

До питання про вплив тренування м'язів на розвиток обхідного кровообігу

О. Р. Радзієвський

Відомо, що при порушенні припливу крові по основних артеріальних магістралях розвиваються обхідні шляхи з анастомозів, що з'єднують периферичні відділи виключеної артерії з артеріями, розташованими вище виключення.

Проте обхідні шляхи морфологічно і функціонально не завжди достатні.

Перев'язка магістральної артерії, в тому числі магістральної артерії тазової кінцівки, часто викликає стійкі патологічні зміни в ділянці нижче перев'язки. Тоді виникає необхідність прискорити розвиток колатералей. Одним з факторів, що прискорюють розвиток обхідних шляхів після виключення магістральної артерії, на нашу думку, може бути робота м'язів.

Літературні дані про вплив роботи м'язів на розвиток обхідного кровообігу дуже обмежені.

У відомій нам літературі ми знайшли лише дослідження Дроздової, присвячене цьому питанню. Автор вивчав вплив фізичного навантаження на розвиток колатералей в експерименті на собаках. Після перев'язки правої стегнової артерії собака за спеціальним графіком певний час бігав у третбані щодня на протязі місяця. Контролем служила ліва тазова кінцівка, на якій після закінчення бігу в третбані також виключали стегнову артерію на тому ж рівні, що й на правій. Після цього собаку на місяць садовили в клітку. Таким чином, на правій кінцівці колатералі розвивалися в умовах посиленого фізичного навантаження, а на лівій — в умовах відносного спокою. Потім тварини вбивали, судини заповнювали рентгенконтрастною масою і провадили рентгенографію. Крім того, Дроздова на живій тварині застосовувала артеріографію із сергозином.

Порівнюючи одержані дані на обох кінцівках, автор приходить до висновку, що фізичне навантаження сприяє розвитку колатералей.

Проте Дроздова не врахувала того, що обхідні шляхи через два місяці після виключення стегнової артерії (такий загальний час розвитку колатералей на правій кінцівці) навіть без тренування будуть краще виражені, ніж колатералі, що розвиваються на протязі місяця після аналогічної операції на лівій кінцівці. Тому дані, одержані Дроздовою, потребують перевірки, що за дорученням проф. Колесникова ми й зробили.

Відомо, що біохіміки і фізіологи при тренуванні м'язів на живому об'єкті застосовують подразнення їх фарадичним струмом порогової сили. В літературі є дані (Кашпур), які свідчать про те, що так зване тренування струмом і тренування у третбані викликають в основному аналогічні зміни в м'язах. Тому для дослідження впливу тренування

м'язів на розвиток обхідного кровообігу ми обрали метод тренування струмом, що дозволяє при одночасному виключенні обох стегнових артерій проводити тренування м'язів однієї кінцівки, м'язи ж другої кінцівки в значній мірі служать при цьому контролем.

Методика досліджень

Дослідження провадилися в умовах хронічного експерименту на семи молодих кроликах самцях і самках, вагою 1,8—2,5 кг.

Під ефірним інгаляційним наркозом, дотримуючи всіх правил асептики, ми перев'язували в середній третині стегна обидві стегнові артерії на однаковій відстані (накладали 4—6 лігатур). Через 7—10 днів після операції на судинах ми розпочинали



Рис. 1. Розвиток обхідних шляхів кровообігу в м'язах стегна кролика після двобічної перев'язки стегнової артерії. Тривалість тренування — два тижні.

а — м. *semimembranosus* на тренуваній кінцівці; б — той самий м'яз контралатеральної кінцівки; в — м. *semitendinosus* на тренуваній кінцівці; г — той самий м'яз на контралатеральній кінцівці.



Рис. 2. Розвиток обхідних шляхів кровообігу в двоголовому м'язі стегна кролика після перев'язки обох стегнових артерій. Тривалість тренування — три тижні.

а — на тренуваній кінцівці; б — на контралатеральній.

тренування м'язів за методикою, прийнятою в Інституті біохімії АН УРСР (Палладін, 1937; Персова, 1937; Епштейн і Чаговець, 1955).

Тренування м'язів тазової кінцівки провадилося на одному боці струмом порогової сили двічі на день, вранці і ввечері, по 30 хв. з перервою в 15 хв.; друга кінцівка служила контролем. Тренування провадилося у одного кролика на протязі двох тижнів, у п'яти — на протязі трьох тижнів та у одного — на протязі трьох місяців. Після цього кроликів убивали знекровленням і після завершення трупного залякнення артеріальну систему заповнювали рентгенконтрастною масою за методом Тейхман-Тихонова в нашій модифікації (А. Р. Радзівський, о морфологических и физиологических изменениях в мышцах конечностей в условиях длительного нарушения их кровоснабжения. Диссертация, Симферополь, 1957).

В усіх випадках ми провадили тотальну рентгенографію і після препарування рентгенографію окремих м'язів і їх поперечних зрізів.

Результати досліджень

Тренування м'язів струмом на протязі двох тижнів не дає більш-менш помітного ефекту. Після рентгенографії і препарування на обох кінцівках нами була виявлена густа сітка розширених анастомозів (рис. 1).

Помітний ефект від експериментального тренування м'язів струмом ми одержали через три тижні після початку досліджу. Як на тоталь-

До питань

них рентгено-
видно, що о-
винулися с-
вистість.

Після т-



Рис. 3. Розвиток обхідних шляхів кровообігу в м'язах стегна кролика після двобічної перев'язки стегнової артерії. Тривалість тренування — три тижні.

них шляхів
виразною.

Добре
кінцівки, ма-
му м'язові
стегна трен-

Наші д-
на боці екс-
Як же поя-

Механі-
кунов, 1929
обхідних ш-
ров (1931)
ного розши-
артеріально-
порушеним

Розши-
ному шлях-
ливих нер-
ров, 1949).

Таким
сприяють р-
умови для
лянки. Вод-

них рентгенограмах, так і на рентгенограмах окремих м'язів (рис. 2, 3), видно, що обхідні шляхи на кінцівці, де м'язи тренували струмом, розвинулися сильніше і мають більший діаметр, а також більшу звивистість.

Після тренування на протязі трьох місяців різниця в стані обхід-

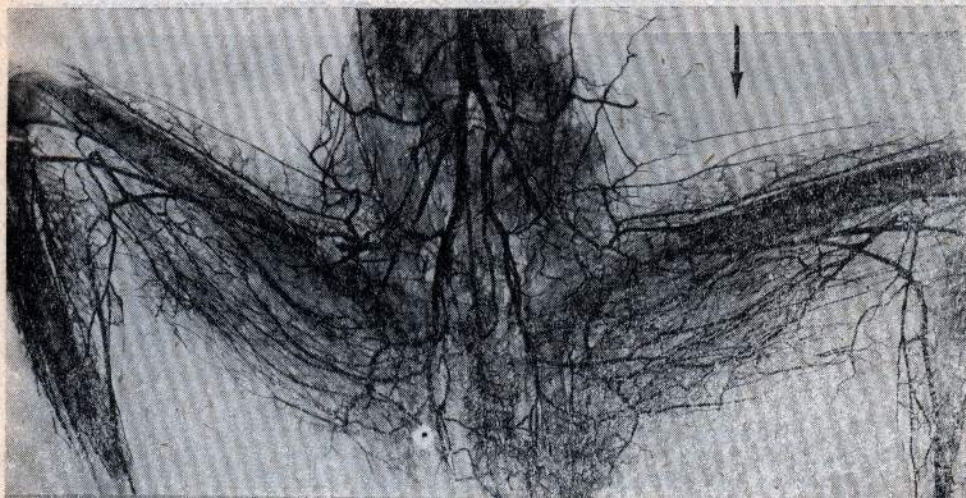


Рис. 3. Розвиток обхідних шляхів кровообігу в тазових кінцівках кролика після двобічної перев'язки стегнової артерії. Тривалість тренування — три тижні.
(Стрілкою позначена кінцівка, на якій проводилось тренування).

них шляхів на тренованій і контрлатеральній кінцівках стає ще більш виразною.

Добре видно, що колатералі, які розвинулись в м'язах тренованої кінцівки, мають більший діаметр і більшу звивистість (рис. 4), причому м'язові артерії сильніше розвинуті не тільки в задній групі м'язів стегна тренованої кінцівки, а й в окремих м'язах передньої групи.

Обговорення результатів досліджень

Наші дослідження свідчать про те, що обхідні шляхи кровообігу на боці експериментального тренування м'язів розвиваються краще. Як же пояснити цей факт?

Механізм утворення колатералей можна вважати вивченим (Щелкунов, 1929, 1947). Питання ж про причини, що зумовлюють розвиток обхідних шляхів кровообігу, залишається ще відкритим. Долго-Сабуров (1931) і Бистров (1947) вважали, що основною причиною первинного розширення судин в районі операційного поля після виключення артеріальної магістралі є голодування тканин, яке виникає в ділянці з порушенням кровопостачанням.

Розширення судин при цьому відбувається рефлекторно (в основному шляхом аксон-рефлексу) в результаті подразнення закінчень чутливих нервів кислими продуктами порушеного обміну речовин (Петров, 1949).

Таким чином, зрушення в тканинному обміні в кислому напрямі сприяють розширенню обхідних судин і тим самим створюють передумови для відновлення нормального кровопостачання анемізованої ділянки. Водночас відомо, що зрушення реакції середовища в кислому

напрямі, яке спостерігається під час роботи, також сприяє розширенню судин працюючих м'язів. Останнє забезпечує посилений кровообіг в них і збільшує їх постачання як киснем, так і джерелами енергії — глюкозою, жирними кислотами тощо (М. М. Яковлев, 1955).

Можна припустити, що виникнення кінцевих продуктів реакції, які супроводять м'язову діяльність, призводить до подавлення функції ва-

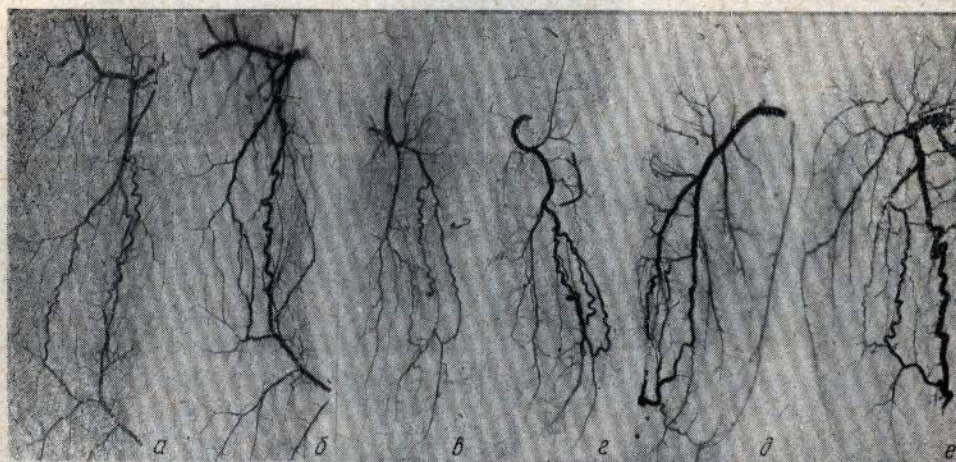


Рис. 4. Розвиток обхідних артерій в окремих м'язах стегна кролика після двобічної перев'язки стегнової артерії:

а — *m. semimembranosus* контралатеральної кінцівки; б — той самий м'яз на тренуваній кінцівці; в — *semimembranosus* контралатеральної кінцівки; г — той самий м'яз на тренуваній кінцівці; д — *m. vastus lateralis* контралатеральної кінцівки; е — той самий м'яз на тренуваній кінцівці.

зоконстрикторів і тим самим викликає розширення інтраорганих судин працюючих м'язів.

Розширення судин є передумовою скорішого виведення кінцевих продуктів реакції і відновлення нормальних біохімічних співвідношень, що сприяє поверненню судинної сітки до норми. Спадання судин призводить до нового порушення рівноваги між станом обмінних процесів у працюючих м'язах і станом інтраорганної судинної сітки, внаслідок чого знову настає розширення судин. Систематичне тренування на протязі тривалого часу приводить до стійкого розширення судин, що супроводжується морфологічною перебудовою їх стінки.

Морфологічні порушення в інтраорганих судинах м'язів під впливом експериментального тренування струмом настають скоріше в умовах розвитку колатерального кровообігу, ніж при непорушеній судинній сітці. В останньому випадку ми спостерігали помітну різницю між інтраорганими судинами м'язів тренуваної і контралатеральної кінцівок через шість тижнів після початку досліду (Радзівський, 1957).

В умовах обхідного кровообігу цей строк скорочується до трьох тижнів. Це можна пояснити тим, що саме виключення артеріальної магістралі зумовлює розширення м'язових артерій, які є обхідними шляхами, і робить їх чугливішими до судинорозширюючих факторів. Проте в обох випадках помітні морфологічні зрушення під впливом тренування струмом настають набагато пізніше функціональних змін у м'язах.

Відомо, що в результаті посиленої м'язової діяльності, біохімічні і фізіологічні зміни пристосувального характеру настають в м'язах порівняно швидко і помітно проявляються вже після кількох днів тренування (Ембден, 1927; Палладін, 1935; Яковлев, 1949).

Яковлева, вивчаючи морфологічні зміни в будові м'язових волокон,

прияє розширенню
ений кровообіг в
ерелами енергії —
в, 1955).

дуктів реакції, які
лення функції ва-



ика після двобічної

на тренуванні кінцівці;
тренуванні кінцівці;
тренуванні кінцівці.

нтраорганных су-

ведення кінцевих
их співвідношень,
тання судин при-
бмінних процесів
сітки, внаслідок
енування на про-
ня судин, що су-

м'язів під впли-
ь скоріше в умо-
оруженій судин-
тну різницю між
еральної кінцівок
кий, 1957).

ується до трьох
артеріальної ма-
обхідними шля-
факторів. Проте
ливом тренуван-
х змін у м'язах.
ності, біохімічні
ють в м'язах по-
ькох днів трену-

язових волокон,

вважає, що для виявлення помітних морфологічних змін потрібне тренування протягом кількох місяців.

До висновку, що біохімічні і функціональні зрушення в організмі випереджають морфологічні зміни, приходять і інші автори (Долго-Сабуров, Черніговський, 1947; Яковлев, 1949, та ін.).

Наші дослідження підтверджують наведені в літературі дані про те, що в результаті експериментального тренування м'язів спочатку настають фізіологічні зрушення пристосувального характеру і лише через кілька тижнів після цього виявляються виразні морфологічні зміни.

Висновки

1. Обхідні шляхи кровообігу, що утворилися в м'язах після виключення на одному рівні стегнової артерії на кінцівці, де проводилося експериментальне тренування м'язів фарадичним струмом, розвиваються сильніше, ніж на контралатеральній кінцівці.

2. Різниця в стані обхідних шляхів кровообігу на тренуванні і контралатеральній кінцівках помітна вже через три тижні; із збільшенням тривалості тренування вона зростає.

ЛІТЕРАТУРА

Дроздова А. В., Развитие коллатерального кровообращения в условиях функциональной нагрузки, Труды ВМА, т. 38, 1947.

Кашпур Д. М., Успехи соврем. биол., т. 26, 1948, с. 863.

Палладін О., Палладіна Л. і Персова Е., Наукові записки Укр. біохім. ін-ту, т. V, ч. 2, с. 7.

Эпштейн И. Б. и Чаговец Р. В., ДАН СССР, т. 105, № 2, 1955, с. 319.

Щелкунов С. И., Выявление потенциальных свойств отдельных участков брюшной аорты, Труды ВМА, т. 11, 1937.

Щелкунов С. И., Über die Entwicklung des kollateralen Blutkreislaufs nach Unterbindung der Aortae abdominalis bei Tieren, Ztschr. f. Anat. u. Entwickl., Bd. 89, 1929.

Долго-Сабуров Б. А., Die Potentiellen Eigenschaften der Arterien der vorderen Extremität bei Tieren unter den Bedingungen des Experiments, Ztschr. f. Anat. u. Entwickl., Bd. 96, 1931.

Быстров А. Н., Коллатеральное кровообращение в артериальной сети брыжейки собаки, ВМА, т. 11, 1937.

Петров И. Р., Кислородное голодание тканей, Медгиз, 1949.

Яковлев Н. Н., Очерки биохимии спорта, 1955.

Радзиевский А. Р., Некоторые данные к вопросу о морфологических сдвигах при тренировке мышц, Труды Киевского ин-та физкультуры, т. 1, в. 2.

Эмбден, Цит. за Яковлевым Н. Н.

Палладин А. В., Физиол. журн. СССР, т. 19, 1935, с. 247.

Яковлев Н. Н., Успехи соврем. биологии, т. 27, в. 2, 1949.

Яковлева Е. С., Изв. Научн. ин-та им. Лесгафта, т. 26, 1954.

Долго-Сабуров Б. А. и Черниговский В. Н., О физиол. изменениях мышц в условиях коллатер. и редуцир. кровообращения, Труды ВМА, т. 38, 1947.

Київський інститут фізичної культури,
кафедра функціональної анатомії

Надійшла до редакції
20.X 1958 р.

К вопросу о влиянии тренировки мышц на развитие окольного кровообращения

А. Р. Радзиевский

Резюме

Литературные данные о влиянии работы мышц на развитие окольного кровообращения немногочисленны. Мы исследовали на кроликах влияние экспериментальной тренировки мышц на развитие коллатера-

лей. Тренировка мышц производилась фарадическим током пороговой силы на одной конечности после выключения на одном уровне обеих бедренных артерий. Продолжительность тренировки составляла от двух недель до трех месяцев. После этого кролика убивали обескровливанием и по окончании трупного окоченения заполняли артериальную систему рентгенконтрастной массой. Во всех случаях нами производилась тотальная рентгенография и после препаровки рентгенография отдельных мышц.

Заметный эффект от экспериментальной тренировки мышц током мы получили через три недели после начала опыта. После тренировки в течение трех месяцев разница в состоянии окольных путей на тренируемой и контралатеральной конечностях становится еще более отчетливой. Хорошо видно, что внутримышечные коллатерали тренируемой стороны имеют большой диаметр и лучше выраженную извитость.

Таким образом, наши исследования говорят о том, что внутримышечные окольные пути после выключения на одном уровне обеих бедренных артерий на конечности, подвергшейся экспериментальной тренировке, развиваются сильнее. Разница в состоянии окольных путей тренируемой и контралатеральной конечностей обнаруживается через три недели. С удлинением срока тренировки она увеличивается.

On the Effect of Muscle Training on the Development of the Collateral Circulation

A. R. Radziewsky

Summary

There is little data in the literature on the effect of the work of the muscles on the development of the collateral blood circulation.

The author studied the effect of experimental training of the muscles on the development of collaterals in seven young rabbits. After ligation of both femoral arteries, training of the muscles was carried out by means of a Faraday current at one end, the other end acting as a control.

The training was conducted over periods ranging from two weeks to three months, after which the rabbit was dehematized (under ether) and after rigor mortis had vanished the arterial system was filled with an X-ray contrast mass. Total radiography was carried out in all cases and, after preparation, radiography of individual muscles.

The collateral paths that formed in the muscles after excluding the femoral arteries at one level, developed more intensely at the end where experimental training of the muscles was conducted. The difference in the state of the collateral paths of the trained and contralateral ends is perceptible after three weeks, and increases as the term of training is prolonged.