



Физика и физиология туммо

Кандидат биологических наук
Р.С. Минвалеев

«Тибет, страна снегов... В чистейшем разреженном воздухе невесомо рисуются очертания гималайских вершин. Бездонные ледяные озера, прозрачные, как стекло. Скалы, туман, заснеженные перевалы, девять месяцев в году непроходимые для путников. Удивительные люди живут здесь. Они умеют согреться без огня, идти без усталости по горным дорогам дни и ночи напролет, заклинать злых духов гор и вод, читать мысли, летать по воздуху...»

Подобные фразы встречаются в большинстве популярных рассказов о Тибете и Гималаях. Среди этих фантастических историй одна заслуживает особого внимания хотя бы потому, что не такая уж она и фантастическая. Речь пойдет об искусстве согреться среди снегов без одежды и костра, которое получило название «туммо». Самое подробное его описание принадлежит перу известной французской путешественницы Александры Давид-Неэль, первой европейской женщины, допущенной к тайнам Тибета: «Перезимовать на высоте трех-пяти тысяч метров в пещере среди снегов, будучи облаченным лишь в тоненькую одежду или вообще без таковой, и не замерзнуть — нелегкая задача. Однако ежегодно многие тибетцы успешно проходят это испытание. Такую выносливость они объясняют своей способностью вырабатывать туммо». И



*Александра Давид-Неэль
в одеянии буддийской
монахини*

вот в чем испытание состоит: «Тех, кто чувствует в себе силы выдержать этот экзамен, морозной зимней ночью приводят на берег реки или озера. Если водоем замерз, во льду пробивают прорубь. Испытания устраивают лунной ночью, когда дует сильный ветер — зимой в Тибете такие ночи не редки. Сбросив с себя всю одежду, новообращенные садятся на землю и скрещивают ноги. Каждый обматывает вокруг себя простынь, намоченную в ледяной воде, — ее нужно высушить жаром собственного тела. Как только простыня высохнет, ее опять окунают в прорубь, и ученик снова должен сушить ее на себе. Все это повторяется до рассвета. Побеждает тот, кто высушит наибольшее количество простыней... Могут засвидетельствовать это как очевидец. Ученик должен высушить на себе не меньше трех простыней, прежде чем его признают достойным носить юбку из белой ткани — отличительный признак овладевших искусством «туммо»...»

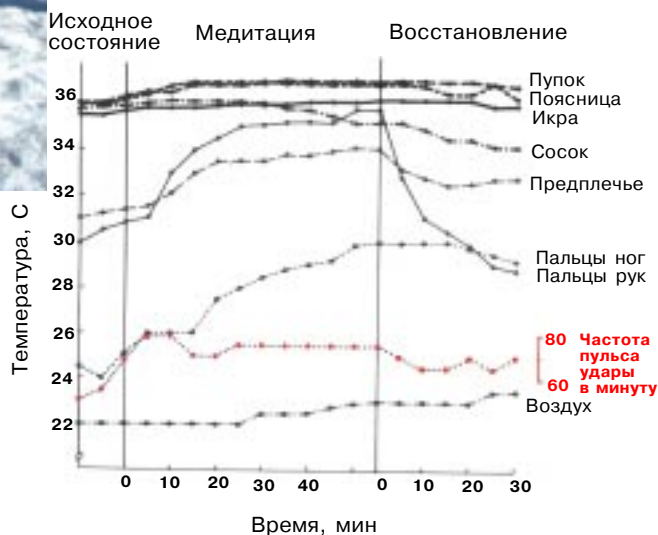
Практически все остальные авторы просто переписывают это единственное подробное описание практики туммо. Ценность свидетельства Александры Давид-Неэль состоит еще и в том, что французская путешественница не была экзальтированной дамой, очарованной тайнами



*Р.С. Минвалеев (слева)
и А.И. Иванов
выполняют практику туммо
на Эльбрусе*



ГИПОТЕЗЫ



1
Изменения кожной и окружающей температуры и частоты сердечных сокращений до, во время и после практики медитации туммо у испытуемого Ven. J. T. (Г. Бенсон, 1981)

мерение температуры кожи в разных местах, а также ректальной температуры (в прямой кишке) — для оценки теплосодержания так называемого ядра тела. Замерялась и температура окружающей среды. Эта характеристика оказалась наиболее информативной («Nature», т.К295, с. 234, 21 января 1982). А именно: все опыты по изучению туммо были проведены при температуре от 16 до 23 градусов... тепла! И это не рождественская шутка, но самое что ни на есть серьезное изложение результатов измерений. И хотя исследования проводились в феврале 1981 года, во всех трех опытах монахи предпочли остаться в относительно теплых помещениях. Профессор Г.Бенсон не скрывает этот факт, предоставляя подробные температурные графики со всех отведений во всех трех опытах, но при этом никак не комментирует такое очевидное несоответствие (рис. 1).

В резюме сообщается только о том, что «эти монахи обладают способностью повышать температуру пальцев рук и ног более чем на 8,3°C». Найденный результат вполне укладывался в концепцию самого Г.Бенсона о «релаксационном ответе», который он описывает как «физиологическое состояние, противоположное стрессу», и претензий к монахам у авторов статьи, видимо, не возникло. Могут предположить: американские ученые не настаивали, а тибетские монахи подумали, что все в порядке. Ведь Г.Бенсон изучал самую что ни на есть Медитацию с большой буквы, которую монахи и продемонстрировали. И это все, конечно, ничего, недостает только одной несущественной мелочи: проверки на холодоустойчивость. Команда Г.Бенсона обнаружила всего лишь банальные результаты аутотренинга в комфортных условиях.

Тем не менее Г.Бенсон не остановился на достигнутом. В 2001 году он добился выделения от фонда семьи Гиннесов скромной суммы в один миллион двести пятьдесят ты-

Тибета. Помимо университетских курсов санскрита и истории Центральной Азии, она прослушала в Париже полный курс лекций выдающегося французского физиолога Клода Бернара, с которого и начинается современная физиология как объективная наука. Возможно, именно поэтому наблюдательная француженка не забывает отметить, что «Респа» — человек, всегда одетый в платье из легкой хлопчатобумажной ткани. При этом само собой разумеется, на нем может быть только один покров. Однако на Тибете нет недостатка в «респа», скрывающих под легкой хлопчатобумажной тканью теплую одежду. Эти обманщики либо настоящие мошенники, стремящиеся провести доверчивых простаков с корыстными целями, либо действительно изучавшие искусство туммо, но слишком недолго, чтобы приобрести прочные навыки». У нас еще будет возможность убедиться, насколько справедливо это наблюдение отважной путешественницы. Все остальные авторы, упоминавшие о практике туммо и респа, как правило, самих монахов непосредственно не наблюдали и в лучшем случае просто дают ссылку на описание Александры Давид-Неэль.

Многие отечественные читатели впервые познакомились с этим явлением, как и вообще с таинственным «учением йогов», в популярнейшем в свое время романе советского писателя-фантаста Ивана Ефремова «Лезвие бритвы». Вспомним также картину Николая Рериха «На вершинах» (в заставке статьи): обнаженный монах-отшельник, под которым тает снег.

Гарвардский проект

В 80-е годы XX века ассоциированный профессор Гарвардского университета Герберт Бенсон получает возможность всесторонне обследовать тибетских монахов, ныне живущих в предгорьях Гималаев. С благословения самого его святейства Далай-ламы и при поддержке ряда научных фондов Герберт Бенсон с сотрудниками отправляется в отдаленные монастыри для изучения монахов, практикующих туммо.

Найти их оказалось непросто. Мой опыт общения с тибетскими буддистами позволяет предположить, как проходили переговоры. Большинство монахов, с которыми контактировал Бенсон, рассказывали про туммо с неподдельным пиететом, делали акцент на том, что это, дескать, очень сложная медитация, требующая долгих лет обучения. Но заканчивали всегда одинаково: сами они этим не занимаются.

Пришлось вновь обратиться к Далай-ламе. В итоге были найдены трое монахов, по их словам, потративших более шести лет на освоение туммо. Они дали согласие на из-

саяч долларов для изучения необыкновенных способностей тибетцев согреваться на морозе без огня и одежды. Поступившие средства дали возможность привезти трех монахов, владеющих туммо, в поместье Гиннесов в Нормандии для непосредственного изучения их способности противостоять холоду. Произошло это в июле 2001 года. На месте выяснилось, что «владеющие туммо» тибетские монахи не готовы сразу продемонстрировать свои чудесные возможности и им потребуется минимум сто дней «для достижения полной медитативной способности». Все это время они жили в поместье Гиннесов вместе с командой Г. Бенсона, пока один из монахов не получил какую-то глазную инфекцию и не вышел из состава испытуемых. Наконец, в ноябре 2001 года ученые провели необходимые испытания холодоустойчивости (рис. 2). Насколько можно понять из данного фотодокумента и краткого сообщения в газете Гарвардского университета, «ученые получили ценные данные». Однако по личному признанию Бенсона, «комната была недостаточно холодной для проведения испытаний должным образом». Иными словами, через двадцать лет ученый повторил ту же ошибку, что и в гималайских исследованиях 1981 года, из чего следует, что миллион двести пятьдесят тысяч долларов были потрачены впустую – для науки, разумеется.

Что же дальше? Цитирую газету Гарвардского университета: «Его команда этой зимой попытается еще раз провести опыты с шестью монахами. Они начнут практику в конце лета и будут готовы в самое холодное время зимы». На этом доступные мне сведения о 20-летних исследованиях практики туммо группой профессора Бенсона заканчиваются.

Холодоустойчивость как она есть

Первый вопрос, ответ на который так и не был найден Бенсоном, вполне очевиден: а где она, эта пресловутая холодоустойчивость тибетских монахов? И если такие монахи существуют, то насколько их способности противостоять холоду превосходят возможности рядового европейца, который не практикует буддийскую медитацию?

Известно, что предельную холодоустойчивость изучали в 1942–1943 годах эсэсовские врачи под руководством Зигмунда Рашера в концлагере Дахау. В частности, предметом исследований была и актуальная для нацистов тема холодоустойчивости лиц разных национальностей. Насколько можно понять из доступных нам материалов об этих исследованиях, осужденных на Нюрнбергском процессе в числе прочих преступлений СС, наибольшую устойчивость к холоду проявили именно славянские военнопленные. Может быть, еще и по этой причине эксперименты по предельной холодоустойчивости (уже не преступные) нашли продолжение в СССР. К сожалению, большая часть этих работ засекречена, но даже мимолетное



*Алексей
Юрьевич
Катков*

Фото предоставил Ю. А. Беркович



*Борис Степанович
Коршунов*



2

Опыты Г. Бенсона по терморегуляции тибетских монахов

ознакомление с некоторыми из них заставляет позабыть о чудесах тибетских респа.

В 1978 году в журнале «Химия и жизнь» (№ 1) появляется статья кандидата медицинских наук Алексея Юрьевича Каткова «Голод против холода?», где автор – один из пионеров физиологического подхода к изучению йоги – приводит сводку исследований различных феноменов холодоустойчивости, упоминая и практику туммо. Позднее Алексей Катков провел на добровольцах и на самом себе такие исследования подобных явлений, перед которыми блекнут и подвиги тибетских йогов, и все чудеса морозостойкости из Книги рекордов Гиннеса.

Работая на военных и Главкосмос, незадолго до своей трагической гибели на Эльбрусе, А.Ю. Катков выполнил в Институте медико-биологических проблем (Москва) потрясающие эксперименты с участием добровольцев. Удивительные люди – «кролики», как они себя называли, а фактически – супермены советской эпохи, готовые подвергнуть себя испытаниям ради любопытства, смогли выдержать в климатической барокамере не то что предельные, а запредельные условия. Многие участники тех испытаний здравствуют и поныне. Один из них – Борис Коршунов (р. 1935), известный среди покорителей горных вершин как человек-легенда советского альпинизма, семикратный Снежный барс. Предоставим же ему слово:

«Много было исследований для выявления резервов человеческого организма. Расскажу об одном из экспериментов, который проводился в году в 1977 или 1978, точно не помню. Я был в той команде из шести испытуемых... Задача – проверить организм человека на выживаемость при крайне низкой температуре и большой высоте. Нас помещали в барокамеру (высота 7500 м) при температуре -60°C , голыми, на один час... Тепло одетая девушка-врач сидела с нами, фиксировала наши данные. Мы, голые, сидели в самолетных креслах, и при -60°C все волосы на теле, какой бы длины они ни были, вставали дыбом – понятно, что при этом у поверхности тела образовывался промежуточный слой с более высокой температурой. Тогда врач, которая за нами наблюдала, предложила: в камере включить вентилятор два метра в диаметре каждые десять минут для того, чтобы сдувать этот промежуточный слой. Надо сказать, что вот тогда нам пришлось очень тяжело при -60°C и при вентиляторе в течение часа...»

Это интервью появилось на одном из сайтов, посвященных истории российского альпинизма. Мы перепечатаем его почти полностью, поскольку все численные результаты этих уникальных экспериментов достались военным и вряд ли в ближайшее время станут открытыми. Тем не менее кое-что подсчитать возможно. В этом нам помогут уникальные разработки новосибирских теплофизиков: компьютерное моделирование системы термостабилизации человека проводила группа под руководством доктора технических наук Александра Васильевича Чичиндаева.

Как мы остываем?

Считается, что при низких температурах человеческое тело остывает так же, как любое неодушевленное физическое тело, то есть примерно как труп. (Дыхание уносит сравнительно мало тепла, и им можно пренебречь.) Теплоотдача обнаженного тела в состоянии относительного покоя сводится к теплопроводению (конвекции), испарению через потоотделение и тепловому излучению. Потоотделение на морозе останавливается, и потери тепла будут описываться суммой теплоотдачи с поверхности тела за счет конвекции и излучения. Иными словами, организм остывает, нагревая воздух за счет разности температуры между ним и телом, а также излучая тепло в инфракрасном диапазоне. Формулы для количественной оценки этих процессов хорошо известны. Потери тепла за счет проведения описывает закон охлаждения Ньютона: скорость охлаждения тела прямо пропорциональна площади поверхности этого тела и разнице температур тела и окружающей среды:

$$H = C \cdot S (T - T_b),$$

где H – скорость теплоотдачи в ккал/час, T – температура тела (37°C , или $273 + 37 = 310 \text{ K}$ – градусов Кельвина), T_b – температура окружающей среды ($273 - 60 = 213 \text{ K}$), S – площадь поверхности тела (для среднестатистического взрослого ее принимают за $1,8 \text{ m}^2$), C – коэффициент теплоотдачи (для тела человека это примерно 4 Вт/м^2). Теплоотдача конвекцией в таких условиях составит приблизительно 700 Вт , или 600 ккал/ч .

Теплопотери излучением вычисляются по закону Стефана–Больцмана:

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S (T_k^4 - T_b^4),$$

где P – теплота, теряемая человеком посредством излучения при взаимодействии с окружающей средой, T_k – средневзвешенная температура кожи, которую примем на нижнем пороге переносимости человеком в 20°C , σ – постоянная Стефана–Больцмана, равная $5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{K}^4$, ε – поправочный коэффициент для кожи белого человека, равный приблизительно $0,55$. Теплоотдача обнаженного человека излучением в течение часа при -60°C – примерно 300 Вт , или 250 ккал/ч .

Итого суммарные теплопотери обнаженного человека в рассматриваемых условиях составят около 1000 Вт , или 860 ккал/ч .

В большинстве учебников физиологии в этом разделе упоминают еще теплопотери на нагревание вдыхаемого воздуха. Однако точный расчет количества тепла, необходимого для этого, дает поразительно малые величины. Так, для нагрева $0,5 \text{ л}$ воздуха (средний объем вдоха), от -60°C до $+35^\circ\text{C}$ потребуется всего $0,015$ килокалорий. За час человек вдохнет примерно 500 л , затратив 15 ккал – полтора процента от суммарной теплоотдачи в 860 ккал/ч . Причина этого – чрезвычайно малая удельная теплоемкость воздуха: всего $0,241 \text{ ккал/кг} \cdot \text{K}$.

Как мы греемся?

Подсчитанные теплопотери должны быть скомпенсированы теплопродукцией, иначе наши герои просто не выжили бы. Согласно общепринятым представлениям, тепло производят все клетки организма, поскольку в них идут окислительные процессы. Считается также, что для поддержания постоянной температуры дополнительное тепло вырабатывается:

1) сокращениями скелетных мышц, как произвольными, так и непроизвольными, то есть холодной дрожью; сократительный термогенез порождает приблизительно 800 Вт ;



ГИПОТЕЗЫ

2) за счет усиления внутренних тепловыделений, не связанных с сокращениями мышц; несократительный термогенез дает примерно 400 Вт .

В некоторых монографиях утверждается, что несократительный термогенез, помимо тепловыделений во внутренних органах, включает в себя и неоощущаемую дрожь, то есть осуществляется в основном за счет тех же скелетных мышц. Эти способы должны компенсировать теплопотери обнаженного человека, чтобы не допустить охлаждения так называемого ядра тела ниже $+35^\circ\text{C}$.

Тогда сумма сократительного и несократительного термогенеза составит 1200 Вт (примерно 1000 ккал/ч), что ненамного превосходит теплоотдачу организма при температуре -60°C в течение одного часа.

Иными словами, при приближенных вычислениях все сходится с точностью до принятых допущений. Получается, что никакого чуда тибетские монахи не демонстрируют и адаптированный к холоду человек без всякой многолетней буддийской медитации может выдержать этот на первый взгляд убийственный холод.

Гвозди бы делать из этих людей...

А.Ю.Катков не остановился на достигнутом и незадолго до гибели значительно усложнил условия испытаний, сам став одним из добровольцев. К сожалению, у нас есть только непрофессиональное описание этих экспериментов в том же интервью Бориса Коршунова. Вот их краткое изложение.

В начале ноября испытатели взошли на Эльбрус практически без одежды (в болоньевых куртках) при ураганных ветрах со снегом, который пробивал палатку насквозь так, что за ночь она вся набивалась снегом. Всего провели две такие ночевки. Огонь использовать не разрешалось, сухие зерна овса (выданные в качестве сухого пайка и строго рассчитанные по величине физических нагрузок в килокалориях на двое суток) засыпали снегом в пластиковых коробках, которые держали в плавках, чтобы утром съесть оттаявшую и размокшую «кашу». Вечером надо было выпить сырое яйцо, которое на морозе превращалось в ледышку, и его приходилось полночи разогревать во рту.

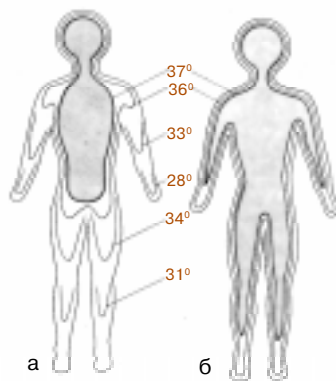
Если читатель думает, что здесь какое-то преувеличение, что это альпинистские байки, то могу вас заверить: на самом деле все было еще экстремальнее. Истинные мотивы этих самоотверженных людей кратко и точно выразил тот же Б.Коршунов: «Мне было крайне интересно, на какой скотине я езжу. Хотелось знать свою границу возможностей».

Количественная оценка теплопотерь при этом эксперименте практически невозможна, поскольку мы не располагаем какими-либо протоколами испытаний. Одно можно сказать совершенно точно: если бы их результаты были опубликованы, то многие положения современной физиологии терморегуляции пришлось бы пересмотреть. Но об этом чуть позже.

Почему оболочка не может согреть ядро

В 1850 году профессор Берлинского университета Рудольф Клаузиус формулирует один из фундаментальных законов природы: «Теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более теплому». Этот постулат, известный как второе начало термодинамики в изначальной формулировке Клаузиуса, игнорируется в большинстве работ по терморегуляции теплокровного организма. Дело в том, что повышенная температура у теплокровных животных постоянна только в «ядре» тела. (Именно поэтому таких животных правильнее называть гомойотермными – с постоянной температурой.) А ядро это окружено оболочкой периферических тканей, температура которых ниже и в большей степени зависит от окружающей среды, иными словами, на морозе остывает, как и у холоднокровных (пойкилотермных – с непостоянной температурой) животных. Деление тела на ядро и оболочку несколько грубовато, но очень полезно для некоторых качественных и количественных оценок механизмов терморегуляции. На рисунке 3 приведены изотермы, показывающие соотношение гомойотермного ядра тела с температурой 37°C и его пойкилотермной оболочки, температура которой меняется в зависимости от внешней температуры.

Легко видеть, что в условиях холода практически вся скелетная мускулатура находится в области с пониженной температурой, так что, согласно второму началу термодинамики, теплопередача может быть направлена только от ядра тела наружу, к мышцам, а от мышц – к «холодильнику», то есть во внешнюю среду. Из этого следует, что, сколько бы тепла мышцы ни производили, согреть внутренние



3
Температура различных областей тела человека в условиях холода (а) и тепла (б). Затемненная область – «ядро» тела

органы они смогут лишь при наличии теплоизоляционной наружной прослойки. Это может быть мех, шерсть или теплая одежда из той же шерсти или меха, создающие слой воздуха вокруг тела и возвращающие тепло в организм. Для обнаженного человека все тепло, производимое скелетными мышцами, будет уходить на обогрев окружающей среды, но не «ядра» тела.

Итак, сократительный термогенез в мышцах может быть сколько-нибудь эффективен только при наличии теплоизоляции. Именно поэтому известные канадские исследователи холодоустойчивости, Алан Бартон и Отто Эдхолм, авторы классического труда под названием «Человек в условиях холода», называют температуру окружающей среды всего в +2°C абсолютно смертельной для обнаженного человека.

Гомойотермия – это не только теплокровность

Самое интересное, что впервые способность изолированных мышц производить тепло была зафиксирована у лягушки – типичного холоднокровного животного, и до сих пор количественные соотношения между составляющими теплопродукции известны только для мышц земноводных. И хотя неясно, насколько они приложимы к теплокровным животным, в большинстве работ по физиологии терморегуляции подразумевается универсальность этих отношений.

Соответственно после того, как в 1949 году английский физиолог Арчибальд Вивиен Хилл (удостоенный в 1922 году Нобелевской премии «за открытия в области теплообразования в мышце») нашел, что теплопродукция одиночного сокращения портняжной мышцы лягушки составляет 3 мкал/г ($3 \cdot 10^{-3}$ кал/г), именно эта величина в научной литературе стала фигурировать как энергетическая константа одиночного мышечного сокращения, свойственная всем остальным животным, включая человека.

Однако способность мышц лягушки рассеивать энергию в виде тепла не делает ее теплокровным животным. Большинство летающих насекомых также способны производить достаточное количество тепла за счет сокращений летательных мышц. К примеру, шмель весной первым отправляется на сбор нектара, поскольку опухание на теле позволяет ему сохранять вырабатываемое летательными мышцами тепло. А бабочка ванесса, взмахивая крыльями, даже в прохладную погоду, при 10°C, за несколько минут умудряется согреться до 35°C, а во время полета ее температура достигает 37°C, как у теплокровных. Но насекомые не способны поддерживать постоянную температуру тела, что и называется гомойотермией.

Суть гомойотермии состоит не в том, что мышцы теплокровных животных производят больше тепла, чем у лягушки, а в принципиально иной схеме реагирования на изменения температуры окружающей среды. У холоднокровных животных при понижении внешней температуры обмен веществ падает, и активность животного уменьшается вплоть до полного анабиоза. Именно поэтому вы можете безбоязненно засунуть свою голову в пасть крокодилу при условии, что предварительно его часа три продержат в холодильнике. Но стоит только крокодилу отогреться, и он тут же оторвет вам голову.

Совсем иная реакция у теплокровных животных и человека: при повышении температуры среды обмен веществ у них должен снижаться, а при понижении температуры – наоборот, увеличиваться для выработки большего количества тепла. Вопрос только в источнике этого дополнительного тепла, который в большинстве работ по физиологии терморегуляции принято связывать с мышечным термогенезом, как сократительным, так и несократительным («неощущаемой дрожью»).

Как мы уже выяснили, это противоречит второму началу термодинамики. Мышечная и соединительнотканная оболочки принципиально не могут согревать ядро и в лучшем случае исполняют роль теплоизолятора. Для этого и предусмотрены сосудодвигательные реакции холодной адаптации, резко снижающие периферийное кровоснабжение, что в самом деле значительно снижает теплоотдачу. Но для обнаженного человека, выставленного на мороз с пронизывающим ветром, голая оболочка – явно плохой теплоизолятор. Если какой-то источник и может согреть «ядро» тела человека, то он должен находиться глубоко внутри. В качестве возможных органов внутренней теплопродукции часто называют печень, кишечник и бурый жир. Однако прикидочные расчеты доказывают: их недостаточно для покрытия теплопотерь обнаженного человека в условиях пронизывающего холода.

Так мало бурого жира

За последние 50 лет появилось много сообщений о чрезвычайно высокой терморегуляторной активности бурой жировой ткани. Она представляет собой разбросанные по организму скопления жировых клеток бурого цвета. В заметных количествах бурый жир встречается только у млекопитающих и, в отличие от обычного белого жира, который окисляется в печени, окисляет свои составные



части (жирные кислоты и глицерин) в собственной клетке, причем практически вся энергия окисления идет на образование тепла. Бурый цвет он имеет из-за обилия митохондрий, в которых и происходит интенсивное окисление жиров. Именно бурый жир позволяет животным плавать в холодных морях или выживать в условиях зимней спячки. Кроме того, большие скопления бурого жира спасают детенышей млекопитающих от переохлаждения вследствие резкой смены температур при рождении. Этот же механизм недрожательного термогенеза в бурой жировой ткани найден и у человеческих новорожденных. К сожалению, у взрослого человека относительная масса бурой жировой ткани составляет едва ли 1% от массы тела, и точный расчет максимально возможного вклада теплообразования в буром жире доказывает, что диффузия тепла от него сможет повысить температуру всего тела едва ли на 0,05°C (при условии предельно допустимой внутриклеточной температуры в 42°C). Очевидно, для человека бурый жир нельзя рассматривать как эффективный источник тепла при защите от холода. Запомним эту замечательную способность жиров служить субстратом для прямой теплопродукции у млекопитающих – скоро она нам пригодится.

Для полноты изложения рассмотрим еще печень, которой также приписывают значительный вклад в теплопродукцию. Однако ее относительная массовая доля ненамного превосходит количество бурого жира в организме человека: средняя масса печени в 1,5 кг составляет едва ли 2% от массы среднестатистического человека весом в 70 кг. И хотя температура в печени действительно на два-три градуса больше, но этим и ограничивается тепловой напор, необходимый для нагревания «ядра» тела. Слишком мала разница температур внутри и вне печени и слишком мала объемная скорость кровотока через нее. То же можно сказать и о теплопродукции в кишечнике. Приблизительные расчеты доказывают, что тепловыделения в одной только брюшной полости явно недостаточно для поддержания гомеотермии, особенно при -60°C.

А вместо легких – пламенный мотор

В 1960 году в издательстве Академии наук СССР вышла монография отечественного биофизика австрийского происхождения, старшего научного сотрудника Института биофизики АН СССР, Карла Сигизмундовича Тринчера под весьма замысловатым на первый взгляд заголовком «Теплообразовательная функция и щелочность реакции легочной ткани». Опасения автора, давшего своей книге несколько завуалированное название, были не беспочвенны. Хорошо известна роль дыхательных путей и легких в охлаждении перегретого собственным теплом гомеотермного организма. Ближайший пример: собака в жару часто дышит, высунув язык, что и спасает от перегрева одетое в шубу животное, лишённое потовых желез. Но вот участие легких в теплопродукции – явление, фактически открытое К.С.Тринчером, – физиологи игнорируют до сих пор.

Исследуя судьбу жиров, поступивших в организм теплокровных животных, К.С.Тринчер останавливается на давно известном факте: при прохождении крови через легкие, то есть в малом круге кровообращения, из нее извлекаются жиры. Это открытие сделали почти сто лет назад французские физиологи Л.Бине и М.Роже. С тех пор был накоплен огромный экспериментальный материал и уточнено, какие именно жиры, жирные кислоты и жиробразные вещества (включая холестерин) окисляются в легких. Заинтересованный читатель может прочесть об этом в заметке К.С.Тринчера «Мороз горячит кровь (тер-



мостатирующая функция легких)» в журнале «Химия и жизнь» (1973, № 1). Это была практически последняя попытка отчаявшегося ученого обратить внимание академической общественности на найденные им доказательства прямого неферментативного окисления жиров в легочных альвеолах. В последних работах на родном немецком языке, будучи уже профессором Венского университета, он называл это явление прямым словом Fettverbrennung – «сжигание жира». И в самом деле, как еще можно назвать окисление жиров внутри альвеолярного пузырька до углекислого газа и воды? Разумеется, многие вопросы пока остаются без ответа. Где именно происходит это «сжигание» жиров? Внутри альвеолярного пузырька или на границе фаз? Что «поджигает» эти жиры? Выражаясь академическим языком, здесь необходимы дополнительные исследования, которые тогда, в середине XX века, еще не имели соответствующего инструментального обеспечения, да и не были поддержаны большинством коллег К.С.Тринчера. Такое положение сохраняется до сих пор. Но не будем углубляться в академические споры, фактически похоронившие эти интереснейшие разработки, а просто попробуем разобраться.

И в самом деле, именно легкие, через которые за короткое время проходит вся масса циркулирующей крови, – наилучший претендент на роль подогревателя, поддерживающего температурный гомеостазис. В условиях жары легкие будут охлаждать кровь, а в условиях холода, наоборот, согревать ее. Существенное преимущество легких как главного органа теплопродукции состоит еще и в том, что в легочном пузырьке (внутри альвеолы) нет физико-химического запрета на превышение предельно допустимой температуры внутриклеточных окислений (не более 42°C – температуры сворачивания белка), прежде всего благодаря эффективному отводу тепла по малому кругу кровообращения. Аналогичным образом объясняется феномен «огнехотства»: нарушенный кровоток в стопе отводит тепло от раскаленных углей, не допуская теплового повреждения тканей. Именно поэтому, кстати, невозможно прожечь полиэтиленовый пакет, наполненный водой.

Тогда нагретая в легких кровь, как подогретый жидкий теплоноситель, подается в «оболочку» тела для ее немедленно разогрева, препятствуя преждевременному переохлаждению конечностей теплокровного животного. Другими словами, так реализуется гемодинамическая терморегуляция теплокровного организма. При этом мощность термогенеза в легких должна быть значительно выше, чем у сократительного и несократительного термогенеза.

А как же туммо?

Вот теперь мы можем вернуться к таинственной практике тибетских йогов. Именно эта нереспираторная (недыхательная) функция легких и позволяет нам свободно дышать на лютном морозе, поскольку холодный воздух согревается одновременно с кровью за счет внутрилегочного окисления жиров, выделяющих тепло, углекислый газ и воду, которую мы и видим на холоде в виде привычных клубов «пара».



5

Слева направо: Иванов А.И., Минвалеев Р.С., Архипова И.В.
Справа налево: Демин А.В., Васильев А.К.



ГИПОТЕЗЫ

Впрочем, наиболее существенный из научных результатов К.С.Тринчера состоит даже не в том, что он теоретически и экспериментально доказал факт неферментативного окисления жиров в легких, но в нахождении условий, вызывающих этот процесс. Обнаружив при острой кровопотере у экспериментальных животных повышение температуры внутри легких, К.С.Тринчер перечисляет и находит экспериментальные подтверждения прочих условий, при которых запускается внутрилегочный термогенез (рис.4).

В установлении такого рода закономерностей и заключается главная задача науки. Явления, на первый взгляд никак не связанные друг с другом, оказываются объединенными в одной новой, доселе неизвестной закономерности, в данном случае



4
Схема запуска внутрилегочного термогенеза по К.С. Тринчеру (1991)

описываемой всего одним словом – «гипоксемия», пониженное содержание кислорода в крови. Оно запускает термогенез в легких не только на холоде, когда гипоксемический сигнал порождается спазмом периферических сосудов, но и во время физической работы, когда мышцы, активно потребляющие кислород из крови, быстро создают все тот же самый гипоксемический сигнал, запускающий процесс теплопродукции в легких. Вот почему, разогретые до пота, мы скидываем одежду на морозе, чтобы удобнее было колоть дрова. На всякий случай повторим еще раз: мышечный (сократительный) термогенез, который считался ответственным за повышенную теплопродукцию во время интенсивной физической нагрузки, отправляет все вырабатываемое тепло на обогрев окружающего морозного воздуха, но никак не внутреннего «ядра» тела. А вот вызванный рабочей гипоксией термогенез в легких разогревает нас в любых условиях – и на холоде, и тем более в жару.

Туммо в режиме автоэксперимента

Теперь уже можно разобраться в таинственной практике туммо без привлечения тибетских учителей. Для решения этой задачи собрался неформальный научный коллектив (рис. 5). Развивая термодинамический подход К.С.Тринчера, питерский математик Анатолий Иванович Иванов из научной школы проф. Вл.И.Зубова создал термодинамическую модель легочного термогенеза. Из нее следует, что с понижением температуры окружающей среды температура в легких, как главный орган теплопродукции, может значительно возрасти. Физиолог Артем Валерьевич Демин, научный сотрудник московского Института медико-биологических проблем, ранее изучавший эффекты барсучьего жира и легочный термогенез при

пищевых нагрузках, на свои средства организовал переводы индийских и тибетских текстов закрытых традиций, посвященных йоге внутреннего огня. Переводы, выполненные востоковедом Алексеем Константиновичем Васильевым (биофизиком по первому образованию), позволили в деталях освоить набор физических и дыхательных упражнений, необходимых для значительного увеличения собственной теплопродукции.

В результате математик А.И.Иванов и автор этой статьи достигли такого управления собственной теплопродукцией, что 31 января 2007 года в Токосе под Санкт-Петербургом при температуре -20°C высушивали на себе мокрые простыни, повторив тибетские испытания на холодоустойчивость, описанные Александрой Давид-Неэль. Уникальный эксперимент зафиксировала на видео съемочная группа киностудии исторического фильма «Фараон» во главе с Ириной Владимировной Архиповой. Она же организовала две научно-исследовательские экспедиции в рамках авторского проекта «В поисках утраченных знаний», направленного на поддержку отечественной науки. Первая, посвященная памяти проф.Вл.И.Зубова, в июле 2007 года отправилась на Эльбрус, вторая – в мае 2008 года в Гималаи. Мы изучили, как высотная гипоксия и практика повышения теплопродукции влияют на липидный профиль крови. У всех испытуемых с подъемом на высоту, при постоянной практике повышения теплопродукции, снижался уровень атерогенных жиров и холестерина. Кроме того, у них резко уменьшалось содержание в крови главного стрессового гормона кортизола. Это подтверждает, что такой метод повышения холодоустойчивости не включает механизмы стрессовой адаптации.

На весну 2009 года запланирована очередная экспедиция в Гималаи, где мы надеемся найти хотя бы одного монаха, владеющего туммо, для проведения совместных испытаний. Мы все больше убеждаемся, что эта легендарная практика – не чудо, а выработанный веками метод противостояния холоду. Его вполне могут применять люди опасных профессий (военные, сотрудники МЧС, альпинисты) для значительного повышения холодоустойчивости. Да и лечебные эффекты почти забытых ныне горных санаториев в свете наших исследований приобретают весьма интересные перспективы для лечения и профилактики таких серьезных заболеваний, как атеросклероз и даже туберкулез. Об этом мечтал еще К.С.Тринчер, когда пытался достучаться до отечественных фтизиатров. Но это уже совсем другая история.

Что еще можно прочитать о терморегуляции и туммо:
Давид-Неэль А. Магия и тайна Тибета. Пер. с англ. В.Ковальчук. – К.: София, 2003; М.: София, 2003.

Барто А., Элхольм О. Человек в условиях холода. Пер. с англ. – М.: Издательство иностранной литературы, 1957.

Тринчер К.С. Теплообразовательная функция и щелочность реакции легочной ткани. – М.: Изд-во АН СССР, 1960.

Иванов А.И., Савельев Е.В. Математическая модель термогенной функции легких в условиях низких температур. Термодинамический подход // Спортивна медицина (Украина), 2008, № 1.