

Влияние кислородного коктейля на показатели микроциркуляции крови

Хворостов Б.А.

студент

направление подготовки «Спортивная подготовка.

Тренерско-преподавательская деятельность

в физической культуре и спорте»

Смоленский государственный университет спорта

Россия, г. Смоленск

Научный руководитель:

Кот Е.Ю.

кафедра теории и методики хоккея,

велосипедного и конькобежного спорта

Смоленский государственный университет спорта

Россия, г. Смоленск

Аннотация. В статье рассматриваются особенности влияния приёма кислородного коктейля на показатели микроциркуляции крови в покое и после дозированной физической нагрузки у велосипедистов.

Ключевые слова: кислородный коктейль, микроциркуляция крови, лазерная доплеровская флоуметрия, транскутанная оксиметрия.

Актуальность. Жизнедеятельность организма человека невозможна без кислорода, который является обязательным участником окислительно-восстановительных реакций, направленных на получение энергии в форме аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Основная масса кислорода попадает в кровь через дыхательные пути. Однако существует и альтернативный способ доставки кислорода через пищеварительную систему. Поглощение кислорода слизистой оболочкой желудка: часть кислорода из разрушенных пузырьков абсорбируется через слизистую оболочку желудка. Этот процесс происходит благодаря разнице парциального давления кислорода между кровью и содержимым желудка [Беликов]. В физиологических условиях кишечником хорошо всасывается углекислый газ, меньше – кислород, частично поглощаемый ацидофильными кишечными бактериями. Появление

кислорода в кишечнике – результат его диффузии из крови за счет разницы парциальных давлений [Василенко]. Уникальная архитектоника стенки тонкого кишечника обеспечивает тысячекратное увеличение всасывающей поверхности, достигающей 250 м² – площади «теннисного корта» [Cremer В.]. В качестве сравнения уместно вспомнить площадь газообменной поверхности легких, которая, по данным разных источников, составляет не более 50–80 м² [Cremer В.]. Транспортировка кислорода в кровь: поглощенный кислород транспортируется через капилляры слизистой оболочки желудка в кровоток. Оттуда он распространяется по всему организму, обеспечивая ткани и органы необходимым кислородом. Одним из способов доставки кислорода в желудочно-кишечный тракт является использование кислородного коктейля. Кислородные коктейли представляют собой интересный и потенциально полезный продукт, хотя их эффективность еще полностью не изучена.

Система микроциркуляции входит составной частью в микроциркуляторно-тканевый комплекс по обеспечению обмена энергетическим и пластическим материалом в организме (Козлов, 2024, Крупаткин, 2015). Адекватное, запросам тканей, перераспределение потока крови осуществляется посредством включения активных внутрисистемных и вне микрососудистых механизмов регуляции (Козлов, Федорович). Для спортивной физиологии изучение проблемы микроциркуляции представляет несомненный интерес, поскольку позволяет выявить уровень и совершенство адаптационных механизмов, которые формируются под воздействием систематических физических нагрузок (Литвин, Дунаев, Кротова, Сидоров, Бабошина, Терехов). Из всех звеньев микроциркуляторного русла, как и следовало ожидать, в наибольшей степени лабильность кровотока выражена в нутритивных сосудах, обеспечивающих адекватный запросам тканей, уровень перфузии крови (Козлов, Крупаткин, Дунаев, Литвин). В практике спорта особое место занимают средства фармакологической поддержки. К немедикаментозному способу, рекомендуемому для достижения высоких

спортивных результатов и быстрому восстановлению спортсменов после выполнения максимальных и субмаксимальных физических нагрузок относится гипербарическая оксигенация. Гипербарическая оксигенация обеспечивает экстренную ликвидацию кислородного долга в организме и оказывает, в результате этого, экономизирующее, оптимизирующее и энерготропное действие, что способствует улучшению протекания окислительно-восстановительных реакций, обеспечению дополнительного синтеза макроэргических соединений. Увеличение поступления кислорода при гипербарической оксигенации приводит к артериальной и венозной гипероксии, которая является пусковым механизмом следующих явлений в организме. В частности, хорошо известным и важным является заместительный или противогипоксический эффект гипербарического кислорода, который объясняет его терапевтическое действие при различных патологических состояниях, сопровождающихся синдромом общей или локальной гипоксии. Воздействие гипероксии формирует в организме адаптационный структурно-функциональный след, который в дальнейшем повышает неспецифическую резистентность организма к негативным факторам внешней среды.

Цель: изучить влияние курсового применения кислородного коктейля на показатели микроциркуляции крови в покое и после дозированной физической нагрузки.

Организация и методы исследования. В исследовании приняло участие 24 велосипедиста уровня мастерства 1 разряд, КМС и МС в возрасте 17-22 лет. В качестве дополнения к спортивному питанию спортсмены дополнительно применяли кислородный коктейль в виде напитка объемом 250 мл, ежедневно до тренировки в течение 21 дня. Тестовые нагрузки с использованием теста Купера и езде на велосипеде на 10 км проводили до и после приема коктейля.

Методы исследования. Метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) основывается на оптическом зондировании тканей

монохроматического анализа, отраженного от движущихся в тканях эритроцитов. В качестве регистрирующей аппаратуры использовался промышленный лазерный анализатор кровотока ЛАКК - М (Россия, ИПП «Лазма») в комплексе с компьютером IBM PC/AT 486. Рассчитывается усредненный параметр микроциркуляции (ПМ), колеблемость эритроцитов по показателю СКО (среднее квадратичное отклонение). Колебания тканевого кровотока есть результат суперпозиции «активных» - эндотелилий зависимых (Аэ), нейрогенных (Ан) и миогенных (Ам) колебаний и «пассивных»: пульсовых (Ас) и дыхательных (Ад) модуляций флуксуций.

Метод оптической тканевой оксиметрии. Методом оптической тканевой оксиметрии оценивается насыщение (сатурация) кислорода крови в микроциркуляторном русле, содержащем артериолы с оксигемоглобином и вены с дезоксигемоглобином, то есть определяется сатурация смешанной крови. Этим методом оценивается также относительный объем фракции эритроцитов в области исследования. Рассчитывались следующие показатели оптической тканевой оксиметрии: SO_2 – концентрация кислорода в смешанной крови микроциркуляторного русла, определяется в %; U – показатель содержания свободного кислорода в тканях, рассчитывается в условных единицах (усл. ед.), Vr концентрация эритроцитов в зондируемом объеме крови (%). **Методы статистической обработки данных.** Анализ количественных показателей проведен на персональном компьютере «Pentium-4» под управлением операционной системы Microsoft Windows 2000 Server с использованием статистической программы Microsoft Excel с определением средних значений (M), среднего квадратического отклонения (δ), средней ошибки (m). Достоверность различия показателей определялась с использованием Т-критерия Стьюдента с уровнем значимости $p < 0,05$.

Результаты работы и их обсуждение. До применения кислородного коктейля показатель интенсивности микроциркуляции был выше нормативной величины, характерной для лиц данной возрастной группы и

составил $11,65 \pm 2,50$ п.е. со средним показателем флакса $1,55 \pm 0,21$ п.е.

Несмотря на максимально высокий показатель сатурации кислорода в артериальной крови $99 \pm 1\%$ в смешанной крови микроциркуляторного русла содержание кислорода оказалось существенно ниже и не превышало $56 \pm 3\%$ (таблица 1).

Таблица 1. – Изменения показателей микроциркуляции после приема кислородного коктейля в покое и при физической нагрузке ($M \pm m$)

Показатели Микроциркуляции	До приема кислородного коктейля			После приема кислородного коктейля		
	В покое	После теста Купера	После 10 км гонки	В покое	После теста Купера	После 10 км гонки
ПМ, пф. ед.	$11,65 \pm 2,50$	$14,03 \pm 1,29$	$14,0 \pm 1,92$	$8,65 \pm 1,65$	$14,67 \pm 1,73$	$16,43 \pm 2,83$
СКО, пф. ед.	$1,55 \pm 0,21$	$1,20 \pm 0,30$	$1,56 \pm 0,38$	$2,28 \pm 0,43$	$1,37 \pm 0,42$	$1,23 \pm 0,37$
SO ₂ , %	56 ± 3	73 ± 4	70 ± 8	65 ± 6	79 ± 3	72 ± 4
U, усл. ед.	$11,08 \pm 1,43$	$8,70 \pm 0,81$	$7,18 \pm 4,36$	$7,57 \pm 1,89$	$9,08 \pm 2,66$	$10,90 \pm 2,94$
Vr, %	$4,08 \pm 0,39$	$7,23 \pm 0,77$	$6,75 \pm 1,68$	$5,40 \pm 0,75$	$6,94 \pm 0,62$	$5,55 \pm 1,59$
Аэ, пф. ед.	$0,79 \pm 0,26$	$0,41 \pm 0,01$	$0,60 \pm 0,10$	$1,05 \pm 0,19$	$0,34 \pm 0,02$	$0,58 \pm 0,12$
Ан, пф. ед.	$0,81 \pm 0,16$	$0,46 \pm 0,13$	$0,98 \pm 0,29$	$0,99 \pm 0,25$	$0,41 \pm 0,10$	$0,94 \pm 0,06$
Ам, пф. ед.	$0,37 \pm 0,15$	$0,41 \pm 0,14$	$0,70 \pm 0,08$	$0,40 \pm 0,07$	$0,49 \pm 0,19$	$0,68 \pm 0,04$
Ас, пф. ед.	$0,22 \pm 0,05$	$0,25 \pm 0,07$	$0,37 \pm 0,14$	$0,29 \pm 0,08$	$0,29 \pm 0,10$	$0,16 \pm 0,01$
Ад, пф. ед.	$0,13 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,04$	$0,26 \pm 0,11$	$0,17 \pm 0,04$	$0,22 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,02$

Показатель удельного потребления кислорода в ткани U достигал максимально высокой величины – $11,08 \pm 1,43$ усл. ед. Обращает внимание низкое содержание фракции эритроцитов в исследуемом объеме крови с величиной $4,08 \pm 0,39\%$. Среди механизмов, обеспечивающих регуляцию микрокровотока следует указать на большой вклад эндотелийзависимого фактора с амплитудой $0,79 \pm 0,26$ п.е. и нейрогенного компонента примерно равного по величине амплитуды - $0,81 \pm 0,16$ п.е. Обращает внимание высокий тонус прекапиллярных сфинктеров с низкой величиной амплитуды

миогенных колебаний – $0,37 \pm 0,15$ п.е. Среди пассивных механизмов регуляции как сердечный вклад ($0,22 \pm 0,05$ п.е.) так и дыхательный ($0,13 \pm 0,02$ п.е.) большого влияния не имели. После теста Купера (12 минутный бег с максимальной скоростью) повторно через 15 минут проведенные исследования показали следующее. Интенсивность микроциркуляции крови выросла на 20% и достигла $14,03 \pm 1,29$ п.е., Уровень флакса незначительно понижается до $1,20 \pm 0,30$ п.е. По данным исследования в смешанной крови растет величина сатурации кислорода до $73 \pm 4\%$. Кроме этого снижается показатель удельного потребления кислорода до $8,70 \pm 0,81$ усл. ед. Напротив, показатель концентрации эритроцитов в исследуемом объеме крови существенно повышается до $7,23 \pm 0,77\%$. Это, по всей видимости, означает, что во время физической нагрузки произошел выброс дополнительного объема эритроцитов в кровяное русло из депо, что и было обнаружено во время зондирования. Из данных спектральной мощности следует обратить внимание на повышение тонуса эндотелийзависимых и нейрогенных колебаний. В результате амплитуда волн в данном частотном диапазоне снижается до $0,41 \pm 0,01$ п.е. и $0,46 \pm 0,13$ п.е. соответственно. Тогда как тонус прекапиллярных сфинктеров не изменяется и сохраняется на до рабочем уровне, а это означает, что интенсивность прохождения крови через обменное звено практически остается на до рабочем уровне. перфузия растет за счет повышенных объемов сброса крови через анастомозы.

Таким образом, в первые 15 минут восстановления в кожном микрокровоотоке не обнаруживается активизации процессов, направленных на устранение кислородного долга. Более продолжительная аэробная нагрузка в виде проезда дистанции 10 км вызвала неоднозначные изменения в системе микроциркуляции крови. С одной стороны, интенсивность микроциркуляции оставалась такой же, как и в случае высокоинтенсивного бега в тесте Купера. Так, величина ПМ равнялась $14,50 \pm 1,92$ п.е., при этом показатель флакса вырос до $1,56 \pm 0,38$ п.е. Уровень сатурации кислорода в смешанной крови чуть снизился и составил $70 \pm 8\%$. Одновременно и

произошло повышение показателя удельного потребления кислорода до $7,18 \pm 4,36$ усл. ед. Также выросла и концентрация эритроцитов в зондируемом объеме крови до $6,75 \pm 1,68\%$. Среди частотно-амплитудных характеристик имеет место снижение амплитуды эндотелийзависимых колебаний до $0,60 \pm 0,10$ п.е. и повышение нейрогенных колебаний до $0,98 \pm 0,29$ п.е., а также двукратный рост амплитуды миогенных колебаний до $0,72 \pm 0,08$ п.е. Из этого следует, что в обменное звено направляется дополнительный объем крови. Одновременно в 2 раза повышается вклад дыхательных ($0,37 \pm 0,14$ п.е.) и незначительно пульсовых ($0,26 \pm 0,11$ п.е.) колебаний. Трехнедельный курс применения кислородного коктейля показал следующее. После курса приема напитка наблюдается снижение интенсивности микроциркуляции до $8,65 \pm 1,65$ п.е., что на 35% ниже по сравнению с показателем до приема препарата. Однако снижение микрокровотока произошло на фоне качественного улучшения микроциркуляции, о чем свидетельствует более чем на 47% рост показателя флаксмоций (СКО - $2,28 \pm 0,43$ п.е.). Данный факт подтверждается повышением содержания кислорода в смешанной крови микроциркуляторного русла после применения коктейля с величиной O_2 равной $65 \pm 6\%$, что в 1,2 раза выше по сравнению с начальной величиной. Снижается потребление кислорода на уровне тканей, с величиной U равной $7,57 \pm 2,89$ усл. ед., тогда как до применения коктейля данный показатель равнялся $11,08 \pm 1,43$ усл. ед., что на 46% меньше показателя до приема. Такая динамика свидетельствует о развертывании экономизации использования кислорода под влиянием кислородного коктейля. Одновременно наблюдается тенденция повышения концентрации эритроцитов в исследуемом объеме крови до $5,4 \pm 0,75\%$. Рост составил 32%. В общем экономизация потребления кислорода после применения препарата в покое выросла более чем в 2 раза. Применение коктейля сопровождается улучшением в работе активных механизмов микроциркуляции, что хорошо видно по вкладу тонус формирующих факторов. Так, амплитуда эндотелий зависимого фактора

повышается на 33% до $1,05 \pm 0,19$ п.е., нейрогенного фактора – повышается на 22% до $0,99 \pm 0,25$ п.е. и собственно миогенного – на 8% до $0,40 \pm 0,08$ п.е. Отсюда следует, что коктейль преимущественно оказывает воздействие на эндотелиоциты и симпатические окончания вегетативной нервной системы. Амплитуда пассивных дыхательных и пульсовых колебаний существенных изменений не претерпевает. Выполнение теста Купера после применения коктейля сопровождалось определенными изменениями в системе микроциркуляции и механизмах её обеспечивающих. Прежде всего, следует указать на тенденцию роста интенсивности микроциркуляции после применения напитка. По данным исследования показатель ПМ достиг $14,67 \pm 1,73$ п.е., также сохраняется и тенденция роста показателя флакса СКО до $1,37 \pm 0,42$ п.е. Из данного фактологического материала следует, что напиток усиливает кровоток в системе микроциркуляции, одновременно улучшая состояние обменных процессов между кровью и тканями. После применения препарата отмечается тенденция повышения оксигенации смешанной крови. По данным исследования сатурация кислорода повышается до $79 \pm 3\%$, что на 6% выше по сравнению с аналогичным показателем до применения. На улучшение потребления кислорода мышцами указывает и снижение показателя U, который свидетельствует о снижении свободных запасов кислорода. Следовательно, кислород активно используется в окислении, тем самым увеличивая запасы энергии. Относительно участия активных механизмов регуляции микрокровотока во время выполнения теста Купера, необходимо указать на отсутствие значимых изменений после применения препарата, по сравнению с состоянием до его приема. В частности, амплитуда нейрогенных и эндотелийзависимых колебаний приняла тенденцию к незначительному снижению, а миогенных колебаний едва заметно выросла. Однако, во всех случаях найденные различия недостоверные. Амплитуда колебаний пассивных механизмов также осталась без изменений. Исходя из полученных данных можно сделать предположение, что кислородный коктейль, в

основном оказывает действие на транспортную систему крови и митохондрии и практически не влияет на регуляторные механизмы доставки крови к рабочим органам. Более продолжительная аэробная работа при поезде на велосипеде 10 км также сопровождается определенными изменениями в работе системы микроциркуляции, обусловленными применением коктейля. Обращает внимание наметившаяся тенденция снижения интенсивности микроциркуляции после применения напитка в 10-ти километровой езде. По данным исследования показатель ПМ составляет $12,43 \pm 2,13$ п.е., что на 2,2 п. е. ниже по сравнению с состоянием до применения коктейля. Одновременно снижается и величина флакса до $1,23 \pm 0,37$ п.е., также на 0,32 п.е. меньше чем до применения препарата. Несмотря на это уровень кислорода в смешанной крови после применения препарата несущественно повышается до $72 \pm 4\%$, что на 4% выше по сравнению с концентрацией до использования препарата. Коктейль улучшает процессы, направленные на быстрое окисление кислорода, о чем свидетельствует снижение показателя свободного кислорода в тканях. По результатам исследования показатель U снижается до $4,9 \pm 1,6$ усл. ед., что на 47% меньше по сравнению с данным показателем, полученным до применения препарата. По данным исследования применение напитка оказало влияние и на работу как активных, так и пассивных механизмов регуляции кровотока. Тонус эндотелийзависимого фактора регуляции практически не изменяется. Если до применения амплитуда составляла $0,59 \pm 0,01$ п.е., то после применения – $0,57 \pm 0,03$ п.е. Нейрогенный тонус после применения незначительно повысился, в результате амплитуда уменьшилась от $0,94 \pm 0,06$ п.е. до $0,68 \pm 0,04$ п.е. еще более значимо повысился тонус прекапиллярных сфинктеров с понижением амплитуды миогенных колебаний от $0,72 \pm 0,02$ п.е. до $0,47 \pm 0,01$ п.е., что достоверно ниже на 53% ($p < 0,05$). более значимые изменения отмечаются со стороны работы пассивных механизмов регуляции. Так, амплитуда дыхательных колебаний достоверно снижается в 2,3 раза от $0,37 \pm 0,01$ п.е. до $0,16 \pm 0,01$ п.е., а

сердечных в 4,9 раза от $0,59+0,02$ п.е. до $0,16+0,01$ п.е. Из этого следует, что кислородный коктейль в большей мере оказывает влияние на внесосудистые факторы регуляции кровотока в системе микроциркуляции.

Таким образом, применение кислородного коктейля в покое практически не влияет на интенсивность микроциркуляции, но повышает сатурацию кислорода. После применения напитка повышается уровень оксигенации крови и снижение свободного кислорода после теста Купера. Показано, что после проезда на велосипеде 10000 метров интенсивность микроциркуляции повышается, равно как и содержание кислорода в системе микроциркуляции. При этом содержание свободного кислорода заметно больше, по сравнению с тестом Купера. Данный факт означает начало восстановительных реакций во время самой работы.

Список использованных источников:

1. Беликов, В.Л. Анатомо-физиологическое обоснование энтеральной оксигенотерапии // В.Л. Беликов, В.А. Мазурок, О.А. Сливин О.А., Е.В. Завойских / Анестезиология и реаниматология. – 2015. – №6. – С. 16-21.
2. Влияние кислородных коктейлей на здоровье человека / Е. В. Овчинникова, О. А. Кривдина, А. А. Маньшин [и др.] // Экономика, управление и финансы в XXI веке: факты, тенденции, прогнозы : Материалы научно-практических конференций, Курск, 05 апреля 2018 года. – Курск: Курский институт кооперации (филиал) Автономной некоммерческой организации высшего профессионального образования "Белгородский университет кооперации, экономики и права", 2018. – С. 104-107.
3. Дмитриенко, Е.Г. Влияние энтеральной оксигенотерапии на некоторые показатели кислородтранспортной функции крови / Е. Г. Дмитриенко, О. М. Конова // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2010. – № 3. – С. 23-24.