

Корректировка результатов на эргометре по весу гребца

Многие тренеры задают вопросы, которые можно суммировать следующим образом: «**Как результаты на эргометре относительно веса гребца следует использовать для ранжирования и отбора?**» Вопрос имеет две части:

1. Какой спортсмен сильнее, лучше тренирован, т.е., как соотносятся уровни развития мышц и систем энергообеспечения у двух гребцов разного веса?
2. Как результат на эргометре влияет на результат на воде у гребцов разного веса?

Теперь постараемся ответить на первый вопрос. Несмотря на то, что эта тема достаточно важна и популярна в гребном сообществе, до сих пор не выработано общего мнения по ней. Самое раннее исследование (McMahon, 1971) было опубликовано, когда эргометры еще не использовались, как стандартный метод тестирования работоспособности гребцов. Автор анализировал результаты на воде и предположил, что аэробная мощность P_{ae} пропорциональна $\approx m^{2/3}$, т.е. поверхности тела, которая связана с поверхностью мембран и переносом кислорода. Поскольку скорость пропорциональна кубическому корню от мощности $v \approx P^{1/3}$, тогда $v \approx m^{2/9} \approx m^{0.222}$.

В настоящее время эта пропорция широко используется для коррекции по весу. Как на сайте Concept2 (7), так и RowPerfect (8), она трансформирована в «коэффициент коррекции по весу» k_w , который следует умножить на скорость V или результат (время) T разделить на него, чтобы получить «скорректированные» скорость V_{ad} и время T_{ad} :

$$V_{ad} = k_w V, T_{ad} = T / k_w \quad (1)$$

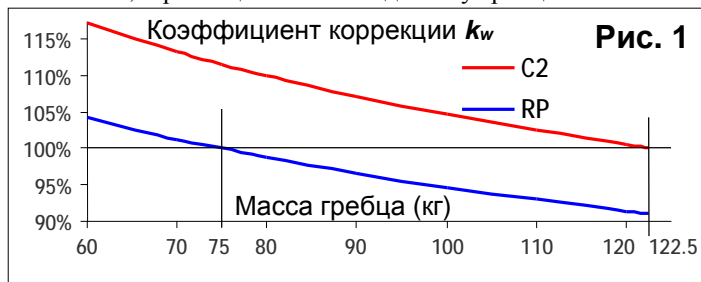
У Concept2, корректировка k_{c2} сделана относительно «стандартного» веса 122,5 кг и инвертирована, поскольку «скорректированное время становится довольно хорошей оценкой потенциальной скорости гребца в восьмерке»:

$$k_{c2} = (m / 122.5)^{0.222} \quad (2)$$

У RowPerfect, была использована «стандартная» масса 75кг и 15кг добавлено к массам гребца и «стандартной», вероятно, для коррекции инерциальных потерь в эргометре с подвижным маховиком.

$$k_{RP} = ((75+15) / (m+15))^{0.222} \quad (3)$$

Рис.1 показывает оба коэффициента C2 (инвертированного) обратно для использования в уравнениях 1) и RP. Первый дает на 13% более высокую скорректированную скорость у гребца весом 60кг, и разница снижается до 9% у гребца весом 120кг.

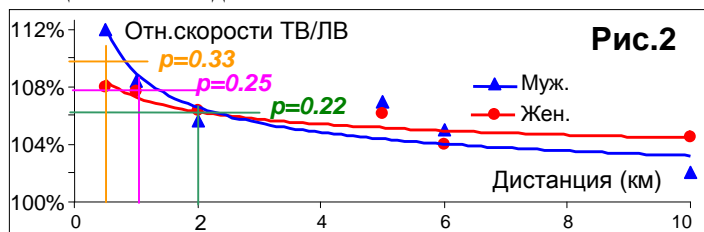


Следующий значительный шаг был сделан Dudhia в 2001 (1), который разделил аэробную и анаэробную мощность: первая соответствует уравнениям выше, а вторая, как считает автор, прямо пропорциональна массе спортсмена $P_{an} \approx m$, поскольку «определяется массой мышц». Поэтому, следует сравнивать просто относительную мощность $Pr = P_{an}/m$ в Вт/кг, или кубический корень скорости: $v \approx m^{1/3} \approx m^{0.333}$

При продолжительности гонки на стандартную гоночную дистанцию 2км от 5,3 до 7,5 мин., доля аэробной мощности

составляет от 67 до 84% (4, 5, 6). Если предположить, что аэробная мощность составляет 75% от всей энергии в течение гонки на 2км со средним временем 6,5 мин, и пропорционально просуммировать указанные выше коэффициенты 0,222 и 0,333, тогда получится $v \approx m^{0.25} \approx m^{1/4}$. Интересно, что точно такая же функция приведена в самой свежей работе на эту тему (Pelz, Verde, 2014, 3): «Геометрическое сходство – есть специальная форма физического сходства, основанная на постулате Бриджмана (Bridgeman, 1922). Закон Клебера (Kleiber, 1932, 1975) утверждает, что метаболический обмен и, следовательно, механическая мощность организма пропорциональна его массе возведенной в степень $3/4$, т.е. аллометрически масштабирована. Эта зависимость была установлена во всем живом мире от бактерий до синих китов» Если $P \approx m^{3/4}$, тогда $v \approx m^{1/4} \approx m^{0.25}$.

Чтобы сопоставить теорию с практикой, были использованы данные мировых рекордов на эргометре Concept2. Рис.2 показывает скорости в открытой категории относительно легковесов у мужчин и женщин на различных дистанциях от 500м до 10 км.



Полагая вес легковесов и тяжеловесов мужчин 75 и 103кг, а женщин 60 и 76кг, среднее соотношение скорости ТВ/ЛВ должно быть 106,2% при коэффициенте $p=0.22$ в уравнении $v \approx m^p$, 107,2% при $p=0.25$ и 109,7% при $p=0.33$. В гонке на 2км, реальное среднее соотношение было 106,4%, поэтому, похоже, что наиболее традиционный и популярный коэффициент 0,22 имеет наилучшее соответствие с результатами. Более высокие коэффициенты могут подойти для коротких дистанций: 0,25 можно использовать в гонках на 1км, и 0,33 – на 500м, что отражает больший вклад анаэробной энергии.

Какую «стандартную» массу следует использовать в корректировочных формулах? Важно использовать одинаковую величину для всех сравниваемых гребцов, а ее конкретное значение – дело вкуса: низкие величины не изменяют результаты легковесов, но снижают скорость массивных гребцов, высокие – наоборот, повышают скорость легковесов (Табл.1 ниже). «Добавленная» масса снижает коэффициент коррекции (Табл.2 ниже), и, по-видимому, не имеет смысла, особенно на стационарных эргометрах.

В заключение: **Скорость на эргометре следует умножить на весовой поправочный коэффициент k_w или время разделить на него:**

$$k_w = (M / m)^p \quad (4)$$

где m – масса спортсмена, M – некоторая «стандартная» масса, $p=0,222$ для 2км и 5км тестов. Более высокие коэффициенты $p=0,25$ и $p=0,333$ следует использовать в более коротких тестах на 1км и на 500м.

Теперь мы коснулись лишь первого вопроса выше и постараемся ответить на второй позже.

Литература и ссылки

1. Dudhia A. 2001. Effect of Weight in Rowing. <http://www.atm.ox.ac.uk/rowing/physics/weight.html>
2. McMahon, T.A., 1971. Rowing: a similarity analysis. *Science* 173, 349.
3. Pelz P., Vergé A. 2014. Validated biomechanical model for efficiency and speed of rowing. *J. of Biomechanics* 47(2014) 3415–3422.
4. Pripstein L.P., Rhodes E.C., McKenzie D.C., Coutts K.D. 1999. Aerobic and anaerobic energy during a 2-km race simulation in female rowers. *Eur J Appl Physiol* (1999) 79: 491±494.
5. Russell A.P., Le Rossignol P.F., Sparrow W.A. 1998. Prediction of elite schoolboy 2000-m rowing ergometer performance from metabolic, anthropometric and strength variables. *Journal of Sports Sciences*, 1998, 16, 749±754
6. Secher NH. 1993 Physiological and biomechanical aspects of rowing: *Sports Med* 15:24±42
7. <http://www.concept2.com/indoor-rowers/training/calculators/weight-adjustment-calculator>
8. <https://www.rowperfect.co.uk/erg-scores-how-to-adjust-for-athlete-weight/>

Таблица 1. Весовые коэффициенты коррекции при различной «стандартной» массе M для гребцов различного веса m

Табл. 1	m в уравнении $k = (M / m)^{0.222}$						
	60	70	80	90	100	110	120
М	60	70	80	90	100	110	120
60	100.0%	96.6%	93.8%	91.4%	89.3%	87.4%	85.7%
70	103.5%	100.0%	97.1%	94.6%	92.4%	90.4%	88.7%
80	106.6%	103.0%	100.0%	97.4%	95.2%	93.2%	91.4%
90	109.4%	105.7%	102.7%	100.0%	97.7%	95.6%	93.8%
100	112.0%	108.2%	105.1%	102.4%	100.0%	97.9%	96.0%
110	114.4%	110.6%	107.3%	104.6%	102.1%	100.0%	98.1%
120	116.7%	112.7%	109.4%	106.6%	104.1%	102.0%	100.0%

Величины выше 100% означают более высокую скорость / более короткий временной результат, ниже 100% - ниже скорость / длиннее время.

Эту таблицу, также, можно использовать для прямого сравнения результатов гребцов различного веса. Напр., если 90 кг гребец на 5,7% быстрее на эргометре, чем 70 кг, значит их подготовленность одинакова.

Таблица 2. Весовые коэффициенты коррекции при различных «добавленных» массах M_{ad} и фиксированной «стандартной» массе $M=90$ кг

Табл. 2	m в $k = ((M+M_{ad}) / (m+M_{ad}))^{0.222}$ при $M=90$						
	60	70	80	90	100	110	120
M_{ad}	60	70	80	90	100	110	120
0	109.4%	105.7%	102.7%	100.0%	97.7%	95.6%	93.8%
10	108.2%	105.1%	102.4%	100.0%	97.9%	96.0%	94.3%
20	107.3%	104.6%	102.1%	100.0%	98.1%	96.4%	94.8%
30	106.6%	104.1%	102.0%	100.0%	98.2%	96.6%	95.2%
40	106.0%	103.8%	101.8%	100.0%	98.4%	96.9%	95.5%
50	105.5%	103.5%	101.7%	100.0%	98.5%	97.1%	95.8%
60	105.1%	103.2%	101.5%	100.0%	98.6%	97.3%	96.0%