**Аннотация**

Несмотря на интенсивное исследование процесса терморегуляции теплокровного организма, многие вопросы теплового гомеостаза теплокровного организма остаются открытыми и сегодня. Особенно важной понять существования животных и человека в их термонейтральной зоне, так как человек и гомойотермные животные почти 90-95% всей жизни проводят в термонейтральной зоне. Нами открыт физиологический механизм, позволяющий теплокровному организму без энергетических затрат поддерживать на постоянном уровне температуру при изменении температуры среды в термонейтральной зоне.

Нами было выяснено, что температура тканей организма определяется не только процессами теплопродукции и теплоотдачи, но и процессами теплопереноса в самих тканей организма. У гомойотермного организма уже достаточно давно выделяют области ядра и оболочки. К тканям ядра относят внутренние области, а к оболочке периферийные ткани. Однако, по какому физиологическому свойству они отличаются не выяснено. Нами проведены тщательные исследования по выяснению процессов теплопереноса внутри тканей организма. Проведены исследования теплопереноса отдельными сосудами, как артериальными, так и венозными. Выяснено, что различные сосуды выполняют различную роль в теплопереносе. Артериальные сосуды радиусом больше чем 300 мкм выполняют в основном функцию теплопереноса. Кровь, проходя по этим артериальным сосудам, почти не изменяет свою температуру, происходит теплоперенос из одной области в другую с помощью крови. Артериальные сосуды радиусом от 50 до 300 выполняют роль главных теплообменников между кровью и окружающей их тканью Кровь проходя по эти сосудам интенсивно обменивается теплом с окружающей их тканью. Происходит изменение температуры крови при прохождении по эти сосудам. Сосуды радиусом меньшие, чем 50мкм выпадают из теплообмена. Артериальная кровь в них сравнивается с температурой окружающей ткани, и поэтому никакого теплообмена между кровью и тканью в этих сосудах нет. Важно отметить, что эти соотношения теплообмена в названных сосудах соответствуют только при нормальных условиях, когда организм находится в покое и не требуется ни усиление кровотоки ни ослабления в той или иной области тканей организма. При изменении скорости кровотока эти соотношении теплообмена крови в различных сосудах изменяются. При увеличении скорости кровотока становятся теплообменниками не только сосуды радиусом 50 мкм, но и более мелкие. В противном случае, при уменьшении скорости кровотока выпадают и из теплообмена и сосуды радиусом 60-70 мкм и т.д. При близительно такие соотношения теплообмена в между кровью и тканью существую не только в отдельных сосудах, но и при прохождении крови в сосудистом дереве. Более менее, аналогичные соотношения теплообмена крови и ткани наблюдаются, когда кровь проходит по венозным сосудам. Только в венозных сосудах в основном теплообменниками являются сосуды радиусом от 100 до 600мкм. В более мелких кровь уже течет с температурой равной температуре окружающей ткани и теплообмена между ними не существует. В более крупных сосудах кровь почти не изменяет свою температуру и поэтому эти сосуды выполняют функцию теплопереноса в организме. Также как и в артериальных сосудах, при изменении скорости кровотока изменяются соотношения теплообмена крови с тканью в различных венозных сосудах. При увеличении скорости кровотока более мелкие венулы становятся теплообменниками и при замедлении кровотока наоборот выпадают из теплообмена более крупные сосуды. Поэтому организм может включать и выключать из теплообмена ткани и крови различные звенья сосудов в разветвляющем сосудистом дереве.

Эти соотношения теплообмена ткани и крови протекающей в различных сосудах особенно важны, когда теплоперенос осуществляется в оболочке организма. Более того, эти соотношения влияют на теплоперенос в различных тканях организма. Впервые нами показано, что разделение тканей организма на ядро и оболочку имеет не удобное представление, а несет определенный физиологический смысл. В ядре организма превалирует процесс конвективного переноса тепла, за счет тока крови. Действительно, в тканях ядра циркулирует до 80% свей крови и сосудистое дерево очень разнообразно. В оболочке организма преобладает кондуктивный способ теплопереноса, за счет градиента температуры между двумя точками в тканях организма. То есть, несмотря на кровоток в тканях оболочки, распространение тепла осуществляется в основном кондуктивно. Такое явление обусловлено, во-первых, за счет того, что в норме кровоток в оболочке очень незначителен, а во-вторых, в оболочке залегают сосуды малого радиуса. Однако, изменяя скорость кровотока в тканях оболочки организм способен изменять способ теплопереноса. Там, где был кондуктивный теплоперенос при увеличении кровотока теплоперенос изменялся на конвективный и наоборот.

В экспериментах на кроликах было показано, что при изменении температуры среды даже в пределах термонейтральной зоны происходят изменения размеров ядра и оболочки. При увеличении температуры среды адекватно происходит и увеличение размеров ядра за счет тканей оболочки. При уменьшении температуры среды ядро наоборот сокращается. Однако, ректальная температура животного остается неизменной. Исследования на модели показали, что, если бы ядро не изменяло свои размеры, то увеличение температуры среды приводило бы к увеличению и температуры тканей ядра, а уменьшение - к уменьшению температуры тканей оболочки. Только изменением размеров ядра и оболочки организм способен поддерживать температуру ядра на постоянном уровне при изменении температуры среды в термонейтральной зоне без изменения процессов теплопродукции и теплоотдачи.

Этот механизм теплорегуляции у гомойотермных животных и человека позволяет объяснить ряд физиологических явлений в терморегуляции. Так, почему крупные животные имеют большую термонейтральную зону, а мелкие не большую? Исходя из выявленного физиологического механизма изменения размеров ядра и оболочки в термонейтральной зоне, это явление становится объяснимо. Нами показано, что ширина оболочки у крупных животных весом в 100 кг и больше очень значительна, а у мелких зверей наоборот незначительна. Так, у коровы массой 500 кг по нашим исследованиям ширина оболочки приблизительно раз в 10 больше чем ширина оболочки у таких мелких животных как мышь или крыса. Исходя из этих данных, возможность расширения ядра за счет тканей оболочки у крупных животных гораздо больше. То есть небольшое увеличение температуры среды в термонейтральной зоне приводит к расширению ядра у крупных и мелких животных. Далее, при увеличении температуры у крупных животных ядро может еще расширяться за счет оболочки, а у мелких нет. Поэтому мелкие животные должны уже включать затратные механизмы в виде изменения теплопродукции или теплоотдачи (дрожжи или потения или принимать соответствующие позы для охлаждения и т.д.).

Животным в процессе жизнедеятельности часто приходится изменять среды с различной температурой, однако температура тканей ядра не изменяется. Если бы существовали только традиционные, крайне инерционные процессы теплопродукции и теплоотдачи, то при быстрых изменениях температуры среды, в которых постоянно находятся теплокровные организмы, температура тканей их необходимо изменялась бы. Только быстрые процессы изменения размеров ядра и оболочки способны достаточно быстро поддерживать тепловой гомеостаз организма (конечно в пределах термонейтральной зоны организма). Сами процессы изменения размеров ядра и оболочки обусловлены изменением кровотока в тканях оболочки, а кровоток, во первых, зависит от самого организма, во-вторых, достаточно быстро способен изменяться для поддержания теплового гомеостаза организма.

Конечно, механизм изменения размеров ядра и оболочки работает и для поддержания теплового гомеостаза в организме человека. Проведенные экспериментальные и теоретические исследования подтвердили наличие этого механизма при изменении температуры среды в термонейтральной зоне. Тщательные исследования на модели человека, состоящей из 14 цилиндров, показало большую роль кровотока в поддержании постоянства температуры в тканях ядра организма. Оказывается даже в термонейтральной зоне для теплового гомеостаза у человека в ТНЗ необходимо интенсивный кровоток. При оптимальной температуре среды для человека по нашим и литературным экспериментальным данным температура поверхности головы и туловища составляет около 35°С, а конечностей около 30-33°С. Однако, если учитывать теплопродукцию тканей мозга и туловища, то температура поверхности этих областей должна составлять около 40°С, а исходя из теплопродукции тканей конечностей, температура поверхности их должна 25-27°. Всё встаёт на свои места только, если учитывать влияние кровотока. Когда из метаболически активных областей (головы и туловища) часть тепла переносится в конечности. Сам механизм изменения размеров ядра и оболочки необходим для поддержания температуры тканей ядра при изменении температуры среды даже в теомонейтральной зоне, иначе тепловой гомеостаз тканей ядра изменяется.

В настоящее время существует ряд схем объясняющие процессы включения энергозависимых механизмов терморегуляции в виде дрожжи, потения, учащенного дыхания и т.д. в результате которых поддерживается тепловой гомеостаз в широком диапазоне внешних температур. Одна из гипотез заключается в том, что, как и во многих инженерных физических системах, существует стабильный опорный сигнал, с которым сравнивается сигнал, представляющий температуру тела. Однако, сигнал внутри организма ни в одном эксперименте так и не был найден. Существует гипотеза срабатывания терморегуляционных реакций благодаря работы петель. Когда определенные афферентные сигналы через ЦНС через эффекторные пути уже действуют на сами эффекторы. В этой гипотезе все же только косвенно учитывается внутренняя температура, а терморегуляция и существует для поддержания стабильной температуры тканей ядра. Далее эта концепция терморегуляции вовсе не учитывает экспериментально доказанное существование термонейтральной зоны.

Исходя из открытого физиологического механизма поддержания температуры тела в термонейтральной зоне, естественным образом следует схема включения энергозависимых терморегуляционных процессов. Когда температура среды повышается и превышает максимальное значение из термонейтральной зоны организма, то организм включает энергозависимые процессы терморегуляции в виде пота или других. В этом случае физиологически происходит максимальное расширение ядра и снижение градиента температуры между ядром и оболочкой, за счет увеличения температуры кожи и температуры тканей оболочки. В настоящее время термочувтвительность нервных клеток в оболочке и в кожи выяснена на молекулярном уровне, поэтому такое повышение температур в оболочке может быть сигналом для терморегуляционной реакции. При снижении температуры среды ниже минимально возможного уровня из термонейтральной зоны происходит энергозавимая терморегуляционная реакция организма в виде дрожжи или др. В этом случае ядро организма сокращается , уменьшается градиент температуры между ядром и кожей, а также снижается и температура тканей оболочки, что фиксируется организмом и происходит эффекторный тепловой ответ в виде дрожи или др.

**Научная новизна.** Открыт новый физиологический механизм поддержания теплового гомеостазиса гомойотермных организмов в их термонейтральной зоне. Экспериментально и теоретически доказано, что с помощью механизма динамического изменения размеров ядра и оболочки у гомойотермных животных и человека возможно поддержание теплового гомеостазиса тела при колебаниях температуры среды в пределах термонейтральной зоны (без изменения величин теплопродукции и теплоотдачи).

Впервые показано, что теплоперенос в ядре организма гомойотермных животных, где существует интенсивный кровоток и большое разнообразие сосудистого русла, осуществляется в основном конвективно, а в оболочке, несмотря на кровоток, кондуктивно ( за счет передачи тепла от одной точки до другой).

Установлено, что различные по размеру артериальные и венозные сосуды выполняют различные функции в теплообмене крови и окружающей их ткани. Крупные сосуды в основном выполняют функцию переноса тепла из одной области в другую, более мелкие сосуды служат теплообменниками, а в прекапиллярах и капиллярах температура крови сравнивается с температурой окружающей ткани и не являются теплообменниками.

Выявлена зависимость между величиной термонейтральной зоны и массой животного. На основании полученных экспериментальных и расчетных данных разработана тепловая модель человека с учетом теплопереноса внутри тканей организма. На данной модели человека количественно рассчитано изменение размеров ядра и оболочки в различных частях тела при изменении температуры среды в пределах термонейтральной зоны. Полученные результаты позволили сформулировать новый фундаментальный принцип терморегуляции организма гомойотермных животных, основанный на механизме изменения размеров ядра и оболочки у гомойотермных животных и человека.

**Научно-практическая значимость работы.** Открытие нового физиологического механизма поддержания температуры тела в пределах термонейтральной зоны имеет фундаментальное значение для понимания процессов терморегуляции организма. С помощью механизма динамического изменения размеров ядра и оболочки у гомойотермных животных и человека (своего рода теплового контура) возможно поддержание теплового гомеостазиса тела при колебаниях температуры среды в пределах термонейтральной зоны (без изменения величин теплопродукции и теплоотдачи). Выяснение специфических физиологических механизмов терморегуляции в пределах термонейтральной зоны имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Например, известно, что продуктивность сельскохозяйственных животных в термонейтральной зоне максимальна (Hey, 1975; Attia et al., 1987), а в границах термонейтральной зоны функционирование терморегуляторной и других физиологических систем организма осуществляется с минимальными энергетическими затратами. Следовательно, поддержание теплового гомеостазиса в термонейтральной зоне является благоприятным фактором для оптимальной жизнедеятельности человека и продуктивности сельскохозяйственных животных. Исследование ресурсов мирового океана связано с глубоководными погружениями человека. В гипербарической среде сохранение теплового гомеостазиса человек претерпевает существенные изменения по сравнению с нормальными физиологическими условиями. В настоящее время, когда подводные погружения становятся все более глубокими, влияние холода на жизнедеятельность человека может стать критическим фактором. Полученные в работе количественные данные о сужении термонейтральной зоны животных с увеличением внешнего давления могут внести ценный вклад в разработку тепловых режимов подводников (военнослужащих, водолазов, спортсменов).

Большое теоретическое и практическое значение имеет и разработанный автором принцип динамической терморегуляции организма на основе изменений градиента температуры между ядром и оболочкой. Этот принцип имеет фундаментальное физиологическое значение, поскольку определяет, когда и посредством каких механизмов осуществляется теплорегуляция.