

Санкт-Петербургский государственный университет  
Национальный медико-хирургический центр им.  
Н.И.Пирогова (Москва)  
Российский университет спорта (Москва)

*Минвалеев Р.С., Баранова Т.И., Дмитриева М.О.,  
Богданов Р.Р., Климов В.И.*



# ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ КАК МАРКЕР ХОЛОДОВОГО СТРЕССА В ЗИМНЕМ ПЛАВАНИИ

Санкт-Петербург, Москва 2023

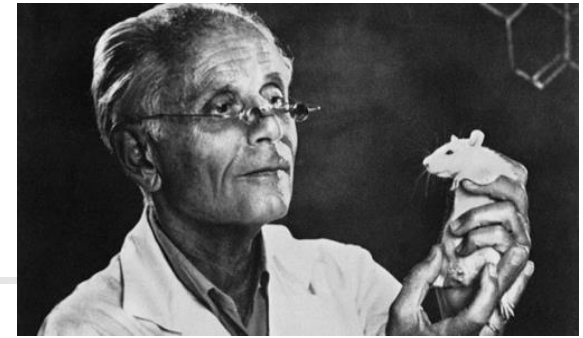


# Зимнее плавание как холодовой стресс



Категория	Название	Температура воды в °С	Дистанции (в метрах)
A	«Ice water»	От 0°С до +2 °С	25/50/100/200
B	«Freezing water»	От +2,1°С до +5°С	25/50/100/200/400
C	«Cold water»	От +5,1°С до +9°С	25/50/100/200/400/500/1000
D		От +9,1°С до +15,9°С	Не ограничено

# Холодовой стресс



Ганс Селье  
1907–1982

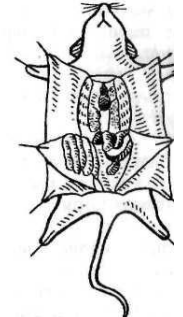
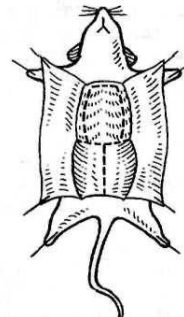
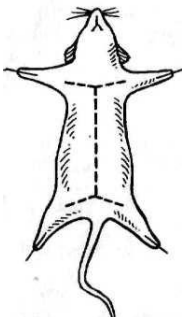
## ТРИАДА:

1. Гипертрофия надпочечников
2. Инволюция тимуса
3. Язвы ЖКТ

**Nature, 1936**

### A Syndrome produced by Diverse Nocuous Agents

EXPERIMENTS on rats show that if the organism is severely damaged by acute non-specific nocuous agents such as exposure to cold, surgical injury, production of spinal shock (transection of the cord), excessive muscular exercise, or intoxications with sublethal doses of diverse drugs (adrenaline, atropine, morphine, formaldehyde, etc.), a typical syndrome appears, the symptoms of which are independent of the nature of the damaging agent or the pharmacological type of the drug employed, and represent rather a response to damage as such.



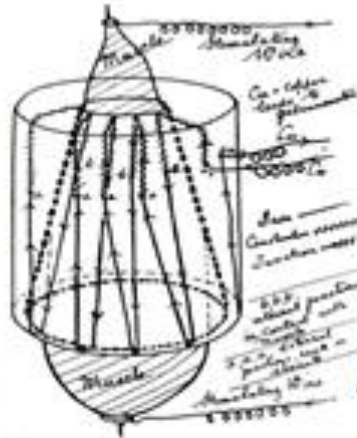
# Термоизоляция и дрожательный термогенез

## Сократительный термогенез

THE HEAT-PRODUCTION IN PROLONGED CONTRACTIONS OF AN ISOLATED FROG'S MUSCLE. BY A. V. HILL, *Fellow of Trinity College, Cambridge.*

(From the *Physiological Laboratory, Cambridge.*)

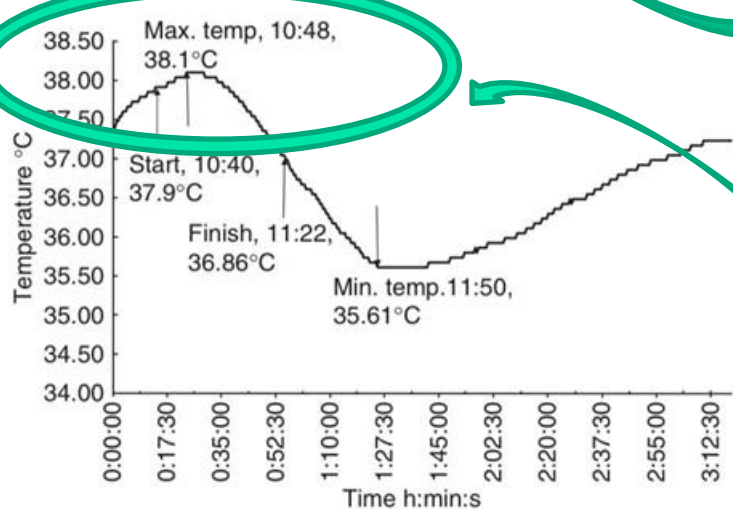
Лягушка



Арчибальд Вивиен Хилл  
1886-1977



# Упреждающий термогенез



Noakes, T.D., Dugas, J.P., Dugas, L.R., Tucker, R., Oksa, J., Dunn, J., Smolander, J. Body temperatures during three long-distance polar swims in water of 0–3°C. *Journal of Thermal Biology*, 34(1), 23–31 (2009).

Stjepanovic, M., Nikolaidis, P.T., Knechtle, B. Swimming three ice miles within fifteen hours. *Chin. J. Physiol.* 60,197–206 (2017).

# Стресс и уровень глюкозы

Аларм реакция  
Тревожность  
Борьба или бегство

**1**



Резистентность  
Выученная  
беспомощность

**2**



Истощение,  
Болезни стресса

**3**

Адреналин ↑  
Норадреналин ↑

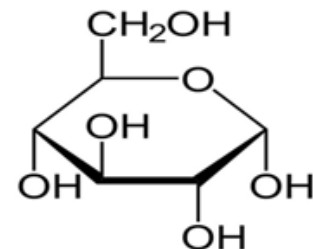
Кортизол ↑

Гликогенолиз ↑

Глюконеогенез ↑



**ГЛЮКОЗА** ↑



# Тибетская йога Туммо



Всего с 2019 по 2023 в ежегодных экспедициях «Русский Север» обследовано 53 человека обоего пола, у которых измеряли уровень глюкозы до и после погружений по шею и плечи в холодную воду +10°C.

Найдено статистически значимое снижение уровня глюкозы

с  $5.53 \pm 0.74$  до  $5.29 \pm 0.76$  ммоль/л

(среднее  $\pm$  стандартное отклонение) с вероятностью ошибки первого рода  $p=0,0006864 < 0.001$  по  $t$ -критерию Стьюдента для зависимых выборок

# Холодовые испытания ЗИМНИХ ПЛОВЦОВ



В 2021 году мы сравнили уровень глюкозы у зимних пловцов Федерации Зимнего плавания гор. Москвы в сопоставимых условиях погружения в холодную воду, но при температуре воды  $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Содержание глюкозы в крови возросло

с  $5,5\pm 0,64$  до  $6,2\pm 0,78$  ммоль/л (среднее  $\pm$  стандартное отклонение)

с вероятностью ошибки первого рода  $p=0,01949 < 0,05$  по t-критерию Стьюдента для связанных выборок



# Закон охлаждения Ньютона

$$H = CS\Delta T$$

H – скорость теплоотдачи в ккал/час

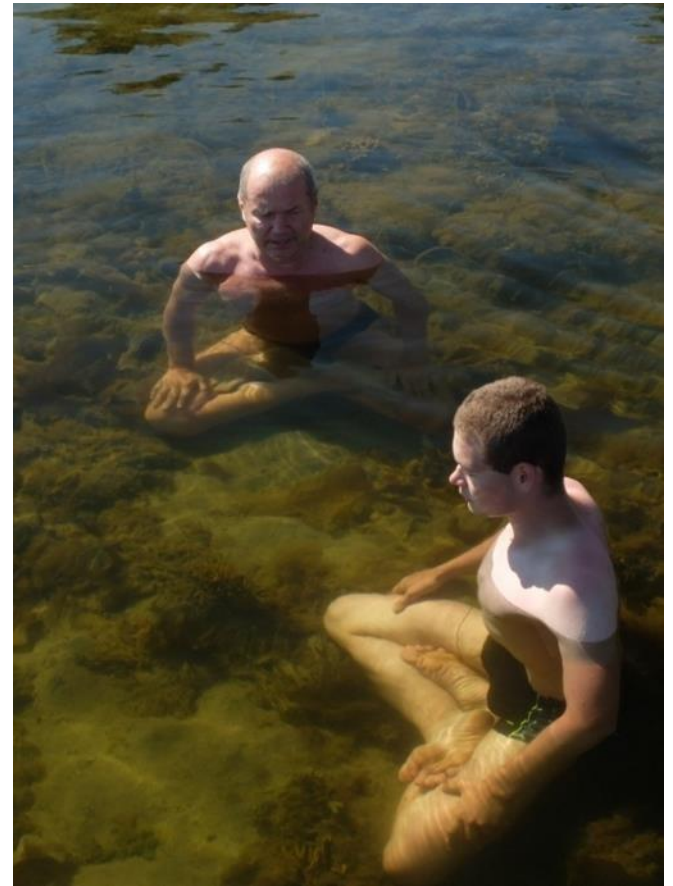
S – площадь поверхности в м<sup>2</sup>

$\Delta T$  – температурный градиент в °C

C – коэффициент

охлаждения в  $\frac{\text{ккал}}{\text{час}\cdot\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}}$

S = 1.8 m<sup>2</sup> - Площадь головы (15%) = 1.53m<sup>2</sup>



# Сравнение теплоотдачи в воду



$C_w = 53.5 \text{ Вт/м}^2/\text{°С}$  (коэффициент теплоотдачи в холодную стоячую воду),

$$S_w \approx 1.53 \text{ м}^2,$$

$T_R$  – внутренняя температура тела (в среднем  $37\text{°С}$ )

$T_0$  – температура воды  $+10\text{°С}$ ,  
 $t$  – время в холодной воде 30 мин,  
 $H_1 = 53.5 \cdot (37 - 10) \cdot 1.53 \approx 2210$  ватт,  
или 1900 ккал в час,  
или **850 ккал** за  $\frac{1}{2}$  часа (30 мин)

$T_0$  – температура воды  $+1,6\text{°С}$ ,  
 $t$  – время в холодной воде 10-15 мин,  
 $H_2 = 53.5 \cdot (37 - 1.6) \cdot 1.53 \approx 2900$  ватт, или  
2494 ккал в час, или 415 ккал за  $\frac{1}{6}$   
часа (10 мин), или **623 ккал** за  $\frac{1}{4}$  часа

# Теплоотдача на воздухе



$S_h \approx 0.27 \text{ м}^2$  площадь поверхности  
головы, шеи и плеч  
 $C \approx 4 \text{ ватт/м}^2/\text{°C}$  коэффициент  
теплоотдачи при охлаждении на воздухе  
при температурах  $+20$  и  $-3^\circ\text{C}$

$H_{1+} = 4 \cdot (37-20) \cdot 1.53 \approx 18 \text{ ватт}$ , или 16 ккал в час, или **8 ккал** за  $\frac{1}{2}$  часа

$H_{2+} = 4 \cdot (37+3) \cdot 0.27 \approx 43.2 \text{ ватт}$ , или 37 ккал в час, или примерно 6 ккал за  $\frac{1}{6}$  часа (10 мин) и **9 ккал** за  $\frac{1}{4}$  часа (15 мин).

# Теплоотдача излучением

Теплопотери излучением вычисляются по закону Стефана–Больцмана:

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S \cdot (T_K^4 - T_{\text{в}}^4),$$

где  $P$  – теплота, теряемая человеком посредством излучения при взаимодействии с окружающей средой,

$T_K$  – средневзвешенная температура кожи, которую с учетом отсутствия вазомоторных реакций в охлаждаемой голове примем  $30^\circ\text{C}$ ,

$\sigma$  – постоянная Стефана–Больцмана, равная  $5.7 \cdot 10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>/К<sup>4</sup>,

$\varepsilon$  – поправочный коэффициент для кожи белого человека, равный приблизительно 0.55.

Тогда теплоотдача головы излучением в течение часа при  $T_{\text{в}} = -3^\circ\text{C}$  с переводом градусов Цельсия в градусы Кельвина составит

$$P = 5.7 \cdot 10^{-8} \cdot 0.55 \cdot 0.27 \cdot (303.15^4 - 270.15^4) \approx 26.4 \text{ ватт, или } 22.7 \text{ ккал в час, или примерно } \mathbf{5.7 \text{ ккал за } \frac{1}{4} \text{ часа (15 мин).}$$



# Теплоотдача с дыханием



Вдыхаемый воздух, имеющий температуру окружающей среды, например,  $+20$  или  $-3^{\circ}\text{C}$  нагревается в легких до  $37^{\circ}\text{C}$  (соответственно, на  $17^{\circ}$  или  $40^{\circ}$ ).

В состоянии покоя вентиляция легких составляет в среднем 8 л/мин или 120 л за  $\frac{1}{4}$  часа (15 мин). Масса 120 л воздуха равна 0.147 кг или 147 г. Для того, чтобы нагреть эту массу на  $17^{\circ}$  или  $40^{\circ}$  потребуется всего 600 кал или 1400 кал, соответственно, или всего **0.6** или **1.4 ккал (A)**.

Удельная теплоемкость воздуха очень мала ( $0.24 \text{ кал/г}\cdot^{\circ}\text{C}$ ), поэтому и теплотери также незначительны.

# Стресс vs. Туммо



Показатели	Стресс	Туммо
Кортизол	возрастает	снижается
Липидный профиль	атерогенный	антиатерогенный
Глюконеогенез	возрастает	снижается
Глюкоза натощак	возрастает	Снижается или не меняется
Метаболический синдром	провоцирует	профилактирует

# Изменения уровня глюкозы во время трех заплывов «ледяная миля»



Stjepanovic, M., Nikolaidis, P.T., Knechtle, B. Swimming three ice miles within fifteen hours. Chin. J. Physiol. 60,197–206 (2017).

Ледяная миля	Глюкоза, ммоль/л		прирост	прирост в %
	до	после		
1 заплыв	7	12.8	5.8	45.31%
2 заплыв	12.5	9.3	-3.2	-25.60%
3 заплыв	3.4	12.8	9.4	276.47%



# Вывод



Легко выполняемая оценка уровня глюкозы в капиллярной крови с помощью любых аптечных глюкометров может быть использована для контроля и/или самоконтроля успешной адаптации к заплывам в холодной воде с целью объективного обеспечения безопасного привыкания к экстремальным воздействиям на организм длительного пребывания в холодной воде.





# Благодарности

Авторы выражает глубокую благодарность генеральному директору киностудии исторического фильма «Фараон» Ирине Архиповой, организатору и вдохновителю международных научно-исследовательских экспедиций в рамках ее авторского проекта «В поисках утраченных знаний» (с), направленного на поддержку отечественной науки, а также всем участникам научно-исследовательской экспедиции «Русский Север 2019».



# Благодарности



Авторы также выражают равную благодарность всем членам Клуба моржей Серебряного Бора Федерации Закаливания и Зимнего Плавания города Москвы, и лично председателю Клуба и президенту Федерации Андрею Замыслову.



# Контакты



- Оргкомитет по проведению международных научно-исследовательских экспедиций
- Сайт киностудии “Фараон”
- Сайт Ринада Минвалеева
- Группа ВК “Научная йога”
- Telegram канал “Научная йога”

**+79219373787**

[f-studio@mail.ru](mailto:f-studio@mail.ru)

[physiologia@bk.ru](mailto:physiologia@bk.ru)

faraon-tv.com

tapasyoga.ru

vk.com/yogatummo

[t.me/tapasyoga](https://t.me/tapasyoga)