

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.172.2:612.014.43

DOI: 10.26456/vtbio456

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОБЫ С РЕРЕСПИРАЦИЕЙ И ЛОКАЛЬНОЙ ХОЛОДОВОЙ ПРОБЫ У ЛИЦ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА РАЗНОГО ПОЛА*

Ю.Г. Солонин, И.О. Гарнов, А.Б. Байрхаев, Е.Р. Бойко

Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

В литературе имеется много информации о проведении проб с ререспирацией и локальной холодной пробы у студентов, спортсменов, военнослужащих и жителей разных широт. Большинство исследований охватывает мужские контингенты. Цель работы - изучить влияние проб с ререспирацией и локальной холодной пробы у юношей и девушек и сравнить их между собой. У 34 юношей и 11 девушек проведены морфофункциональные измерения и физиологические исследования показателей кровообращения, дыхания и терморегуляции в покое и при одновременном проведении трехминутной пробы с ререспирацией и локальной холодной пробы при опускании правой кисти в воду с температурой +4°C. У юношей по сравнению с девушками статистически значимо больше рост и масса тела, ИМТ, но меньше процент жира. После проведения проб у юношей статистически значимо увеличились ЧСС, САД, ДД, ПД, ДП, содержание углекислоты в выдыхаемом воздухе, но уменьшились насыщение крови кислородом, содержание кислорода в выдыхаемом воздухе, температура пальца и правой (контактной) кисти. У девушек статистически значимо возросли САД, ДД, ДП, содержание углекислоты в выдыхаемом воздухе, но снизились насыщение крови кислородом, содержание кислорода в выдыхаемом воздухе, температура пальца и кисти на правой (контактной) руке. При сравнении реакции на пробы у сопоставляемых выборок обнаружено, что у юношей статистически значимо выше САД, ПД, ДП, содержание кислорода в выдыхаемом воздухе, температура пальца левой (интактной) кисти и ИГУ, но у них ниже, чем у девушек, ДД, содержание углекислоты в выдыхаемом воздухе. Таким образом, организм юношей и девушек на трехминутные пробы с ререспирацией и локальным охлаждением реагирует большим напряжением кровообращения, легочного газообмена и терморегуляции контактной (охлаждаемой) кисти. У юношей статистически значимо реагируют такие показатели гемодинамики как ЧСС и ДП, но при этом гипоксическая устойчивость выше у юношей, чем у девушек.

***Ключевые слова:** юноши, девушки, проба с ререспирацией, локальная холодная проба, кровообращение, легочной газообмен, температура кистей.*

*Работа выполнена в рамках темы НИР Института физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН FUUU-2022-0063 (регистрационный номер 1021051201877-3).

Введение. В последние годы активизировались работы по изучению переносимости гипоксии и гиперкапнии человека, проживающего или проходящего военную службу в условиях Севера (Диверт и др., 2015; Максимов, Аверьянова, 2017; Аверьянова, 2019; Максимов, Борисенко. Романов, 2019; Аверьянова, Максимов, 2021; Мызников и др., 2022; Аверьянова, Вдовенко, 2023; Максимов, Борисенко, 2024) и влияния тренировки гипоксической устойчивости с помощью ререспирации (Самойлов и др., 2017; Королев и др., 2018; Малеев, 2019; Романов и др., 2020; Струганов и др., 2021).

Для оценки терморегуляции и температурной реакции на холод у здоровых людей в литературе стали широко применять локальное охлаждение отдельных участков тела (Коробицына, 2017). При этом чаще изучаются локальные и общие сосудистые реакции) и реже температурные реакции на коже (Максимов, Максимова и др., 2016; Геда и др., 2013; Кожевникова и др., 2021; Медведев, Соколова, 2022; Солонин, 2025).

В последнее время группой А.Л. Максимова для диагностики и тренировки стали применяться одновременно пробы с ререспирацией и локальная холодовая проба (Максимов и др., 2015). Уместно будет назвать это тестом Максимова. Это важно как для теории экологической физиологии, так и для повышения адаптации человека к работе и службе в высоких широтах. При этом абсолютное большинство работ касается лиц мужского пола. Практически отсутствуют исследования женщин. Очень важно знать, как женский организм переносит такие весьма суровые для человека испытания.

Целью настоящей работы было изучить влияние проб с ререспирацией и локальной холодовой пробы у юношей и девушек и сравнить их между собой.

Материалы и методы. Исследование проводилось в сентябре в первой половине дня в лаборатории Института физиологии в комфортных условиях микроклимата. Были обследованы 34 юноши и 11 девушек из студенческого контингента в возрасте от 17 до 22 лет. Девушки были обследованы в наиболее работоспособные периоды – постменструальный и постовариальный фазы цикла.

Все проводимые процедуры соответствовали принципам биомедицинской этики, изложенные в Хельсинской декларации 1964 г. и последующих поправках к ней. Исследование также было одобрено локальным комитетом по биоэтике Института физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, протокол № 3 от 28.12.2023 г. От всех испытуемых было получено добровольное информированное согласие.

Морфофункциональные показатели (рост, масса тела, ИМТ, масса жира) определялись аспирантом Бушмановой Е.А. с помощью

анализатора состава тела ACCUNIQ BC380 (Южная Корея). Систолическое артериальное давление (САД) и диастолическое давление (ДД), а также частоту сердечных сокращений (ЧСС) измеряли электронным прибором модели UA-767 (Япония). Рассчитывали пульсовое давление (ПД) и двойное произведение ($ДП = ЧСС \times САД / 100$) по Робинсону. Насыщение крови кислородом (сатурацию крови) определяли пульс-оксиметром «MD300C 12» («CHOICEMMED», Китай). Содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе измеряли прибором «Карбоник» (Россия).

Для дыхания в замкнутом пространстве без поглощения углекислого газа использовались специальные пластиковые мешки емкостью около 20 л., имеющие загубник. Перед началом гипоксической пробы испытуемые три раза делали глубокий вдох воздуха через нос и выдох через рот в мешок, после чего на нос устанавливался зажим и в течение трех минут продолжалось дыхание ртом только из мешка (ререспирация). Одновременно выполнялась и холодовая проба.

Локальную холодовую пробу проводили на правой руке, опуская полностью кисть на три минуты в воду с температурой $+4^{\circ} \text{C}$, которая контролировалась плавающим термометром. До охлаждения (фон) и по окончании холодового теста (кисть осушали полотенцем) измеряли температуру на тыльной части концевой фаланги среднего пальца (температура пальца) и температуру тыла кисти в районе 3-й пястной кости (температура кисти) бесконтактным инфракрасным термометром модели F01 (точность измерения $\pm 0,1^{\circ} \text{C}$). На другой (интактной) кисти проводили запись температурного профиля с помощью тепловизора C640PRO (Китай) как в фоне, так и сразу после холодовой пробы.

Индекс гипоксической устойчивости (ИГУ) определяли по формуле, предложенной А.Л. Максимовым (Максимов, Борисенко, 2024).

Полученные материалы статистически обработаны с помощью программ Statistica 6.0 и Biostat 4.03 с проверкой вариационных рядов на характер распределения (по критерию Шапиро-Уилка). Для большинства показателей с нормальным распределением приведены средние арифметические значения с их ошибками ($M \pm m$).

Результаты. Сопоставляемые выборки юношей и девушек близки по возрасту, но различаются по антропометрическим показателям и составу тела (таблица). У юношей по сравнению с девушками статистически значимо больше рост и масса тела, ИМТ, но меньше процент жира.

Таблица

Результаты пробы с ререспирацией и холодовой пробы у лиц
юношеского возраста разного пола ($M \pm m$)

Показатели	Юноши (n=34)	Девушки (n=11)	Уровень значимости, Р
Возраст, лет	18,9 $\pm$ 0,34	20,0 $\pm$ 0,63	С.н.
Рост, см	172,5 $\pm$ 2,3	161,3 $\pm$ 2,0	<0,001
Масса тела, кг	72,2 $\pm$ 3,4	53,8 $\pm$ 2,0	<0,001
ИМТ, кг/м ²	22,8 $\pm$ 0,39	20,6 $\pm$ 0,51	<0,05
Масса жира, %	10,6 $\pm$ 0,19	22,1 $\pm$ 0,9	<0,001
Исходные данные (фон)			
ЧСС, уд/мин	67 $\pm$ 1,9	77 $\pm$ 1,9	<0,001
САД, мм рт.ст.	118 $\pm$ 2,0	110 $\pm$ 2,7	<0,01
ДД, мм рт.ст.	64 $\pm$ 1,1	74 $\pm$ 1,8	<0,001
ПД, мм рт.ст.	54 $\pm$ 0,9	36 $\pm$ 1,0	<0,001
ДП Робинсона, усл.ед.	79 $\pm$ 1,4	85 $\pm$ 2,4	<0,05
Насыщение крови кислородом, %	98 $\pm$ 1,6	98 $\pm$ 2,4	С.н.
Кислород в выдыхаемом воздухе, %	16,8 $\pm$ 0,28	16,8 $\pm$ 0,42	С.н.
Углекислый газ в выдыхаемом воздухе, %	3,5 $\pm$ 0,06	3,5 $\pm$ 0,08	С.н.
Температура пальца правой кисти, °С	27,3 $\pm$ 0,49	28,0 $\pm$ 0,8	С.н.
Температура пальца левой кисти, °С	32,4 $\pm$ 0,28	31,2 $\pm$ 0,95	С.н.
Температура правой кисти, ° С	31,4 $\pm$ 0,57	30,0 $\pm$ 0,85	С.н.
Температура левой кисти, °С	33,4 $\pm$ 0,52	31,6 $\pm$ 0,68	С.н.
Данные после проб			
ЧСС, уд/мин	77 $\pm$ 1,3 ***	74 $\pm$ 1,8	
САД, мм рт.ст.	129 $\pm$ 2,2 **	119 $\pm$ 2,9 *	<0,01
ДД, мм рт.ст.	67 $\pm$ 1,1 *	79 $\pm$ 1,9 *	<0,001
ПД, мм рт.ст.	62 $\pm$ 1,1***	40 $\pm$ 1,1 *	<0,001
ДП Робинсона, усл.ед.	99 $\pm$ 1,8 ***	88 $\pm$ 2,5	<0,001
Насыщение крови кислородом, %	93 $\pm$ 1,6 **	90 $\pm$ 2,2*	С.н.
Кислород в выдыхаемом	11,0 $\pm$ 0,18 **	9,0 $\pm$ 0,22 **	<0,01

воздухе, %			
Углекислый газ в выдыхаемом воздухе, %	8,2 ± 0,14 ***	8,9 ± 0,22 *	<0,05
Температура пальца правой кисти, °С	12,5 ± 0,22 **	13,2 ± 0,37 ***	С.н.
Температура пальца левой кисти, °С	31,8 ± 0,9	29,3 ± 0,63	<0,05
Температура правой кисти, °С	16,5 ± 0,30 ***	15,7 ± 0,44 ***	С.н.
Температура левой кисти, °С	31,9 ± 1,3	30,7 ± 0,47	С.н.
Индекс гипоксической устойчивости, усл. ед.	1,235 ± 0,02	1,04 ± 0,02	<0,001

Примечание: звездочками обозначены статистически значимые различия показателей под влиянием проб: * при $P < 0,05$; ** при $P < 0,01$; *** при $P < 0,001$. С.н. означает отсутствие статистической значимости различий между группами.

До проведения проб (фон) в группах есть различия по некоторым физиологическим показателям. У юношей статистически значимо выше САД и ПД, но ниже ЧСС, ДД, ДП. Нет заметной разницы у юношей и девушек по насыщению крови кислородом, содержанию кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе и температурным показателям на обеих кистях.

Проведение проб с ререспирацией и холодовой существенно повлияло на организм в обеих группах. У юношей статистически значимо увеличились ЧСС, САД, ДД, ПД, ДП, содержание углекислоты в выдыхаемом воздухе, но уменьшились насыщение крови кислородом, содержание кислорода в выдыхаемом воздухе, температура кожи пальца и самой правой (контактной) кисти. Мало изменились температура кожи пальца и самой левой (интактной) кисти.

У девушек статистически значимо возросли САД, ДД, ПД, содержание углекислоты в выдыхаемом воздухе, но снизились насыщение крови кислородом, содержание кислорода в выдыхаемом воздухе, температура кожи пальца и самой кисти на (контактной) руке. Девушки практически не отреагировали на пробы такими показателями как ЧСС, ДП, температуры на интактной кисти.

При сравнении реакции на пробы у сопоставляемых выборок обнаруживается, что у юношей статистически значимо выше САД, ПД, ДП, содержание кислорода в выдыхаемом воздухе, температура пальца левой (интактной) кисти и ИГУ. Но у них ниже, чем у девушек, ДД, содержание углекислоты в выдыхаемом воздухе.

По значениям ЧСС, насыщению крови кислородом, температурам пальца левой кисти (интактной) и температуре пальца и

самой правой (контактной) кисти между группами нет существенных различий.

Обсуждение результатов. По полученным нами ранее данным обследования женщин другой спортивной специализации (Солонин, 2025) на правой (контактной) руке на пальце температура была 28, на кисти 30 градусов, а после пробы 13,2 и 15,7 градусов, что очень близко к результатам у наших девушек. Что касается температуры интактной кисти, то у северянок студенток (Медведев, Соколова, 2022) она была на уровне 30,8 градусов (у наших 31,2), а после пробы 32,2 (у наших 30,7), т.е. в фоне они были близки, но после пробы у северянок повысилась, а у наших девушек понизилась. Это могло быть вызвано тем, что у авторов из Архангельска была более слабая холодовая проба (1 минута при 6 градусах).

У других студентов Арктического вуза (Кожевникова и др., 2021) температура охлаждаемой кисти была в фоне 32,7 (у наших 31,4), но после пробы снизилась только до 22,9 градусов, а у наших до 16,5 градусов, что несомненно связано с менее действенной холодовой пробой (1 минута при 2 градусах).

Заклучение. Организм юношей и девушек реагирует на одновременные трехминутные пробы с ререспирацией и локальную холодовую пробу с охлаждением правой кисти водой с температурой +4°C большим напряжением показателей кровообращения (САД, ДД и ПД), легочного газообмена (содержание в выдыхаемом воздухе кислорода и углекислоты и насыщение крови кислородом) и терморегуляции (резкое снижение температуры охлаждаемой кисти). У юношей статистически значимо реагируют такие показатели гемодинамики как ЧСС и ДП, но при этом они показывают более высокую гипоксическую устойчивость, чем девушки.

Список литературы

- Аверьянова И.В.* 2019. Особенности перестроек кардиогемодинамики и газообмена в ответ на пробу с ререспирацией у юношей при различных сроках адаптации к условиям Северо-Востока России // *Экология человека*. № 9. С. 41-49.
- Аверьянова И.В., Вдовенко С.И.* 2023. Особенности перестроек показателей газообмена в ответ на гипоксически-гиперкапническое воздействие у юношей Магаданской области // *Человек. Спорт. Медицина*. Т. 23. № 1. С.13-20.
- Аверьянова И.В., Максимов А.Л.* 2021. Изменение показателей гемодинамики, газообмена и вариабельности кардиоритма у юношей-европейцев в процессе респирации // *Экология человека*. № 2. С. 34-46.
- Геда С.М., Торшин В.И., Северин А.Е. и др.* 2013. Эффекты локального охлаждения кисти руки у уроженцев жарких климатических регионов на

- терморегуляцию и параметры ритмокардиограммы // Вестник РУДН. Серия: Медицина. № 2. С. 5-11.
- Диверт В.Э., Кривошеков С.Г., Водяницкий С.Н.* 2015. Индивидуально-типологическая оценка реакций кардиореспираторной системы на гипоксию и гиперкапнию у здоровых молодых мужчин // Физиология человека. Т. 41. № 2. С.64-73.
- Кожевникова И.С., Грибанов А.В., Кирьянов А.Б. и др.* 2021. Динамика восстановления температуры кистей рук при локальном охлаждении у африканских и местных студентов в арктическом вузе // Экология человека. № 2. С. 28-33.
- Коробицына Е.В.* 2016. Влияние локального охлаждения конечностей на состояние периферической гемодинамики у лиц юношеского возраста // Бюллетень СМУ. № 1. С.121-122.
- Королев Ю.Н., Суховецкая Н.Б., Королев И.Ю., и др.* 2018. Динамика показателей психофизиологического состояния человека при использовании гипоксической тренировки по методу ререспирации // Физическое воспитание и спортивная тренировка. № 2(24). С. 81-89.
- Максимов А.Л., Аверьянова И.В.* 2017. Информативность пробы с ререспирацией для оценки устойчивости организма юношей к сочетанному действию гипоксии и гиперкапнии // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. Т. 103. № 9. С. 1057-1068.
- Максимов А.Л., Борисенко Н.С.* 2024. Особенности гипоксической устойчивости у спортсменов в зависимости от спортивной специализации // Вестник медицины и образования. № 1(7). С.64-69.
- Максимов А.Л., Борисенко Н.С., Максимова Н.Н. и др.* 2015. Индивидуальные следовые реакции показателей кардиоритма и температуры поверхности кисти после тренировок с ререспирацией при локальном охлаждении // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 4. С. 95-100.
- Максимов А.Л., Борисенко Н.С., Романов К.В.* 2019. Информативность пробы с ререспирацией при отборе лиц, устойчивых к сочетанному воздействию экстремальных факторов // Известия академии наук Кыргызской Республики. № 4. С.34-37.
- Максимов А.Л., Максимова Н.Н., Борисенко Н.С. и др.* 2016. Температурные перестройки поверхности кисти рук при холодовой пробе у молодых жителей Северо-Востока и Северо-Запада России // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 2. С. 100-105.
- Малеев Д.О.* 2019. Применение средств респираторной гипоксически-гиперкапнической нагрузки в подготовке лыжников-гонщиков высокой квалификации // Человек. Спорт. Медицина. № 16 (1). С. 13-17.
- Медведев А.А., Соколова Л.В.* 2022. Особенности температурных реакций контралатеральной кисти руки при локальном холодом тесте у южноазиатских мигрантов молодого возраста в условиях Европейского Севера России // Физиология человека. Т. 48. № 4. С.131-136.
- Мызников И.Л., Федоренко А.С., Яковлева Е.О.* 2022. Гипоксическая нормобарическая проба и её индикативные показатели // Актуальные

проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. № 2. С. 373-384.

Романов К.В., Борисенко Н.С., Черевкова Т.Н. и др. 2020. Гипоксические тренировки: Учебно-методическое пособие. СПб: ВИФК. 33 с.

Самойлов В.О., Максимов А.Л., Голубев В.Н. и др. 2017. Возможности повышения холодовой устойчивости военнослужащих при тренировках с возвратным дыханием // Военно-медицинский журнал. № 8. С. 34-43.

Солонин Ю.Г. 2025. Половые и конституциональные различия в температурных реакциях спортсменов на локальное охлаждение кисти // Медико-физиологические основы спортивной деятельности на Севере: Матер. докл. VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 22-23 октября 2025 г. – Сыктывкар: ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. С.158-162.

Струганов С.М., Саньков П.А., Глубокий В.А. и др. 2021. Гипоксическая тренировка как способ коррекции физической работоспособности // Ученые записки университета им. П.Ф.Лесгафта. № 1 (201). С. 440-446.

RESULTS OF THE RESPIRATION AND LOCAL COOLING TESTS IN YOUTH OF DIFFERENT GENDER

Yu.G. Solonin, I.O. Garnov, A.B. Bayrkhaev, E.R. Bojko

Institute of Physiology, Komi Science Center, Ural Branch,
Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

There is a lot of information in the literature about conducting tests with re-respiration and local cold tests in students, athletes, military personnel, and residents of different latitudes. Most of the studies focus on male populations. The aim of this work is to study the effects of tests with re-respiration and local cold tests in young men and women and compare them. Morphofunctional measurements and physiological studies of blood circulation, respiration, and thermoregulation were conducted in 34 young men and 11 young women at rest and during a three-minute test with re-respiration and a local cold test by immersing the right hand in water with a temperature of +4°C. Young men had significantly higher height and body weight, as well as a lower body fat percentage compared to young women. After the tests, young men had a significant increase in heart rate, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, pulse pressure, and oxygen saturation in exhaled air, but a decrease in oxygen saturation in blood, oxygen saturation in exhaled air, and the temperature of the finger and right (contact) hand. Young women had a significant increase in systolic blood pressure, diastolic blood pressure, pulse pressure, and oxygen saturation in exhaled air, but a decrease in oxygen saturation in blood, oxygen saturation in exhaled air, and the temperature of the finger and right (contact) hand. When comparing the responses to the tests between the two groups, it was found that young men had a significantly higher systolic blood pressure, pulse pressure, and oxygen saturation in exhaled air, as well as a higher

temperature of the finger on the left (intact) hand and a lower diastolic blood pressure and oxygen saturation in exhaled air compared to young women.

Keywords: *young men, young women, respiration test, local cold test, blood circulation, pulmonary gas exchange, hand temperature*

Об авторах:

СОЛОНИН Юрий Григорьевич – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии, ФГБУН Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, 50, e-mail: y-solonin@mail.ru.

ГАРНОВ Игорь Олегович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии, ФГБУН Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, 50, e-mail: 566552@inbox.ru.

БАЙРХАЕВ Александр Борисович – аспирант, ФГБУН Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, 50, e-mail: office@physiol.komisc.ru.

БОЙКО Евгений Рафаилович – доктор медицинских наук, профессор, директор, ФГБУН Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, 50, e-mail: erbojko@physiol.komisc.ru.

Солонин Ю.Г. Результаты пробы с ререспирацией и локальной холодовой пробы у лиц юношеского возраста разного пола / Ю.Г. Солонин, И.О. Гарнов, А.Б. Байрхаев, Е.Р. Бойко // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2026. № 2(82). С. 7-15.

Дата поступления рукописи в редакцию: 02.03.26

Дата подписания рукописи в печать: 01.06.26