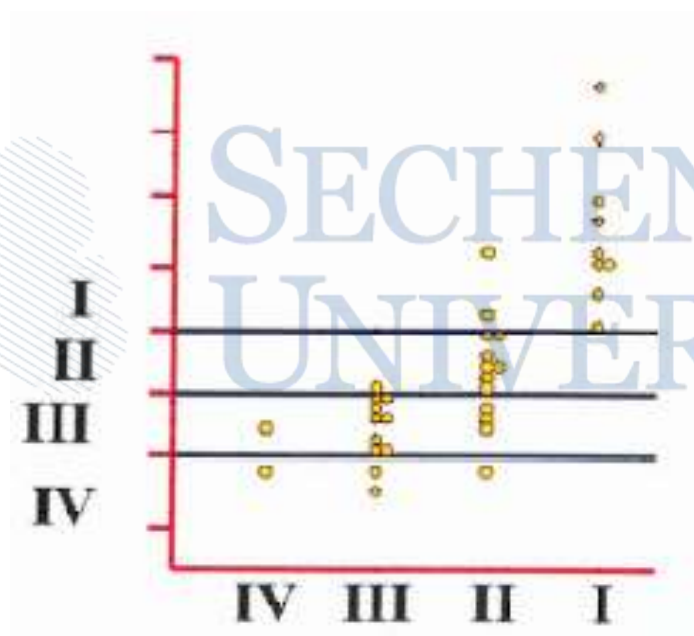
Выдающийся спортсмен 60-80

**Здоровый
нетренированный 21-29**

Класс	Тяжесть ХСН	$\text{VO}_2\text{ peak}$ мл/мин/кг	VO_2 АТ мл/мин/кг	Макс. сердечный индекс (л/мин/м ²)
A	Отсутствует-легкая	>20	>14	> 8
B	Легкая-умеренная	16-20	11-14	6-8
C	Умеренная- выраженная	10-16	8-11	4-6
D	Тяжелая	6-10	5-8	< 4

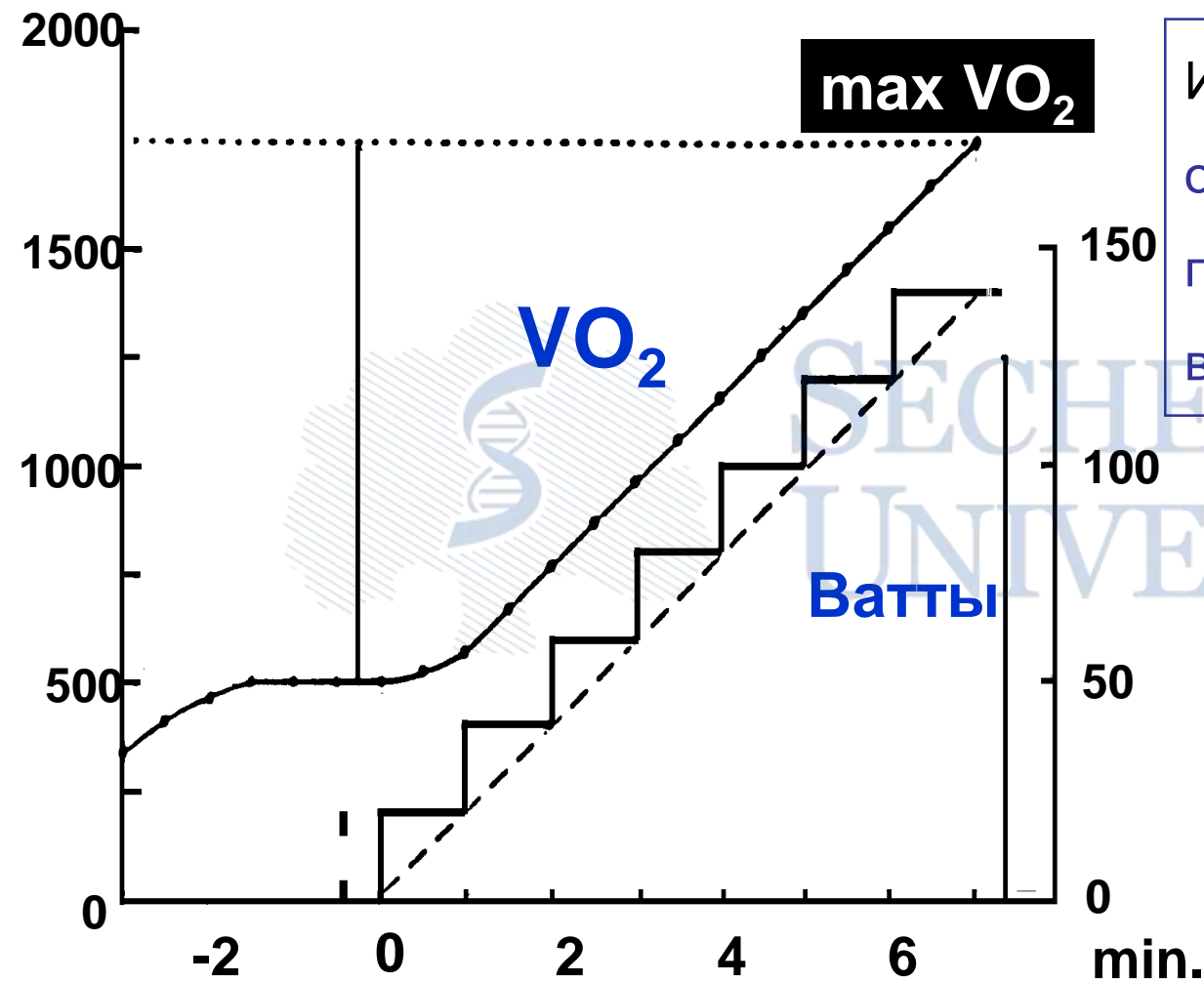
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КЛАСС – ОЦЕНКА ИЛИ ИЗМЕРЕНИЕ?

ФК соотв. VO_2
(Weber KT et al.)



Оцененный ФК (NYHA)

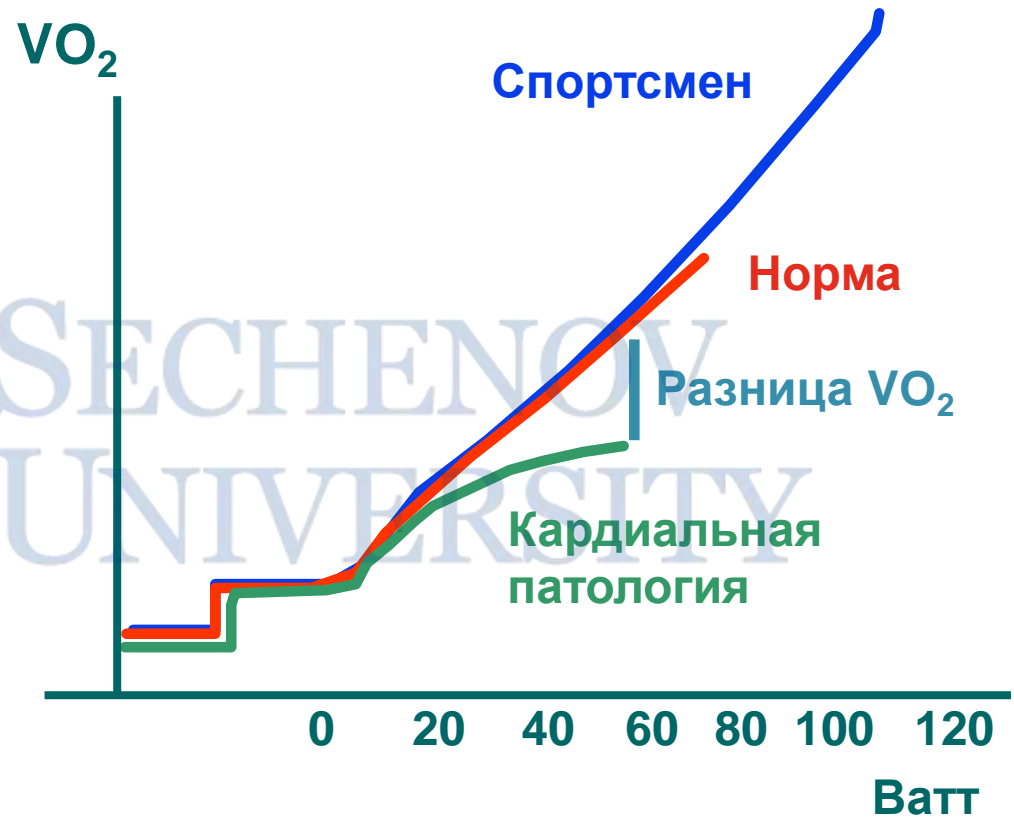
VO_2 ЛИНЕЙНО СВЯЗАН С РАБОТОЙ



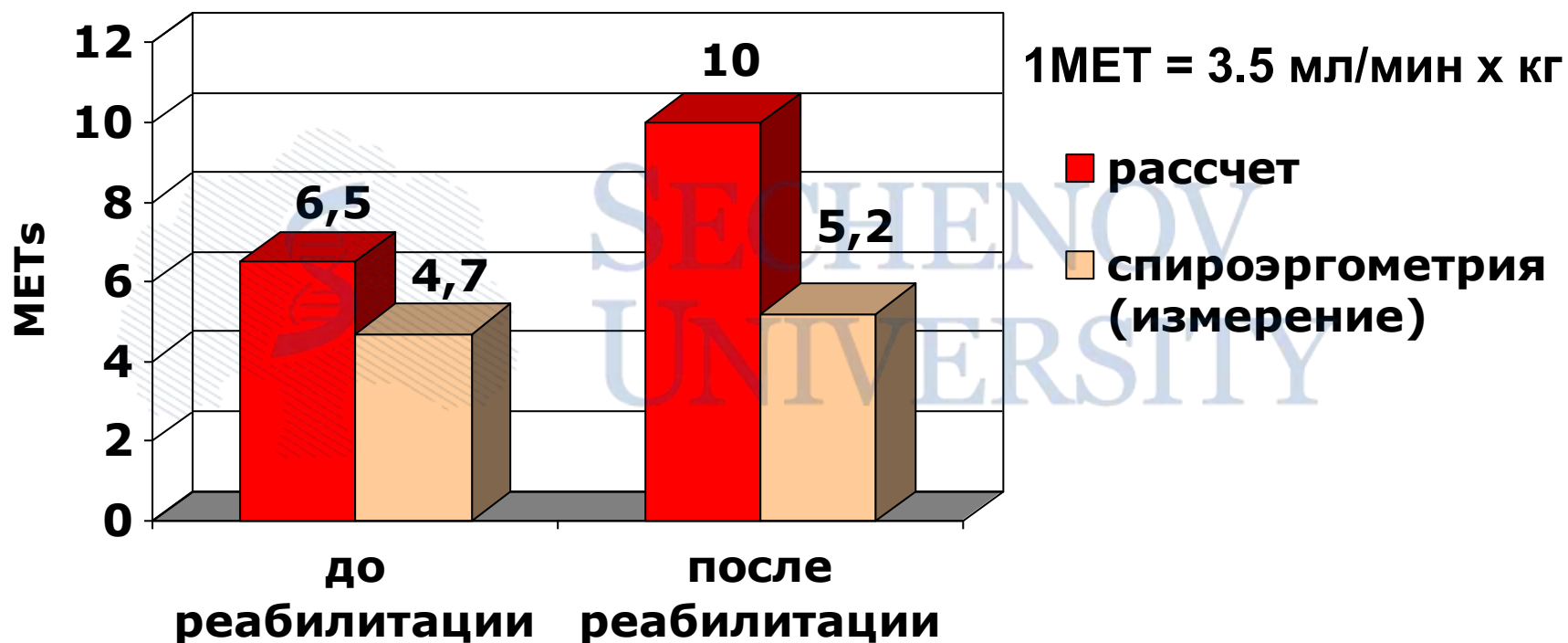
Иногда VO_2 пиковое
определяют по
переносимости нагрузки в
ваттах.

НАГРУЗКА НЕ ОТРАЖАЕТ VO_2

- Плохая калибровка эргометра
- Ожирение
- Клапанная патология
- ИБС
- Кардиомиопатия
- перемежающаяся хромота
- Легочная гипертензия



ВЕЛИКА ЛИ ОШИБКА ПРИ РАСЧЕТЕ?



Переоценка на 38% до реабилитации и 93% после нее

ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ VO_2

VO_{2peak}
мл/мин/кг

Прогноз на 1 год

≤ 10

($\leq 14^*$

в сочетании с низким
САД)

Плохой

(максимальная смертность)

Высокий риск «больших»
хирургических операций

10 - 18

Промежуточный

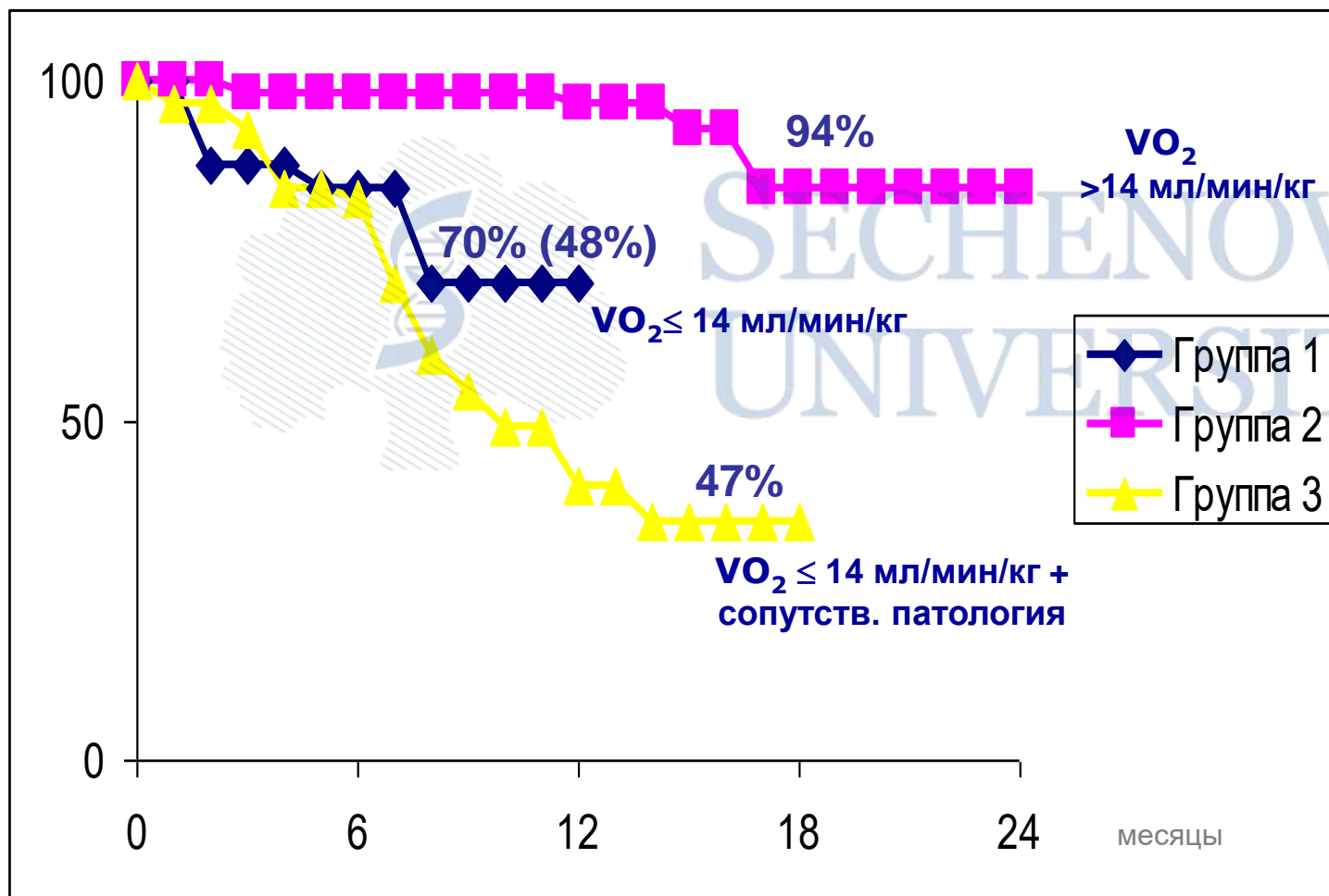
>18

Хороший

*включая пациентов
с клапанными пороками

ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ VO_2 ПРИ ХСН

Выживаемость, %



Группа 1 –
трансплантация
запланирована

Группа 2 – в
трансплантации не
нуждаются

Группа 3 – в
трансплантации
отказано

(не различались
по возрасту,
ФВЛЖ,
гемодинамическим
показателям в
покое)

ОЦЕНКА ПРОГНОЗА БОЛЬНЫХ ДО КАРДИОРЕАБИЛИТАЦИИ

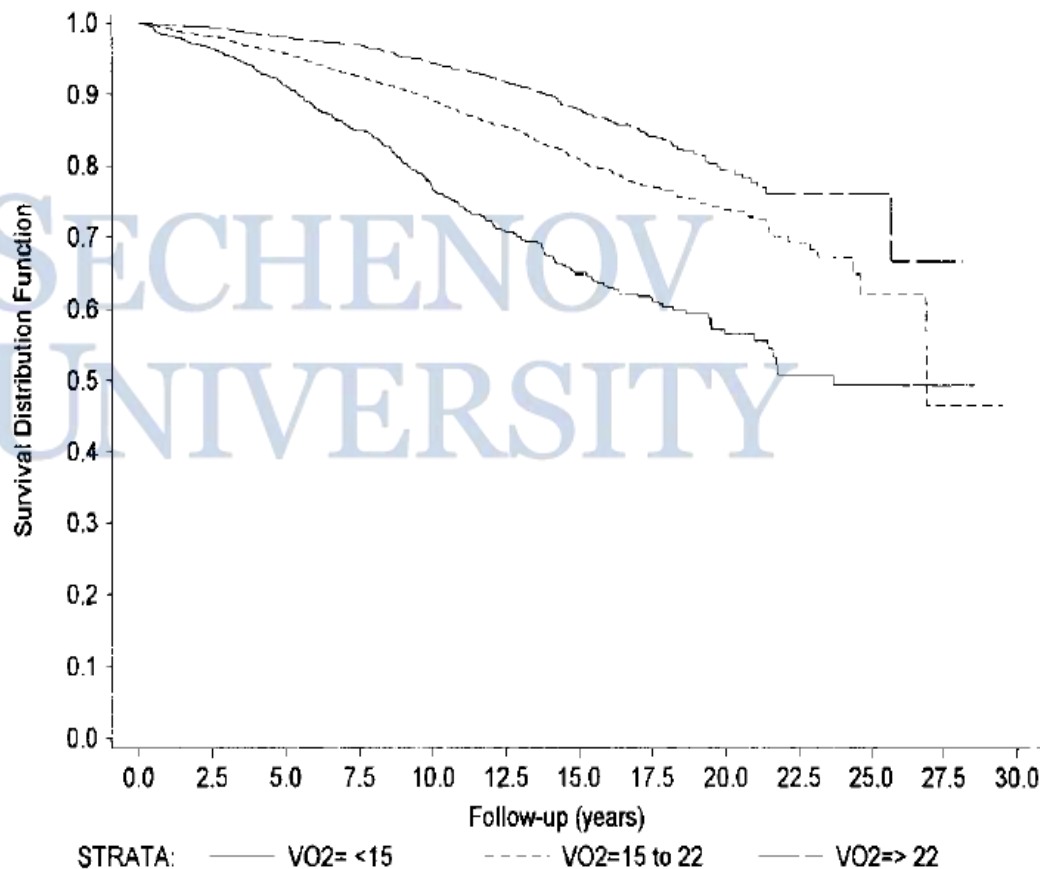
12169 мужчин: ИМ,
АКШ, ИБС

4-29 (7.9) лет
наблюдения

1336 смертей от ИБС

2352 смертей от других
причин

VO_2peak – независимый
предиктор



Prediction of Long-Term Prognosis in 12169 Men Referred for Cardiac Rehabilitation. T Kavanagh et al. Circulation 2002; 106: 666-671.

Prediction of Long-Term Prognosis in 12 169 Men Referred for Cardiac Rehabilitation

Terence Kavanagh, MD, FRCP(C); Donald J. Mertens, MD, MSc; Larry F. Hamm, PhD; Joseph Beyene, PhD; Johanna Kennedy, RN; Paul Corey, PhD; Roy J. Shephard, MD, PhD

Background—Predicting the risk of cardiac and all-cause death in patients with established coronary heart disease is important in counseling the individual and designing risk-stratified rehabilitation and secondary prevention programs. Cox proportional hazards and Kaplan-Meier survival curves were thus completed on initial assessment data obtained from patients referred to an outpatient cardiac rehabilitation center.

Methods and Results—A single-center prospective observational design took peak cardiorespiratory exercise test data for 12 169 male rehabilitation candidates aged 55.0 ± 9.6 years (7096 myocardial infarctions [MIs], 3077 coronary artery bypass grafts [CABG]

(median, 7.9) yielded all-cause death. We found $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ a powerful predictor of all-cause death, with hazard ratios of values of <15 , 15 to 20, and 20 to 25 mL/min/kg, and 0.39 for cardiac death, $\dot{V}O_{2\text{peak}}$, the only other predictor of all-cause death, age, and exercise tolerance.

Conclusions—Exercise test data in subjects with established heart disease. However, conclusions were generally based on

(*Circulation*. 2002;106:666-671.)

Conclusions

Whether a cardiac patient is referred for rehabilitation after MI, CABG, or the onset of IHD, the most important single predictor of both cardiac and all-cause deaths is the $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ as measured by cardiorespiratory testing.

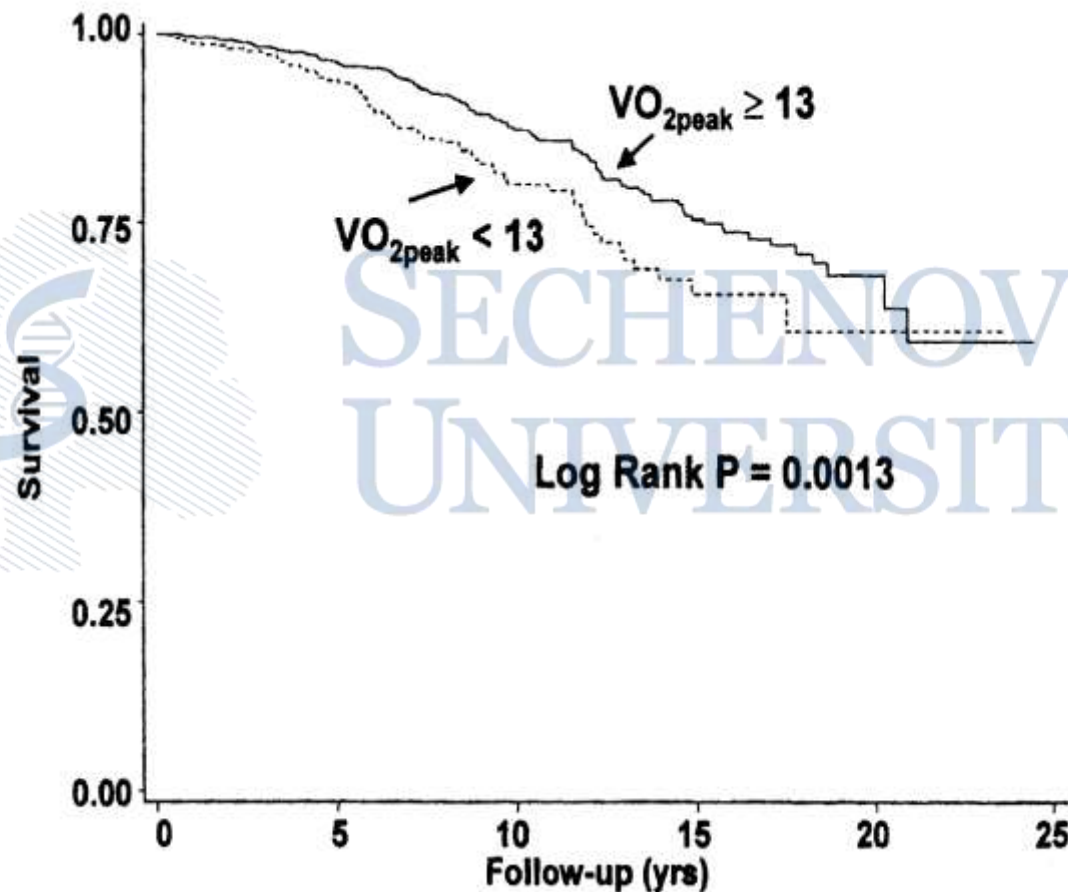
Key Words: exercise ■ prognosis ■ coronary disease ■ survival

Previous authors have discussed the predictive value of exercise test data in subjects with established heart disease. However, conclusions were generally based on

cases of ischemic heart disease [IHD]), referred 13.4 ± 3.9 weeks after the event.

Follow-Up

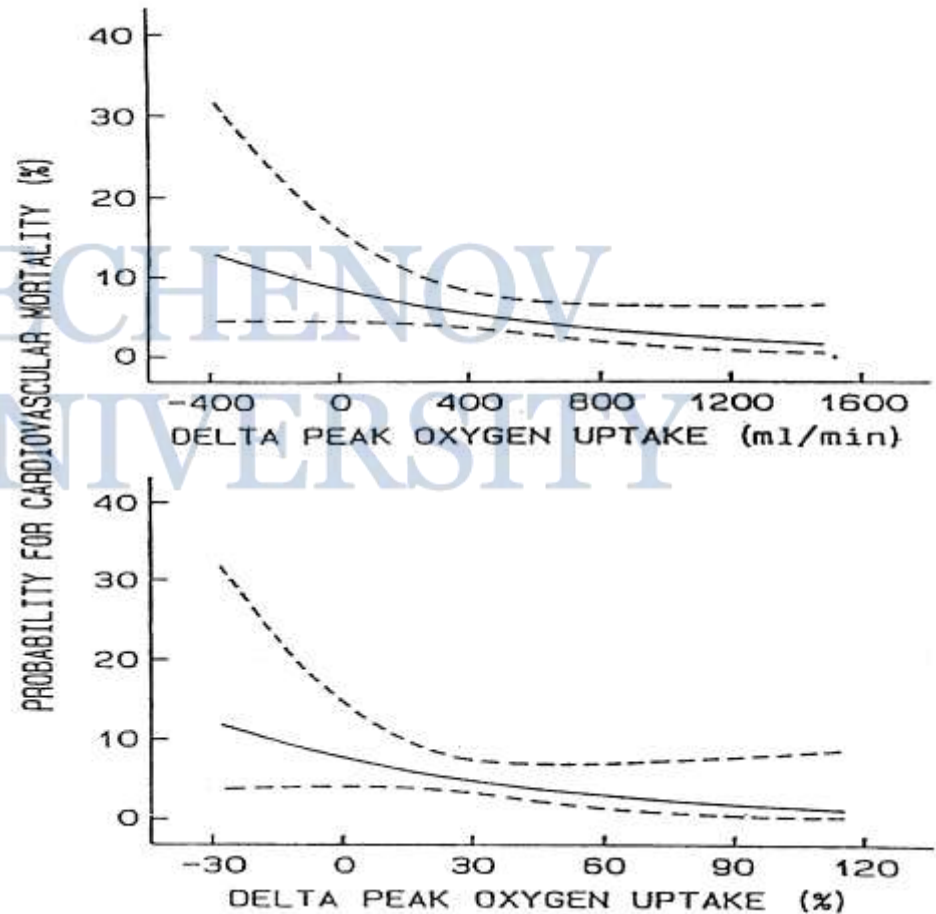
ОЦЕНКА ПРОГНОЗА У ЖЕНЩИН, БОЛЬНЫХ ИБС



Peak Oxygen Intake and Cardiac Mortality in Women Referred for Cardiac Rehabilitation. T Kavanagh, et al. J Am Coll Cardiol 2003; 42: 2139-43.

ЭРГОСПИРОМЕТРИЯ – ОЦЕНКА ДИНАМИКИ VO_2peak

- Увеличение переносимости нагрузок на 1% снижает смертность от ИБС на 2%
- Изменение VO_2peak независимый предиктор

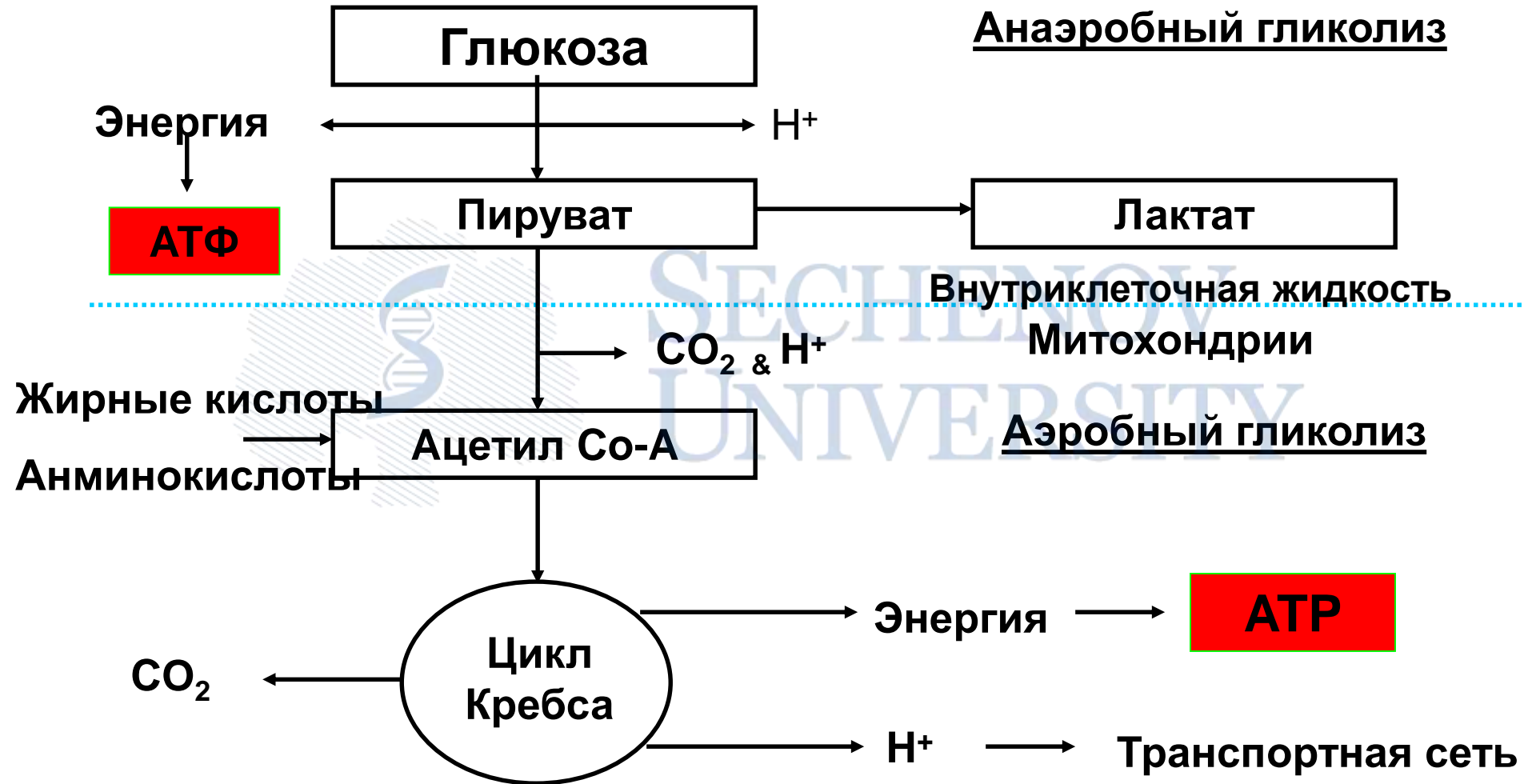


Prognostic Value of Training-Induced Change in Peak Exercise Capacity in Patients With Myocardial Infarcts and Patients With Coronary Bypass Surgery. Vanhess L et al. Am J Cardiol 1995; 76: 1014-19.

ВЕНТИЛЯТОРНЫЙ ПОРОГ (=анаэробный порог)

- Момент, при котором вентиляция начинает расти непропорционально приросту нагрузки.
- Связан с накоплением в крови лактата
- Не зависит от максимального усилия.
- Отражает переносимость повседневных нагрузок.
- Имеет прогностическое значение.

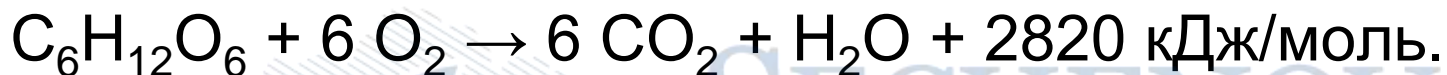
Пути катаболизма глюкозы



Пути катаболизма глюкозы

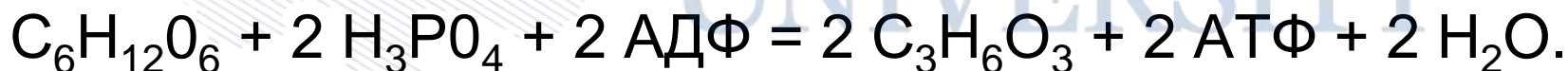
- Аэробный

1 моль глюкозы \rightarrow 36 моль АТФ

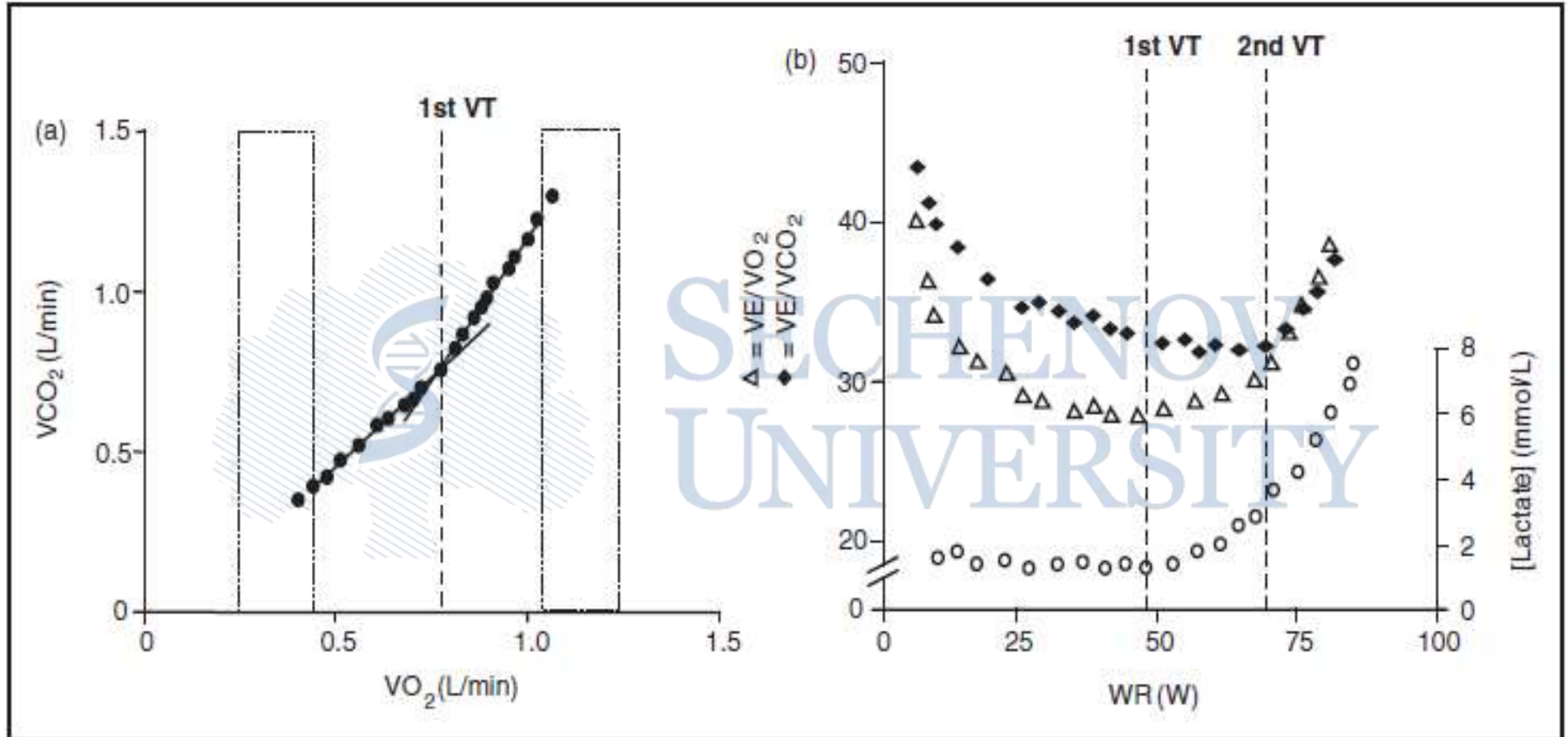


- Анаэробный

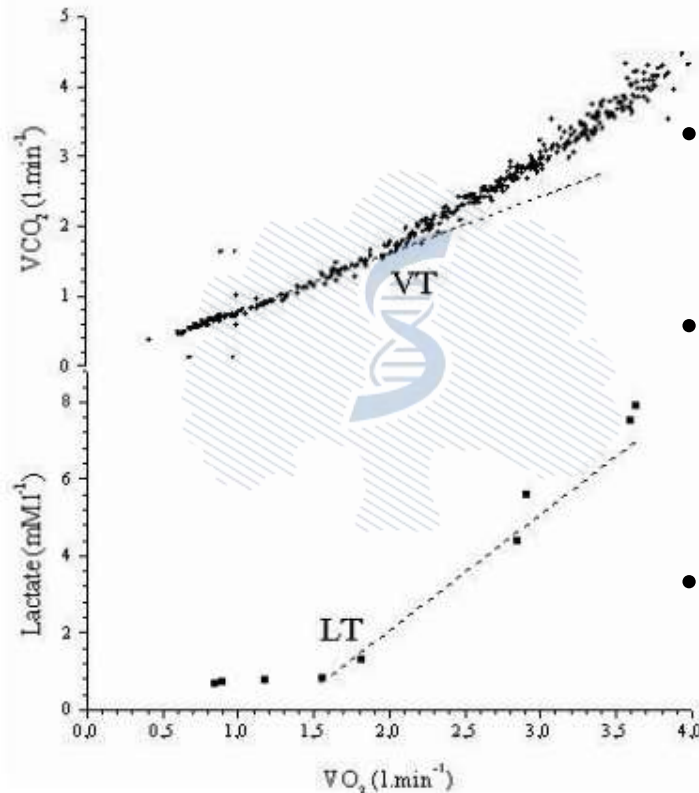
1 моль глюкозы \rightarrow 2 моль АТФ + 2 моль лактата



Вычисление анаэробного порога



«Talk test» – способность свободно поддерживать разговор свидетельствует о тренировке ниже анаэробного порога



- Валидизирован у спортсменов, здоровых добровольцев и больных сердечно-сосудистыми заболеваниями
- Может использоваться при различных видах нагрузок на выносливость (трекдил, ходьба, бег, велоэргометр, элипс, степ)
- Прост, не требует специального оборудования и персонала

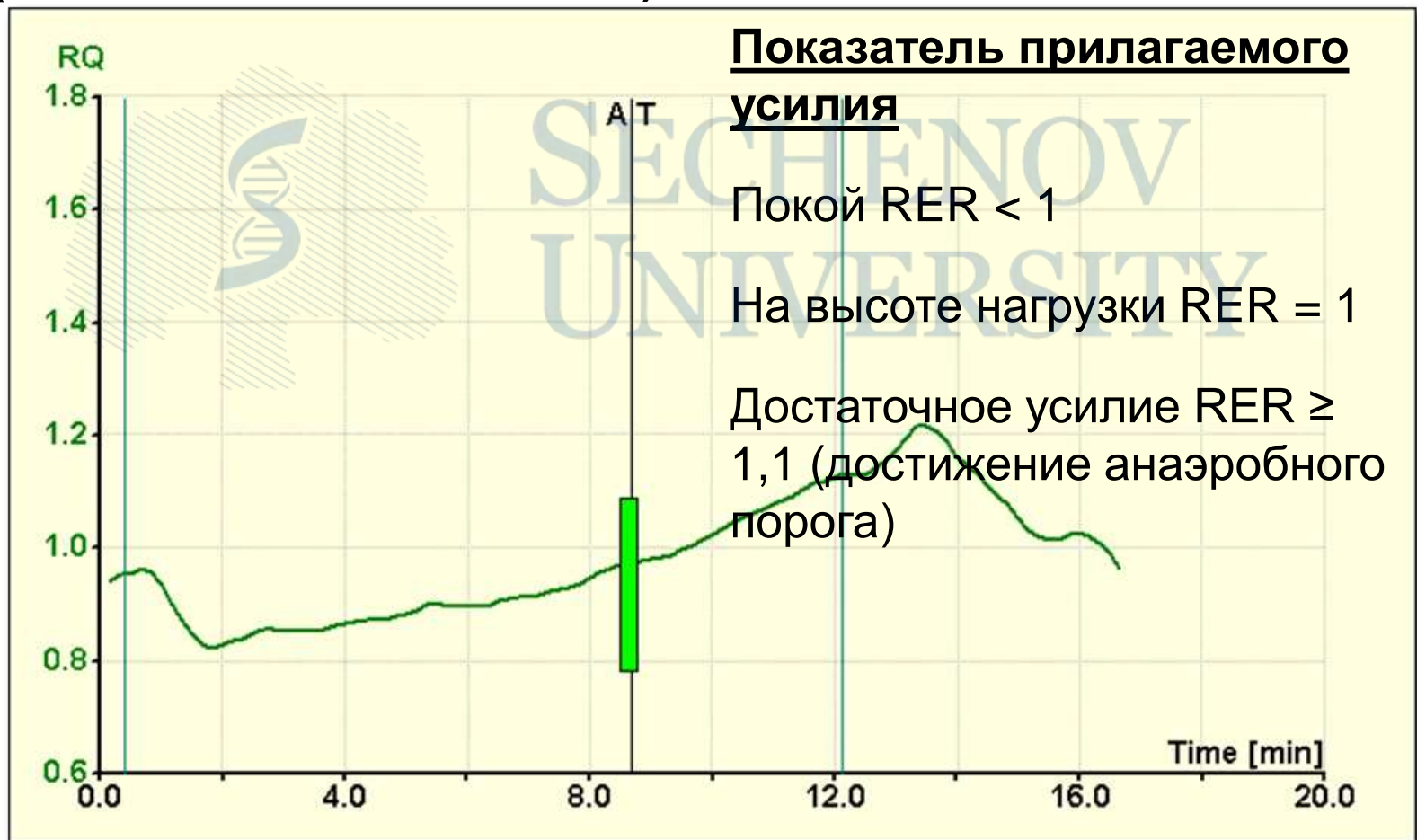
Reed JL, Pipe AL. Curr Opin Cardiol. 2014;29(5):475-80

RER – показатель прилагаемого усилия



RER – respiratory exchange ratio

Дыхательный коэффициент - разница между выделяемым лёгкими CO₂ и потребляемым O₂ за 1 мин (**$RER = VCO_2/VO_2$**)



Breathing reserve (BR)

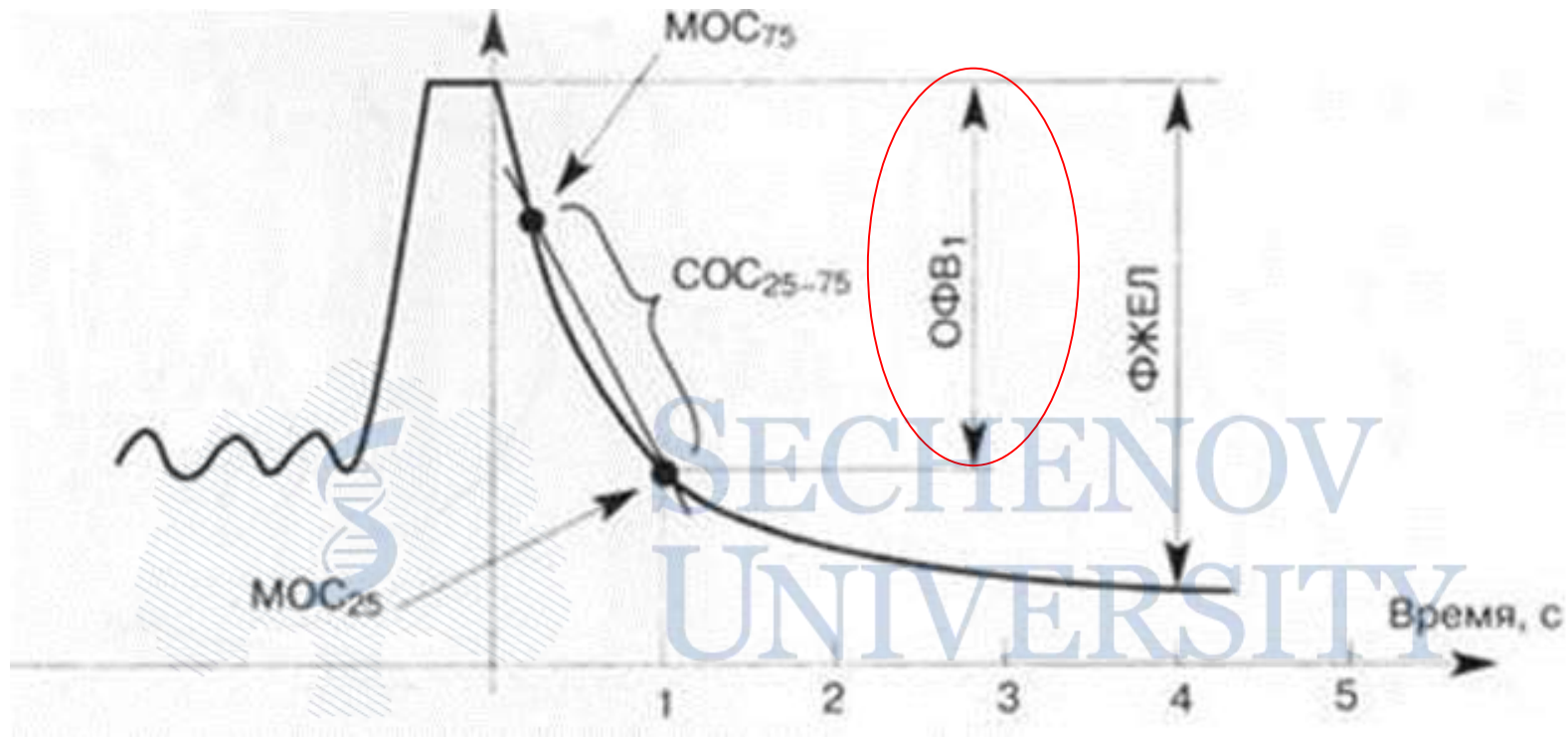
Дыхательный резерв (ДР) – разница между максимальной лёгочной вентиляцией на пике нагрузки (VE) и максимальной произвольной вентиляцией (MVV, max voluntary ventilation),

% от MVV, который не используется на пике нагрузки

$$\text{ДР} = 100 (MVV - VE) / MVV$$

Как рассчитать MVV?

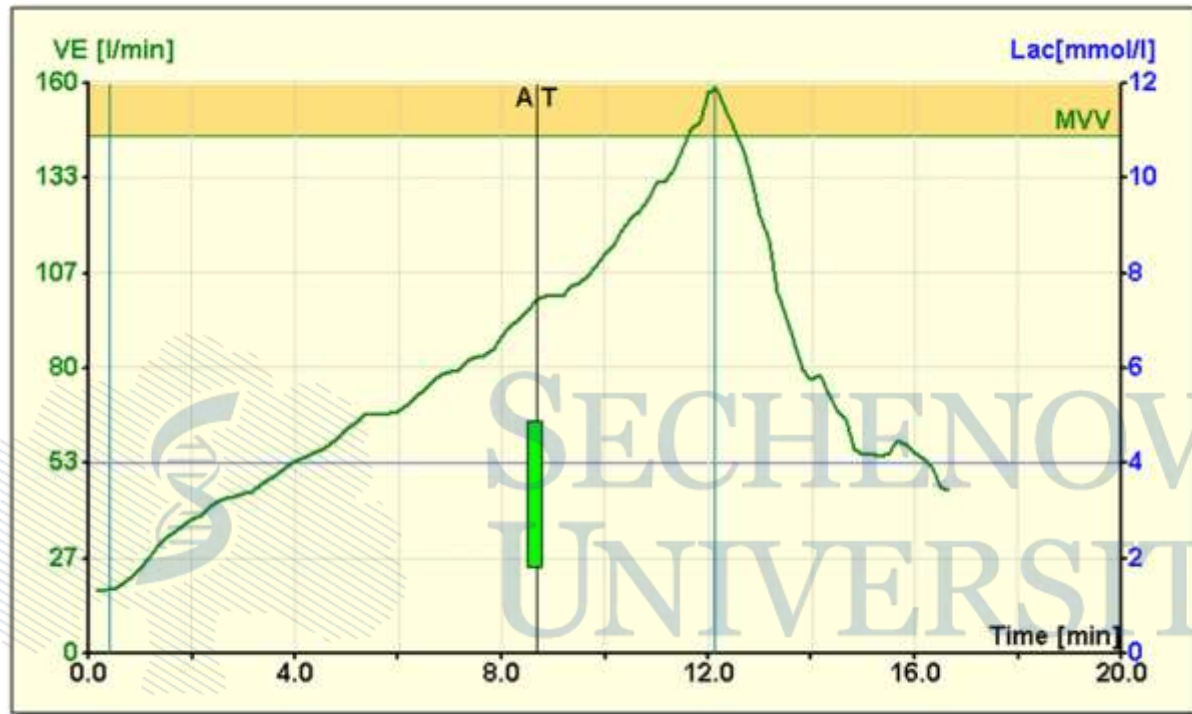
Breathing reserve (BR)



MVV – максимальный поток воздуха за первые 12-15 сек выдоха (в покое)

$$\text{MVV} = \text{ОФВ}_1 \times 35 (40)$$

Breathing reserve (BR)

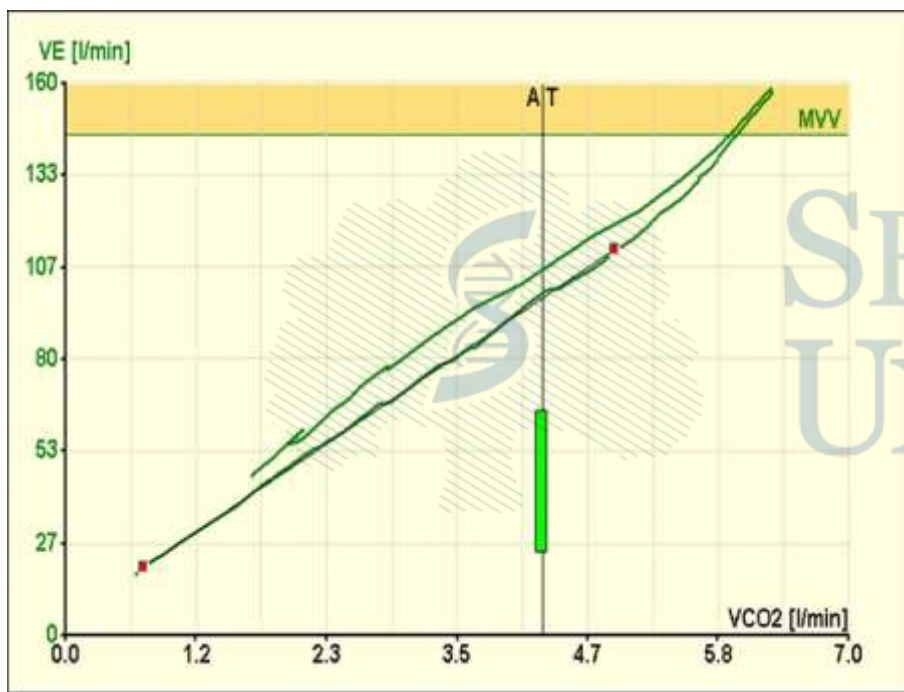


В норме MVV – VE \geq 11 л;

ДР \geq 20%

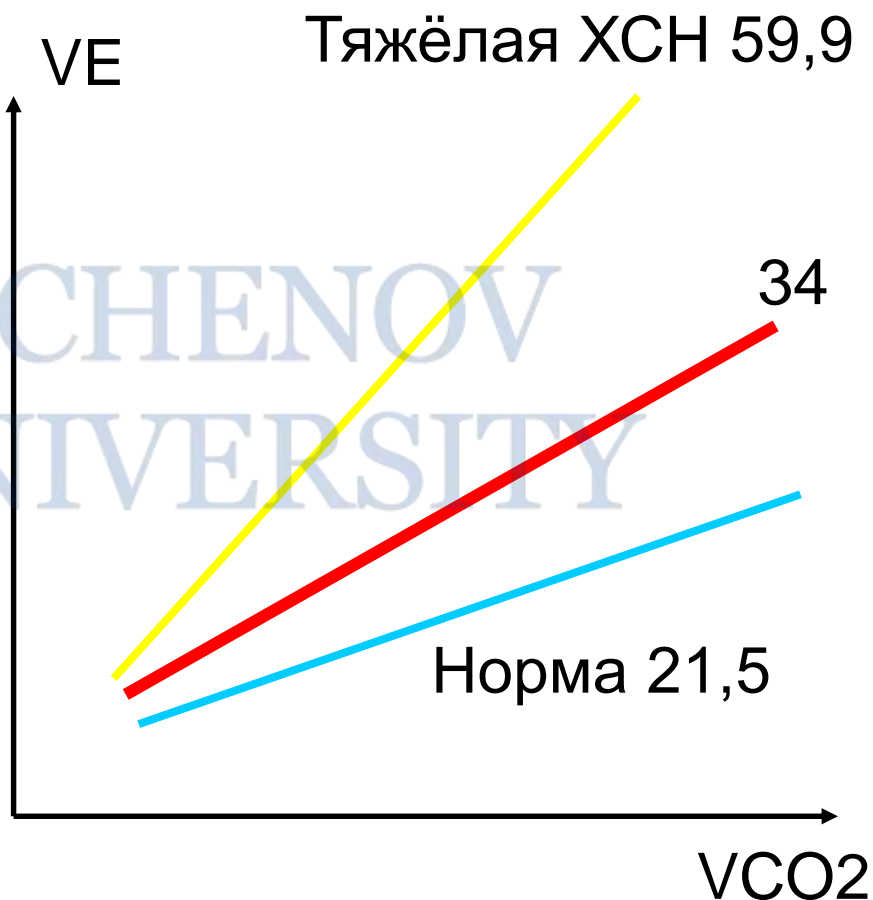
Эффективность лёгочной вентиляции

Определение



VE/VCO2

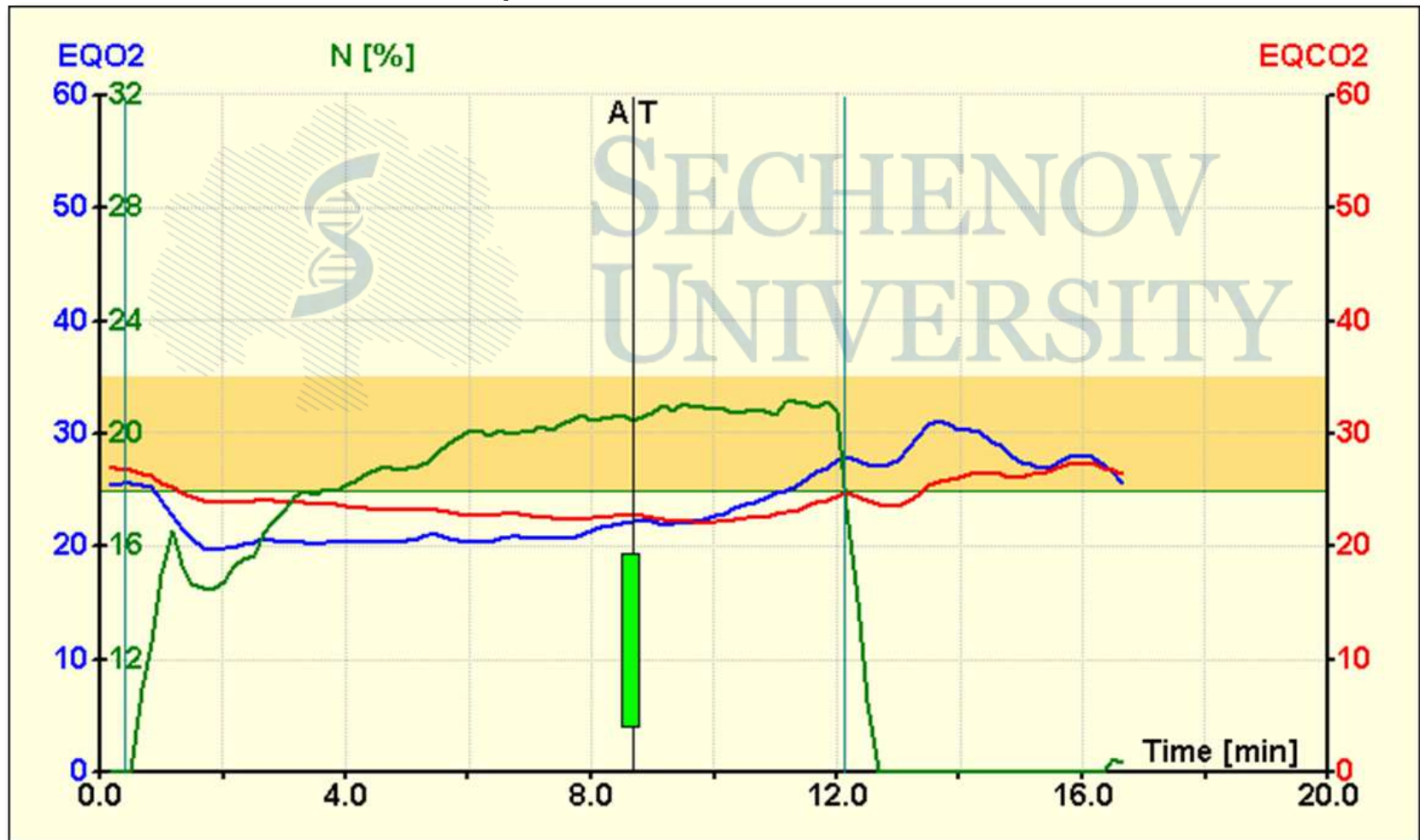
Прогностическая значимость



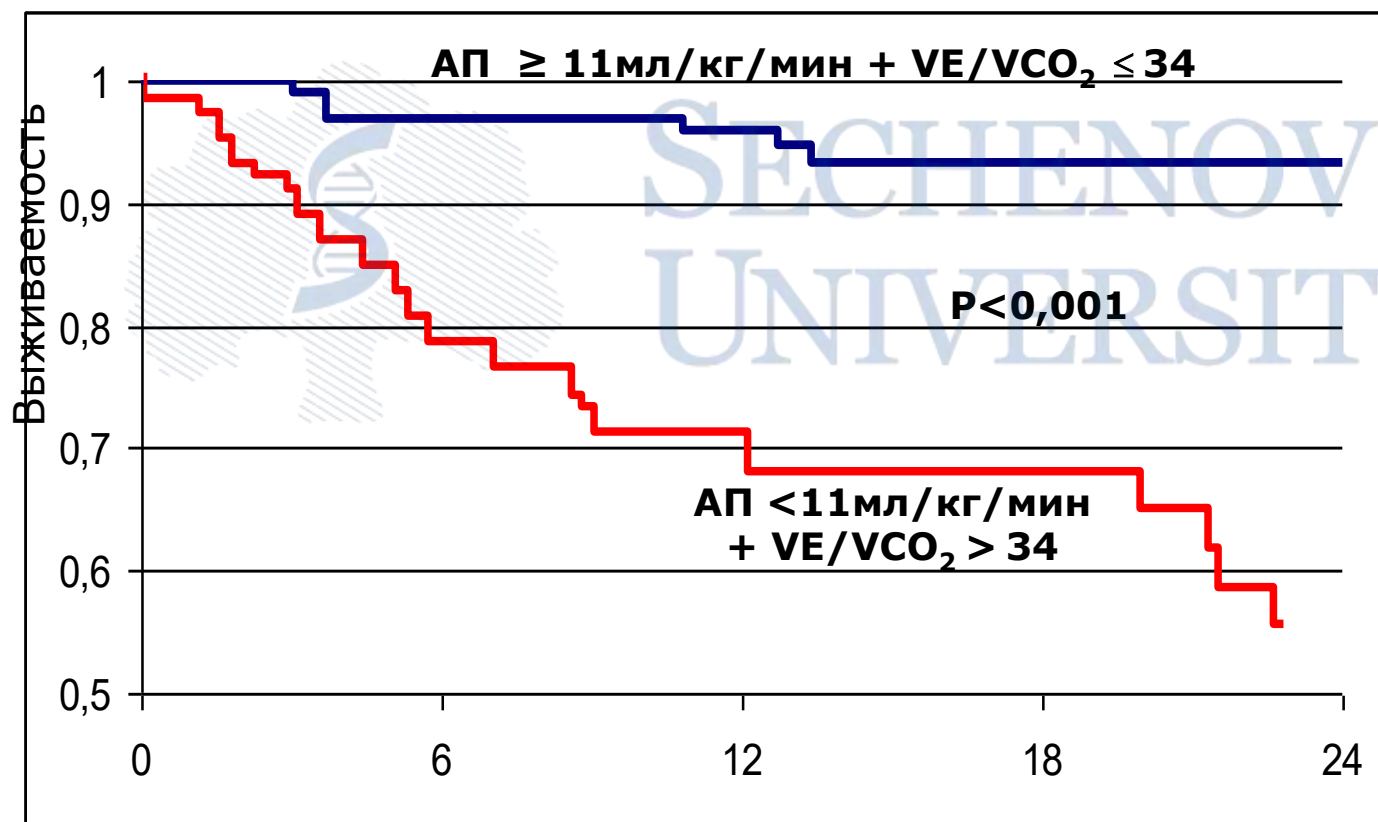
Metra M et al. Am J Cardiol 1992;70:622-628
Chua TP et al. J Am Coll Cardiol 1997;29:1585-1590

Вентиляционные эквиваленты по O2 и CO2

Количество воздуха, необходимое для поступления в организм 1 литра O2 (VE/VO_2) и выделения 1 литра CO2 (VE/VCO_2)



Прогностическое значение комбинации АП и эффективности вентилиляции

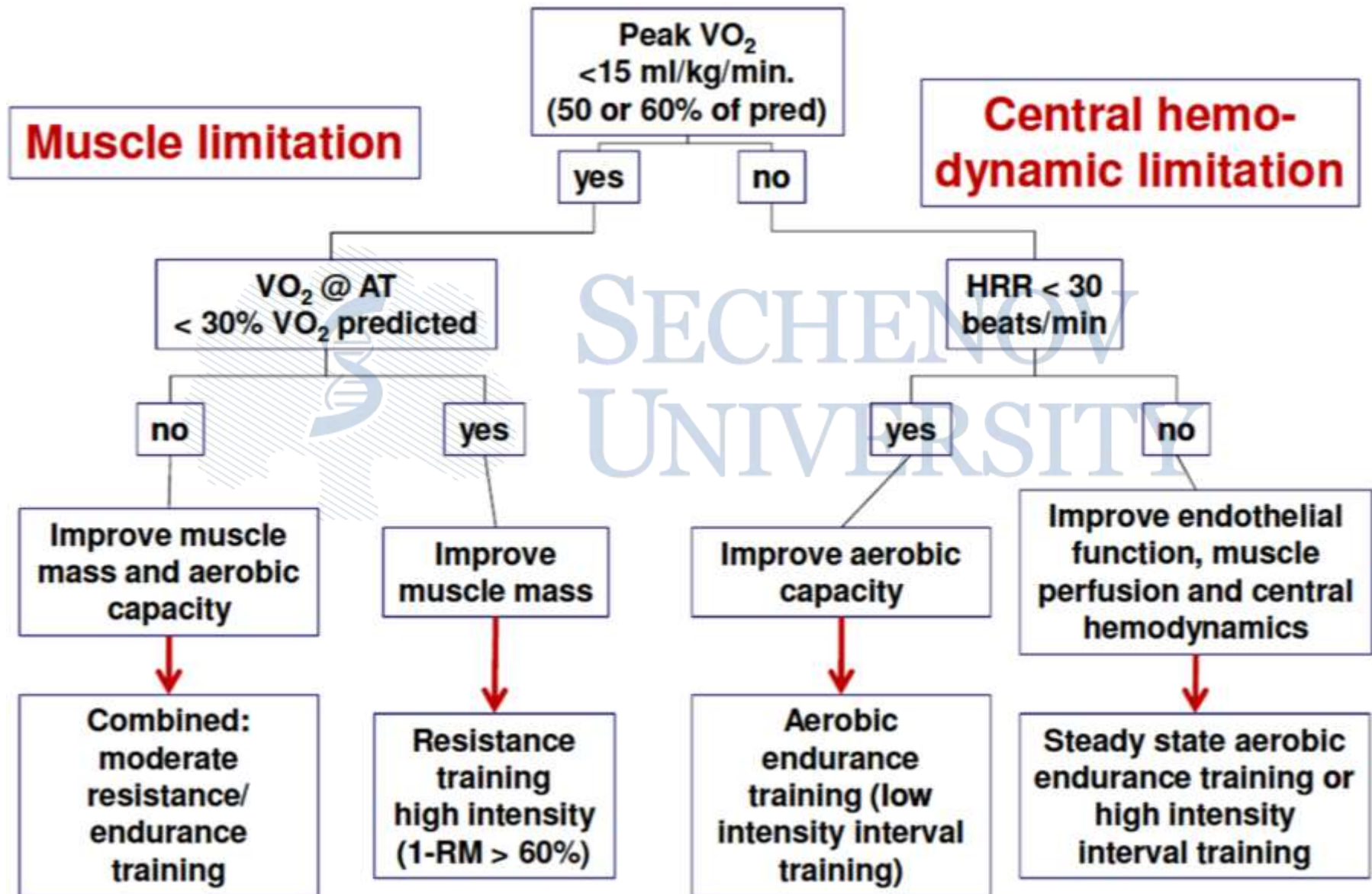


Одышка/слабость при нагрузке: дифференциальный диагноз



CPX Response	Deconditioning	Chronic Heart Failure	Pulmonary Disease
Peak VO_2	Decreased relative to age- and gender-matched standards	Decreased relative to age- and gender-matched standards < 10 mL/kg/min consistent with very poor prognosis	Decreased relative to age- and gender-matched standards
VT	Occurs early relative to peak VO_2 (< 30% peak VO_2)	Occurs early relative to Peak VO_2 (< 30% peak VO_2)	Normal (40%–60% peak VO_2)
VO_2 /Work rate	Normal	Reduced slope < 10	Reduced slope < 10
O_2 pulse	Normal	Decreased	Normal
VE/VCO_2 slope	Normal (20–30)	High (30–60)	High (30–60)
Breathing reserve	Normal	Normal	Decreased
O_2 sat (Assessed by pulse oximetry or ABG)	Normal	Normal	Decreased
EOB	None	Can be present	Normal
Pet CO_2	Normal	Low	Low (30–40 mm Hg)
VE/VO_2 slope			

Эргоспирометрия в кардиореабилитации



Потенциальные причины неудачных тестов

- Тест очень сильно зависит от мотивации пациента – «а я мог еще», «а что, нужно было больше?».
- Тест зависит от правильного инструктирования пациента (улучшение результата при правильном обучении).
- Тест трудоемок и для врача и пациента – общее время теста 40-60 минут.

Пути решения

- Мотивация
- Разъяснение
- Обучение – пробный тест
- Одно и тоже время теста
- Соблюдение условий проведения теста
(прием препаратов, пищи, курение,
другие нагрузки)

ПРАВИЛЬНАЯ МОТИВАЦИЯ ДО ТЕСТА

