

И. И. ХРЕНОВ

АНАЛИЗ ВОЗРАСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ГАЗООБМЕНА У ЛЮДЕЙ

(Представлено академиком Л. А. Орбели 14 VI 1947)

Принцип Геринга (2), положенный в основу почти всех современных методов определения времени кругооборота крови по телу, и принцип Фикка (4), на котором базируется большинство способов оценки объемной скорости кровотока, создали эпоху в изучении гемодинамики, вызвав много исследований. Эти исследования касались по преимуществу изучения уже сложившихся функций взрослого организма. Они производились главным образом медиками с целью раскрытия механизма тех или иных патологических нарушений кровообращения. Та же тенденция, может быть, в несколько меньшей степени, присуща и исследованиям газообмена.

Нами поставлена задача возрастной сравнительной видовой оценки кровообращения и газообмена в нормальных условиях на фоне различных эколого-географических воздействий. В этом сообщении делается попытка возрастного анализа кровообращения и газообмена у людей по материалам исследований, проведенных нами за последние десять лет в ряде лабораторий.

Для оценки газообмена определялось потребление кислорода, выделение углекислоты, вентиляция легких, частота и глубина дыхания и дыхательный коэффициент. На основе этих данных подсчитывались энергетические затраты и отношение некоторых показателей к весу тела.

Для изучения кровообращения измерялись по разработанной нами (5) методике минутный и систолический объемы сердца и артерио-венозная разность кислорода, а также соотношения этих показателей с весом тела.

В статье использованы материалы неоднократных обследований 334 человек обоего пола, в возрасте от 10 до 70 лет. Определение показателей газообмена и кровообращения производилось одновременно, в состоянии покоя и натощак.

Результаты исследований выявляют закономерные изменения газообмена и кровообращения в связи с возрастом. На эти изменения накладывают свой отпечаток пол и вес тела.

Наиболее характерны и рельефны изменения минутного объема сердца, являющегося основным и наиболее непосредственным показателем гемодинамики. Абсолютная величина минутного объема сердца у десятилетних детей лишь немного менее по сравнению со взрослыми и составляет в среднем около 3,5—4 л. Быстро нарастая, она к 14—15-летнему возрасту достигает 5—6 л. К 16—17-летнему возрасту минутный объем сердца вновь падает до 4—4,5 л. Эта вели-

чина у здоровых людей в базальных условиях поддерживается на протяжении всей последующей жизни без значительных стойких изменений.

Сравнительная оценка гемодинамики дается нами в форме показателя интенсивности кровообращения, выражаемого количеством крови, протекающей в одну минуту через один килограмм тела. Относительность этой величины очевидна ввиду того, что неодинакова васкуляризация костной, мышечной, жировой и других тканей. Тем не менее, этот показатель представляет собою известное и довольно значительное приближение к качественной характеристике гемодинамики.

Интенсивность кровообращения по сравнению с минутным объемом сердца значительно рельефнее выявляет индивидуальные колебания и возрастную динамику кровообращения. В наивысшей точке вторичного подъема, в возрасте 14—15 лет, интенсивность кровообращения в 2,5—3 раза больше, чем у взрослых. Этот анализ указывает, таким образом, на постепенное ослабление интенсивности кровообращения с возрастом. В детстве это падение идет быстрее, чем во взрослом состоянии.

Установлено также постепенное падение интенсивности кровообращения с нарастанием веса тела (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость интенсивности кровообращения от веса тела
(в см³ на 1 кг веса тела)

Группы испытуемых	Вес тела в кг							
	< 30	40	50	60	70	80	90	100
Мальчики	164	137	111	82	70	—	—	—
Девочки	140	112	96	65	—	—	—	—
Мужчины	—	—	84	77	69	61	56	50
Женщины	—	102	87	75	60	58	55	—

По приведенным в табл. 1 данным видны также половые и возрастные различия в интенсивности кровообращения. Девочки по сравнению с мальчиками того же веса имеют меньшую интенсивность кровообращения, а мужчины и женщины по этому показателю заметно не отличаются друг от друга.

Аналогично изменяется с возрастом и величина систолического объема сердца с той лишь разницей, что у детей в соответствии с меньшей величиной сердца она значительно меньше, чем у взрослых. Малая величина систолического объема сердца у детей компенсируется большей частотой пульса, обуславливающей больший минутный объем. По мере роста сердца и увеличения его систолического объема частота пульса с возрастом уменьшается.

Морфологи обычно оценивают мощность сердца отношением его веса к весу тела. Нам думается, что для физиолога при оценке мощности сердца окажется полезным отношение объема систолы к весу тела. Эту величину мы выразили в куб. см и назвали «относительной мощностью сердца».

Относительная мощность сердца с возрастом по мере развития сердца несколько увеличивается, а к старости вновь уменьшается.

Особенно велика зависимость этой величины от веса тела, а у детей и от пола (табл. 2).

Относительная мощность сердца сильно изменяется в связи с физиологическими (физическая тренировка) и патологическими (сердечная слабость) состояниями организма и, повидимому, может быть использована в качестве диагностического показателя, особенно при врачебном контроле.

Не останавливаясь на описании результатов, полученных при исследовании возрастной динамики газообмена и дыхания, укажем лишь, что изменения этих функций подобны изменениям гемодинамики.

Обнаруженные закономерности требуют объяснения, для которого, к сожалению, мы пока не имеем достаточных данных. Постепенное

Таблица 2

Зависимость относительной мощности сердца
от веса тела
(сistol. объем в см³ на 1 кг веса тела)

Группы испытуемых	В е с т е л а в к г							
	< 30	40	50	60	70	80	90	100
Мальчики	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	—	—	—
Девочки	1,6	1,4	1,1	1,0	—	—	—	—
Мужчины	—	—	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
Женщины	—	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	—

уменьшение с возрастом интенсивности кровообращения и газообмена, подтвержденное рядом авторов (Гаррис и Бенедикт и др.), легче всего объяснить процессом старения организма.

Колебания гемодинамики в детском возрасте объясняются нами приспособлением организма к более экономному расходованию своих сил. Вероятность этой гипотезы косвенно подтверждается постепенным развитием регуляции функций (1).

Вторая закономерность — уменьшение интенсивности кровообращения и газообмена в связи с нарастанием веса тела — может быть объяснена тем, что нарастание веса у одного человека по сравнению с другим человеком того же пола и возраста, особенно у взрослых, происходит главным образом за счет жировой, как известно, менее васкуляризованной и относительно более инертной ткани.

С этой же точки зрения можно объяснить и изменения относительной мощности сердца.

Явление вторичного подъема интенсивности кровообращения и газообмена нашло себе подтверждение в наших еще не опубликованных опытах на собаках.

В медицинской практике давно отмечается уязвимость детского сердца в 14—15 лет. Объяснению этому явлению следует, видимо, искать в гормональной перестройке организма, которой сопровождается период наступления половой зрелости.

Выводы. 1. Интенсивность кровообращения и газообмена у людей уменьшается с возрастом и особенно с нарастанием веса тела. Уменьшение обеих функций происходит довольно согласно.

2. На фоне постепенного уменьшения интенсивности кровообращения и газообмена у детей имеет место вторичный подъем, с максимумом

мом в возрасте 14—15 лет, и последующее падение, заканчивающееся к 16—17 годам.

3. Отмечено также значительное преобладание интенсивности кровообращения и относительной мощности сердца у мальчиков по сравнению с девочками того же веса.

4. Показатели интенсивности кровообращения и газообмена, а также относительной мощности сердца и относительной емкости легких могут быть использованы для сравнительной возрастной, видовой, половой и индивидуальной оценки организмов.

Институт биологии
Уральского филиала
Академии Наук СССР

Поступило
14 VI 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. А. Аршавский, Нервная регуляция деятельности сердечно-сосудистой системы в онтогенезе, 1936. ² E. Hering, Z. f. Physiol., 3, 85 (1828). ³ И. Т. Теплов, Скорость кровообращения у человека в нормальных и патологических условиях, Л., 1941. ⁴ A. Fick, Pflüg. Arch., 30 (1883). ⁵ И. И. Хренов, Арх. биол. наук, № 10 (1940). ⁶ И. И. Хренов, Сборн. тр. Ин-та биологии Уральского филиала АН СССР, в. 1 (1946).