

УДК 616.42-092.4:616.717/718

СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ЛИМФЫ В ЗДОРОВОЙ И ТРАВМИРОВАННОЙ КОНЕЧНОСТЯХ

Свешников К.А., Русейкин Н.С.

Мордовский государственный университет им. Н.П.Огарева

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

Наблюдения проведены на 48 больных остеопорозом и с переломами. Контрольные даны были получены у 20 практически здоровых людей. Для исследований применяли серный коллоид с размером частиц 5 нм (препарат "лимфоцис" или ТСК-17 фирмы "CIS" Франция). На нижней конечности изучали три коллектора. На верхней конечности - в латеральном и медиальном коллекторах. Количество вводимого лимфоциса составляло во всех случаях 0,2 мл (3,7 МБк). Инъекции выполнялись в межпальцевой промежутки одновременно в левую и правую конечности. Обследования проводились на гамма-камере и планисканере фирмы «Deltronics Nuclear» (Голландия). У здоровых людей скорость движения лимфы при исследовании медиального коллектора на бедре равна $16,1 \pm 1,2$ см/мин, в латеральном - $13,7 \pm 0,9$ см/мин, в глубоком - $5,6 \pm 0,5$ см/мин. В латеральном коллекторе плеча - $10,0 \pm 0,8$ см/мин, в медиальном - $7,4 \pm 0,6$ см/мин. В течение двух недель после травм скорость движения лимфы уменьшена, на третьей неделе происходила нормализация.

Важным звеном микроциркуляции является движение лимфы. Изучение скорости её тока и накопительной функции лимфатических узлов позволяет судить о состоянии компенсаторно-приспособительных механизмов особенно при переломах. Малозначимые сведения о скорости движения лимфы в конечностях здорового человека представлены в единичных работах [3]. Наблюдения сделаны лишь в одном медиальном коллекторе нижней конечности. Трудность подобного исследования в том, что для изучения естественного транспорта лимфы необходимы мельчайшие частицы веществ, которые после инъекции под кожу перемещались бы в лимфатическом русле физиологическим путем. Прогресс в этом направлении был достигнут только после получения серного коллоида с размером частиц в 5 нм. Для наблюдения за их движением осуществляют метку ^{99m}Tc . С помощью радиометрической установки, сканера или гамма-камеры регистрируют время появления меченых частиц в подколенных и паховых лимфоузлах нижней конечности или в локтевом и подмышечных - верхней.

Материал и методы

Под наблюдением находилось 48 больных остеопорозом и с переломами костей в возрасте 65-75 лет. У 26 практически здоровых людей в возрасте 18-28 лет уравнивали длину конечностей. Контролем служили 20 практически здоровых лиц с незначительными повреждениями костно-суставного аппарата (ушибы, растяжения, подозрение на перелом), которые направлялись на исследование врачом-физкультурным диспансером. Возраст в контроле колебался в пределах от 20 до 50 лет.

Для исследований применяли серный коллоид с размером частиц 5 нм (препарат "лимфоцис" или ТСК-17 фирмы "CIS" Франция). Обследования проводили в положении лежа на спине. На нижней конечности изучали функциональное состояние трех основных коллекторов: 1) медиального - после введения меченого соединения подкожно в первый межпальцевый промежуток; 2) латерального введение препарата в четвертый межпальцевый промежуток и 3) глубокого - после инъек-

ции коллоида у медиального края пяточной кости с подошвенной стороны.

На верхней конечности ток лимфы исследовали в латеральном и медиальном коллекторах. При изучении первого из них коллоид вводили подкожно во второй межпальцевой промежутки, при исследовании второго - у дистального края локтевой кости с ладонной стороны. Количество вводимого лимфоцита составляло во всех случаях 0,2 мл (3,7 МБк). Инъекции выполнялись одновременно в левую и правую конечности. Обследования проводились на гамма-камере и планисканере фирмы «Deltronics Nuclear» (Голландия).

Сразу после введения меченого препарата определяли число импульсов в месте инъекции, а также величину фона в подколенных и паховых лимфоузлах при обследовании нижней конечности, локтевых и подмышечных – при обследовании верхней конечности. Зная длину стопы, голени и бедра, а также верхней конечности (кисть, предплечье, плечо) рассчитывали скорость движения лимфы в см/мин. Подсчитав величину меченого соединения в лимфатических узлах через 1 и 2 часа после инъекции, судили об их накопительной функции.

В качестве инструмента вычислений использован пакет статистического анализа и встроенные формулы расчетов компьютерной программы Microsoft® Excell (Microsoft® Office 1997 – Professional Runtime).

Результаты исследований

1. Исследование тока лимфы у практически здоровых людей. 1.1. Нижняя конечность. В течение первых 25 с после инъекции меченого соединения место введения на мониторе компьютера сохраняло округлую форму, несколько вытянутую в направлении инъекции. В последующие 30 с форма становилась вытянутой в сагитальном направлении. Меченое соединение перераспределялось в месте инъекции и через каждые 5 с его становилось все больше в направлении движения лимфы.

Поступление меченого соединения в лимфатический капилляр наблюдалось уже на 30-й с: появлялся небольшой выступ в верхней части пятна. Еще через 5 с он был виден уже отчетливо и в дальнейшем в нем становилось все больше меченых частиц. Особенно наглядно это видно через 50 с. На 55-й с видно, как закрылся клапан лимфатического сосуда. Еще через 5 с он вновь открывался и меченое соединение продвигалось дальше в сосуд.

Естественно, что лимфатический сосуд становился видимым в силу того, что здесь было много меченого соединения, а отдельные частицы тем временем движутся током тканевой жидкости дальше к лимфатическим узлам.

Меченые коллоидные частицы при исследовании медиального коллектора появлялись в подколенных лимфатических узлах через $6,6 \pm 1,2$ мин, латерального - спустя $5,5 \pm 0,9$ мин, глубокого - $8,7 \pm 1,7$ мин. В паховых узлах они обнаруживались соответственно через $9,7 \pm 1,8$; $9,2 \pm 1,6$; и $17,7 \pm 2,0$ мин. Аналогичная зависимость получена (табл. 1) и при расчете скорости движения лимфы: в медиальном и латеральном коллекторах статистически достоверных различий не обнаружено, а в глубоком она была значительно меньше.

Выведение РФП из тканевых депо за 1 и 2 часа наблюдения было одинаковым во всех коллекторах. Самая низкая величина активности в подколенных лимфатических узлах отмечалась при исследовании медиального коллектора. В течение 2 часов в них накапливалось только 3% от введенного меченого коллоида. При оттоке лимфы по латеральному коллектору она была выше на 30-50 %, а по глубокому - в 2 раза (табл. 1). В паховых лимфатических узлах, по сравнению с подколенными, наблюдалась наибольшая величина накопления меченого соединения: через 2 часа при исследовании лимфатических сосудов медиального коллектора она составляла 13 % от первоначальной величины, в глубоком – 18 % и в латеральном – 25 %.

Таблица 1. Скорость движения лимфы и накопительная функция лимфатических узлов конечностей здорового человека (M ±SD)

Показатель	Конечность				
	Нижняя			Верхняя	
	Коллектор				
	медиаль- ный	лате- ральный	глубокий	лате- ральный	медиаль- ный
Скорость(см/мин) на: сто- пе и голени	9,1±0,8	10,8±0,9	4,6±0,3 p<0,05		
бедре	16,1±1,2	13,7±0,8	5,6±0,5	-	-
предплечье	-	-	-	7,9±0,5	5,6±0,6 p<0,05
плече	-	-	-	10,0±0,7	7,4±0,8 p<0,05
Выведение (%) из депо: за 1 ч	27,0±2,4	32,0±3,0	30,0±2,8	25,0±2,1	27,0±1,7
за 2 ч	49,0±3,6	56,0±5,2	50,6±4,7	48,0±3,9	50,0±4,7
Накопление (%) за 1 ч, узлы: подколенные	1,0±0,08	3,2±0,18	2,5±0,12	-	-
паховые	7,0±0,9	13,0±1,1	9,0±0,7	-	-
локтевые	-	-	-	1,5±0,07	3,0±0,48
подмышечные	-	-	-	10,0±0,7	9,5±1,0
Накопление (%) за 2 ч, узлы: подколенные	3,0±0,2	6,0±0,2	4,0±0,5	-	-
паховые	13,0±0,4	25,0±2,8	18,0±1,6	-	-
локтевые	-	-	-	3,0±0,3	5,0±0,4

1.2. Верхняя конечность. Появление активности в локтевых лимфоузлах при исследовании латерального и медиального коллекторов составило 4,4±0,6 мин. Учитывая разный путь, проходимый мечеными частицами при определении скорости движения лимфы, удалось установить, что в латеральном коллекторах верхней конечности она течет медленнее, чем в коллекторах нижней (табл. 1). Из тканевых депо выводится и поглощается в локтевых и подмышечных лимфатических узлах такой же процент введенного меченого соединения, как и в нижней конечности.

В приведенных наблюдениях впервые удалось проследить начальные этапы движения лимфы в конечности, показать, в какие временные промежутки происходит заполнение лимфатических капилляров,

зарегистрировать работу клапанов лимфатических сосудов. Обнаружены различия в скорости движения лимфы в коллекторах нижней и верхней конечности: самая большая в медиальном и латеральном коллекторах нижней конечности - 9,1-10,8 см/мин. В глубоком - она в 2 раза меньше.

Выявлены различия и в накопительной функции лимфатических узлов: в паховых она в 4 раза больше, чем в подколенных. Это обусловлено тем, что паховые узлы массивнее. Наибольшая величина (18-25 %) меченого коллоида накапливается в глубоких лимфоузлах, собирающих лимфу из сосудов задней поверхности голени и глубоких отделов бедра. Меньше РФП в поверхностных узлах (13 %). На верхней конечности скорость движения лимфы меньше, однако величина выведе-

ния коллоида из депо и накопительная способность лимфатических узлов такая же, как и на нижней.

Мы сумели существенно расширить сведения о скорости лимфотока. Имеющиеся в литературе данные ограничены определением её только в медиальном коллекторе нижней конечности и получены при введении в лимфатический сосуд на тыле стопы красителей или рентгеноконтрастных препаратов. При таком способе введения не учитывается время на всасывание препарата из депо и его движение от пальцев до места инъекции на тыле стопы. Препарат вводится под давлением, что сказывается на времени появления в узлах (регистрацию проводили в грудном лимфатическом протоке). Оказывает влияние также анестезия (для нахождения сосуда под кожей), мобилизация сосуда, нервно-рефлекторные воздействия. Результаты таких исследований противоречивы. Так, при введении синего Эванса на тыле стопы он появлялся в грудном протоке на шее через 3-5 мин [2]. После инъекции индигокармина в паховый лимфатический узел (путь в 2 раза короче) время было также равно 3 мин. Из подобных наблюдений [2] сделано заключение, что лимфа движется со скоростью 0,5-1,0 см/мин. При введении ультражидких мас-

ляных контрастных веществ на тыле стопы они появлялись в грудном протоке через 30-40 мин [1]. Если же эти вещества не задерживались в лимфатических узлах, т.е. проходили в обход их, то время укорачивалось до 12 мин.

В наших наблюдениях время физиологического транспорта меченого коллоида в медиальном коллекторе нижней конечности (от пальцев стопы до паховых лимфоузлов) составляло $9,7 \pm 1,8$ мин. Проведенное исследование отличается физиологичностью условий наблюдения и высокой чувствительностью регистрирующего оборудования. Наблюдения сделаны во всех коллекторах нижней и верхней конечности, что в значительной мере расширило представление о токе лимфы в конечностях.

2. Скорость тока лимфы после переломов.

2.1. Нижняя конечность. Скорость движения лимфы по-разному менялась в 3 исследованных коллекторах. В медиальном - на 3-14 дни увеличивалось время появления меченого коллоида (табл. 2) и соответственно уменьшалась скорость движения, на 30-40 % ослаблялась накопительная функция лимфатических узлов (табл. 2).

Таблица 2. Время (мин) появления меченого серного коллоида в лимфатических узлах нижней конечности после перелома костей голени ($M \pm SD$)

Лимфатические узлы	Коллектор								
	Медиальный			Латеральный			Глубокий		
	Дни после перелома								
	3	14	21	3	14	21	3	14	21
Подколенные	10,0*	7,2*	6,6	5,0	4,3*	5,3	7,9	6,0*	5,3*
Паховые	15,0*	10,9	9,8	8,3	7,4*	9,1	14,8	12,0*	5,5*

Примечание: знаком «*» обозначены величины, статистически достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся от соответствующих величин в неповрежденной конечности.

При сканировании на 1-е сутки выявлялся лишь 1 узел, вместо 2 в норме, с уменьшенной величиной поглощения меченого соединения. На 3-й день величина накопления меченого коллоида начинала увеличиваться были видны уже два узла,

но на травмированной конечности второй меньше, чем на противоположной неповрежденной, к 21-му дню форма узла была близка к норме.

В латеральном коллекторе изменения отмечены в этот же период, однако

наблюдался прямо противоположный сдвиг - скорость движения лимфы и накопительная функция лимфатических узлов возрастали на 20-25 %. В лимфатических

сосудах глубокого коллектора скорость движения лимфы увеличивалась и к 21-му дню возрастала на 45 % (табл. 3).

Таблица 3. Скорость движения лимфы (см/мин) и накопительная функция лимфатических узлов (%) нижней конечности при лечении переломов костей голени (M ±SD)

Показатель	Коллектор								
	Медиальный			Латеральный			Глубокий		
	Дни после перелома								
	3-й	14-	21-	3-й	14-й	21-	3-й	14-й	21-й
Скорость на: стопе и голени	6,0*	8,3	9,2	12,6*	14,1*	11,3	5,2	6,8*	7,6*
бедре	10,0*	13,9*	15,8	15,3*	16,1*	13,3	7,4*	8,6*	9,1*
Выведение из депо: 1 час	14,0*	20,0*	25,9	38,6*	42,3*	34,1	35,3*	37,4*	38,1*
2 часа	33,0*	41,0*	48,0	64,0*	68,0*	60,4	57,0	61,4*	63,2*
Накопление (%): подколенные узлы: 1 час	0,1*	0,6*	0,9	2,7*	3,1*	2,2	5,3*	6,0*	6,2*
2 часа	0,3*	1,7*	2,6	5,3*	6,0*	4,6	7,7*	8,0*	6,6*
паховые узлы: 1 час	3,0*	5,0*	6,6	18,0	23,0*	14,3	13,3*	18,0*	22,4*
2 часа	7,0*	9,3*	12,2	30,1	32,6*	27,4	26,9*	30,4*	36,2*

Примечание: знаком «*» обозначены величины, статистически достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся от данных в неповрежденной конечности

2.2. Верхняя конечность. После травмы появление РФП в латеральном коллекторе значительно замедлялось. В медиальном коллекторе меченое соединение, наоборот, появлялось быстрее. Соответственно уменьшалась скорость движения лимфы и накопительная функция лимфатических узлов (табл. 4). Выведение меченого РФП из депо и накопление в лимфатических узлах изменялись аналогично с данными на нижней конечности. Показатели, близкие к норме, также отмечены на 21-й день.

Обнаружены некоторые различия в движении лимфы в коллекторах нижней и верхней конечностей. Самой большой была скорость в медиальном и латеральном коллекторах нижней конечности - 9,1-10,8

см/мин. В глубоком она в 2 раза меньше. Несмотря на это из тканевых депо удалялась одинаковая величина меченого коллоида. Вероятно, это обусловлено большей вместимостью сосудистого русла. В связи с этим при меньшей скорости выводилось одинаковое количество препарата.

Таким образом, имеются различия в накопительной функции лимфатических узлов: в паховых она в 4 раза больше, чем подколенных. Это обусловлено тем, что они более массивные, чем подколенные. Наибольшее количество меченого коллоида (18-25 %) накапливается в глубоких узлах, собирающих лимфу из сосудов задней поверхности голени, глубоких сосудов бедра и меньше в поверхностных (13 %).

Таблица 4. Время (мин) появления меченого серного коллоида в лимфатических узлах верхней конечности после перелома костей предплечья (M ±SD)

Лимфатические узлы	Коллектор					
	Латеральный			Медиальный		
	Дни после перелома					
	3	14	21	3	14	21
Локтевые	6,9*	5,1	4,4	3,6*	3,2*	4,0
Подмышечные	10,6*	8,3	7,2	6,6*	5,9*	7,0

Примечание: здесь, а также в табл. 5 знаком «*» обозначены величины, статистически достоверно ($p < 0,05$) отличающиеся от соответствующих величин в неповрежденной конечности.

Таблица 5. Скорость движения лимфы (см/мин) и накопительная функция лимфатических узлов (%) верхней конечности после переломов костей предплечья (M ±SD)

Показатель	Коллектор					
	латеральный			медиальный		
	Дни после перелома					
	3-й	14-й	21-й	3-й	14-й	21-й
Скорость на: предплечье	5,3*	6,8*	8,0	7,0*	7,8*	6,2
плече	7,4*	8,6*	9,7	8,9*	9,6*	7,8
Выведение из депо: 1 ч	13,1*	19,4*	24,0	36,8*	40,9*	31,8
2 ч	30,9*	38,8*	46,7	60,3*	63,3*	53,2
Накопление: локтевые: 1 ч	0,2*	0,9*	1,4	3,7*	4,2*	3,4
2 ч	0,3*	1,8*	2,7	6,0*	6,7*	4,4
подмышечные: 1 ч	6,8*	8,0*	9,7	12,5*	15,8*	10,2
2 ч	10,8*	14,7*	19,3	24,0*	26,7*	22,3

В верхней конечности скорость движения лимфы меньше, однако, величина выведения коллоида из депо и накопительная способность такая же, как и в нижней.

После переломов костей голени наиболее глубокие изменения отмечены в поверхностном коллекторе. Ослаблялась также накопительно-поглощательная функция поверхностных паховых узлов. Изменения были кратковременными, обусловлены некоторым ограничением подвижности больных в первые дни после травмы. Можно полагать, что отечность стопы и голени обусловлена уменьшением тока лимфы в медиальных сосудах в результате частичной блокады коллектора после травмы. По этой причине нарушается транспорт частиц в пределах стопы.

На верхней конечности уменьшение тока лимфы наблюдалось в латеральном коллекторе, увеличение - в медиальном. При уменьшении тока лимфы в одном из коллекторов происходит компенсаторное ускорение в другом. И это не случайно. Метод лечения переломов костей по Илизарову создает максимальные благоприятные условия для регенерации костной и мягких тканей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зедгенидзе Г.А., Цыб А.Ф. Клиническая лимфография. М.: Медицина. 1977. 296.
2. Панченков Р.Т., Ярема И.В., Сильманович Н.Н. Лимфостимуляция. М.: Медицина. 1986. 237 с.
3. Olszewski W.L., Engeset A. //Am. J. Physiol. 1980. V. 239. P.775.

LYMPH VELOCITY CONDUCTION IN INTACT AND DAMAGED EXTREMITY

Sveshnikov K.A., Ruseykin N.S.

Mordovian state university of N.P.Ogarev

There have been performed studies in 48 patients with osteoporosis and fractures. Control data have been received in 20 practically healthy people. For these studies there have been used sulfur colloid with particle size 5nm (preparation 'lymphocis' or TCK-17 of French company 'CIS'). Three collectors have been studied on the lower limb. On the upper limb – on the lateral and medial collectors. Quantity of introduced lymphocises in all cases put together 0,2 ml (3,7 MBk). Studies have been performed in Gamma-chamber and planiscanner of "Deltronics Nuclear" (Holland). In healthy people while medial collector of the femur has been studied lymph velocity conduction was $16,1 \pm 1,2$ cm/min, in lateral – $13,7 \pm 0,9$ cm/min, in deep – $5,6 \pm 0,5$ cm/min. In lateral collector of the humerus – $10,0 \pm 0,8$ cm/min, in medial – $7,4 \pm 0,6$ cm/min. Within two weeks after trauma lymph velocity conduction is reduced, in the third week normalization has happened.