

УДК 612.015.348:612.11

Х. М. САДЫКОВА, А. А. МУРЗАМАДИЕВА, Р. А. ГАРЕЕВ,
З. Ш. СМАГУЛОВА, С. Г. МАКАРУШКО

ТРАНСКАПИЛЛЯРНЫЙ ОБМЕН БЕЛКА, ПЕРЕНОСИМОГО ЭРИТРОЦИТАМИ, ПРИ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ ЗАДНЕЙ КОНЕЧНОСТИ СОБАКИ

(Институт физиологии человека и животных МОН РК)

Экспериментальные исследования показали, что при электрической стимуляции мышц задних конечностей собаки наблюдается разнонаправленность артериовенозного баланса белка, адсорбированного из крови в ткани, и резорбция протеинов из тканей конечности в плазму.

Мышечная активность, как и покой, – нормальное состояние любого живого организма. При мышечной активности меняются все параметры гемодинамики, интенсивность метаболизма органических веществ [1]. Последнее предполагает стимулирование гематотканевого обмена макромолекул, участвующих в образовании лимфы. Однако обменные процессы на уровне кровеносных капилляров, в частности участие в них эритроцитоадсорбированных субстратов при мышечной активности, мало исследованы. Установлено, что наряду с белком плазмы крови в транскапиллярном обмене участвуют протеины, адсорбированные на мембране эритроцитов. Показано, что регулируемая адсорбционно-транспортная функция эритроцитов существенно влияет на показатели транскапиллярного баланса изучаемых веществ [2–4]. Эти исследования по сравнению с работами других авторов [5–9] посвящены не уточнению данных о феномене эритроцитарной адсорбции веществ, а их роли в транскапиллярном и тканевом обмене. Целью данной работы также было изучение транскапиллярного обмена движущихся задних конечностей собаки на основе анализа артериовенозной разницы белка в плазме крови и среди адсорбированных на поверхности эритроцитов веществ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выяснения динамики транскапиллярного обмена, адсорбированного на эритроцитах белка, были проведены две серии острых опытов на восьми взрослых беспородных собаках обоего пола массой 8–12 кг. Животных наркотизировали раствором тиопентала натрия, инфузируемым в лодыжечную вену, из среднего расчета 50 мг/кг.

В первой серии экспериментов у животных, находящихся в состоянии относительного покоя, пробы крови забирали из бедренных артерии и вены каждые 30 с на протяжении 10 мин. Во второй серии на тех же собаках исследовали влияние движений конечностей на АВР белка в плазме и адсорбированного на эритроцитах. Движения вызывались стимуляцией мышц бедра электрическими разрядами с параметрами 80 В, 1 Гц, 5 мс. Электростимуляцию мышц проводили в течение 5 мин, последующие 5 мин наблюдали эффект последствия.

Через каждые 30 с забор проб крови осуществляли с использованием канюль, предварительно введенных в боковые ответвления бедренных артерий и вены. Для сопоставления по времени данных артериальной и венозной крови пробы венозной крови брались через 5–10 с после артериальной. Для предупреждения свертывания крови в канюлях в лодыжечную вену вводили гепарин из расчета 2–3 ЕД/мл крови. В плазме и смывах с эритроцитов определяли содержание общего белка биуретовым методом. Центрифугированием кровь разделяли на плазму и эритроцитарную массу. Тестируемые вещества с красных клеток крови смывали 3% раствором хлористого натрия (1:4). Смесь выдерживали при 37 °С 5 мин, затем вновь центрифугировали при 1500 об/мин в течение 5 мин, после чего отделяли смыв (надосадочную жидкость) для анализов. Концентрации белка в плазме крови и смывах с эритроцитов (с учетом разведения, в расчете на единицу объема эритроцитарной массы) использовали для дальнейших расчетов. Полученные данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В проведенных фоновых экспериментах увеличивалась концентрация общего белка в плазме как артериальной, так и венозной крови. Причем в плазме артериальной крови концентрация в 60 % парных анализов была ниже, чем в венозной. Например, на 1-й, 5-й и 10-й минуте соответственно: $59,62 \pm 8,98$ и $62,70 \pm 6,14$ г/л; $61,54 \pm 5,37$ и $62,01 \pm 5,57$ г/л; $55,83 \pm 5,43$ и $58,98 \pm 6,03$ г/л плазмы крови. Поэтому артериовенозная разница (АВР) была преимущественно отрицательной, в среднем она равнялась $-0,52$ мг/мл протекающей плазмы крови. Часто АВР, определяемая за 30 с, была недостоверна, поскольку изменения были очень малы и могли не совпадать по знаку. В связи с этим мы применили способ расчета АВР за большой промежуток времени за 5-минутные периоды. Показатели АВР белка плазмы за 1–5 и 6–10 мин были достоверны ($p < 0,05$) и равны соответственно $-0,725 \pm 0,192$ и $-0,306 \pm 0,053$ мг/мл.

В 5-минутные периоды электростимуляции мышц задних конечностей собаки и последствия увеличивалась концентрация белка в плазме артериальной и венозной крови соответственно с $59,40 \pm 2,78$ и $58,67 \pm 2,81$ г/л (фон) до $61,55 \pm 2,60$ и $63,52 \pm 3,23$ г/л (начало стимуляции); к концу наблюдений $62,54 \pm 1,88$ и $63,58 \pm 3,02$ г/л. Причем в 65% наблюдений концентрация белка в плазме венозной крови была выше, чем в артериальной. В первые 3 мин электростимуляции разница между показателями артериальной и венозной крови нарастала и составила соответственно: $60,04 \pm 3,20$ г/л и $60,56 \pm 3,01$ г/л (1-я минута стимуляции). На 2,5 минуте показатели составили $59,34 \pm 2,70$ г/л и $63,74 \pm 3,82$ г/л. В период последствия, на 5,5 минуте, преобладала концентрация белка в артериальной крови: $61,95 \pm 3,59$ и $57,82 \pm 4,29$ г/л. С 7-й до 10-й минуты опять наблюдалось превышение концентрации белка в плазме венозной крови над артериальной. АВР белка плазмы за 1–5 и 6–10 мин была равна $-0,918 \pm 0,224$ и $-0,680 \pm 0,395$ мг/мл. Сдвиги были достоверными в период стимуляции по сравнению с фоновыми ($p < 0,05$).

Средняя АВР белка в плазме была равна $-0,80$ мг/мл плазмы. За 5 мин стимуляции резорбировалось из тканей в кровотоки 4,6, за 10 мин 8,0 мг/мл белка. Динамика артериовенозного баланса (АВБ) белка была всегда отрицательной. Электростимуляция вызывает выраженную

резорбцию белка из тканей конечности в кровотоки (4,6 мг/мл). После окончания электрической стимуляции мышц заметно снижалась резорбция протеинов из тканей в кровь (8,0 мг/мл).

Начало электростимуляции характеризуется общим повышением концентрации белка, ассоциированного с эритроцитами как артериальной, так и венозной крови, по сравнению с фоновыми показателями. К концу наблюдений показатели превышали исходные. АВР адсорбированного белка за 1–5 и 6–10 минуты были равны соответственно: $0,391 \pm 0,06$ мг/мл и $0,116 \pm 0,03$ мг/мл. Достоверно снижалась АВР белка в период стимуляции по сравнению с фоном ($0,812 \pm 0,23$ мг/мл, $p < 0,05$). Средняя АВР составила 0,25 мг/мл эритроцитарной массы. АВБ к окончанию стимуляции равнялся 1,96, к концу последствия – 2,53 мг/мл. Окончание электростимуляции не отразилось на тенденции АВБ – эритроцитоадсорбированный белок постоянно диффундировал из крови в ткани конечности.

Суммарный баланс протеина указывал на то, что в среднем 5,47 мг/мл белка резорбировалось из интерстициального пространства в кровотоки. АВБ белка в плазме крови указывает на то, что при 5-минутной электростимуляции мышц задних конечностей собаки происходила резорбция протеинов из интерстиция в кровотоки с венозной кровью. Эритроцитоадсорбированный белок переходил из кровеносного русла в ткани конечности. Сжатие кровеносных сосудов под влиянием сокращений, в свою очередь, приводило к ограничению транскапиллярного перехода воды и макромолекул и опустошению интерстициального пула белков. Это подтверждает полученные нами данные по АВР белка (он резорбировался в кровь).

Таким образом, при электрической стимуляции мышц задних конечностей собаки наблюдается разнонаправленность артериовенозного баланса белка: адсорбированного – из крови в ткани, и резорбция протеинов из тканей конечности в плазму. Окончание стимуляции замедляет этот процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов В.И., Тутицин И.О. Микроциркуляция при мышечной деятельности. М.: Физкультура и спорт, 1982. 135 с.
2. Садыкова Х.М. Влияние инфузии гистамина на артериовенозную разницу белка и глюкозы, адсорбированных на мембране эритроцитов // Изв. НАН РК. Сер. биол. и мед. 1999. №2. С. 65-66.

3. Мурзамадиева А.А., Садыкова Х.М., Смагулова З.Ш., Макарушко С.Г., Гареев Р.А. Влияние ряда фармакологических препаратов на адсорбцию эритроцитами белка, глюкозы и холестерина // Мат-лы 5-го съезда физиологов Казахстана. Караганда, 2003. С.105-108.

4. Смагулова З.Ш., Садыкова Х.М., Макарушко С.Г., Мурзамадиева А.А., Гареев Р.А. Влияние преднизолона и гидрокортизона на показатели эритроцитарного и плазменного транспорта глюкозы, холестерина и белка в крови // Изв. НАН РК. Сер. биол. и мед. 2005. №3. С.95-101.

5. Збарский Б.И., Демин Н.Н. Роль эритроцитов в обмене белков. М.: Медицина, 1949. 168 с.

6. Kikuchi Y., Koyama T. Red blood cell deformability and protein adsorption on red blood cell surface // Amer. J. Physiol. 1984. V. 247. P.739-747.

7. Linke A., Rose H.-I., Muhlig P. Erythrozytnassozierte Plasmaproteine, ein weiterer Aspekt Zur Erythrozyten funktion // Folia Haematologica. 1985. V. 112, N2. S.278-284.

8. Здюмаева Н.П. Исследование адсорбции протеинов на клеточных мембранах // Вестник КГУ. 2001. №1. С. 97.

9. Смирнов И.Ю., Левин В.Н., Здюмаева Н.П. Адсорбция белков на эритроцитарных мембранах у спортсменов при выполнении соревновательных нагрузок и ее влияние

на реологические параметры клеток // Физиология человека. 2004. Т. 30, №3. С. 126-132.

Резюме

Наркоздалған иттердің норма күйдегі қан плазмасының және эритроцит үстіндегі ақуыз, глюкоза, холестерин көрсеткіштерінің қызылтамыр-көктамыр балансының қарсы бағыттылығы зерттеу эксперимент жолымен анықталды. Функциялық тыныштықпен сыртқы ықпалдар жоқ күнінде эритроцит мембраналарында адсорбцияланған ақуыз, глюкоза, холестерин саны кемуі көрсетілді. Жиынтық холестерин (қан плазмасындағы және эритроцит үстіне адсорбцияланған) аяқ ұлпадан қанға шығуы, ал ақуызбен глюкоза қарсы (қаннан аяқ ұлпаға) шығуы анықталды.

Summary

Experimental research demonstrated bidirectional character of arterial-venal balance of proteins: adsorption from blood into tissues, and resorption of proteins from leg tissues into plasma under electrical stimulation of muscles of hinder extremities of dog. Termination of stimulation impedes the process.