

- остеосинтез в ортопедии и травматологии: Тематический сб. науч. трудов. — Курган, 1980. — Вып. 6. — С. 90–96.
3. Лаврищева Г.И., Штин В.П. // Всесоюз. съезд травматологов-ортопедов, 3-й: Тезисы докладов. — М., 1975. — С. 203–205.
  4. Ларионов А.А. Дистракционный остеосинтез и эволюция костных трансплантатов (экспериментальное исследование): Дис. ... д-ра мед. наук. — Пермь, 1995.
  5. Штин В.П. Особенности костеобразования в зоне диастаза большеберцовой кости при удлинении голени аппаратом Г.А. Илизарова (экспериментально-морфологическое исследование: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Новосибирск, 1978.
  6. Штин В.П., Никитенко Е.Г. // Ортопед. травматол. — 1974. — № 5. — С. 48–51.
  7. Шрейнер А.А., Чиркова А.М., Ерофеев С.А. // Чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову в травматологии и ортопедии: Сб. науч. трудов КНИИЭКОТ. — Курган, 1985. — Вып. 10. — С. 148–154.
  8. Шрейнер А.А. // Значение открытых Г.А. Илизаровым общебиологических закономерностей в регенерации тканей: Сб. науч. трудов. — Курган, 1988. — Вып. 13. — С. 89–102.

© А.И. Крупаткин, 2000

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ И МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ТКАНЕЙ В ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.И. Крупаткин

Центральный институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва

---

*На основе многолетнего опыта обосновывается необходимость развития функционального ангиологического направления исследований в травматологии и ортопедии. Предложена классификация современных инструментальных методов исследования периферического кровообращения и микроциркуляции тканей опорно-двигательной системы. Выделены основные перспективные направления исследований в данной области — изучение ангиологических аспектов фундаментальных проблем травматологии и ортопедии, диагностика до- и послеоперационных сосудистых расстройств, их профилактика и лечение.*

*Based on the long-term experience the necessity of angiologic investigations in traumatology and orthopedics is defined. Classification of the modern instrumental methods for the examination of peripheral blood circulation and tissular microcirculation of locomotor system is suggested. The main perspective directions of the investigations are defined. They include the study of angiologic peculiarities in injuries and orthopedic diseases, diagnosis of pre- and postoperative vascular disturbances, their prevention and treatment.*

---

*Хирургия должна использовать идейный багаж физиологии, чтобы стать в такой же мере физиологичной, в какой она раньше была анатомичной*

П.К. Анохин, 1942

Проблема нарушений периферического кровообращения и микроциркуляции тканей — одна из базовых в травматологии и ортопедии. Вследствие сопряженности тканевых, нервных и сосудистых реакций расстройства кровообращения сопутствуют всем этапам травм опорно-двигательного аппарата и травматической болезни в целом, являются неотъемлемым компонентом патогенеза большинства ортопедических заболеваний, существенно влияя на исходы лечения травматолого-ортопедических больных.

Целью данной работы было на основе многолетнего опыта обследования больных трав-

матолого-ортопедического профиля (более 800 пациентов) разработать классификацию неинвазивных ангиологических методов исследования в травматологии и ортопедии, определить возможности и перспективы развития функциональной оценки периферического кровообращения и микроциркуляции тканей.

Важнейшим референтным методом изучения рентгеноанатомии сосудистого русла конечностей является рентгеноконтрастная ангиография (артериография и флебография) [1]. Однако ее инвазивность, высокая стоимость, а также относительная ограниченность в количественной трактовке функции дистального сосудистого русла и степени компенсации кровообращения тканей, особенно на уровне микроциркуляции, привели к бурному развитию во всем мире методов неинвазивной сосудистой диагностики. К их преимуществам относятся безвредность для боль-

ного и персонала, возможность многократных исследований в динамике и длительного мониторинга, меньшие экономические затраты и главное — физиологичность показателей, возможность количественной оценки функции сосудистого русла, в том числе микроциркуляции тканей.

В отечественной травматологии и ортопедии функциональные ангиологические исследования стали активно развиваться в 70–80-е годы — формировались исследовательские группы по изучению кровообращения и микроциркуляции тканей [8, 9]. Периферическое кровообращение на уровне макрогемодинамики в этот период оценивалось преимущественно с помощью манжеточных и импедансных методов (в основном реовазографии). Эти методы дают обобщенную оценку кровотока сегмента конечности, но не позволяют изолированно исследовать кровотоки в конкретном сосудистом пучке. Последнее стало возможным благодаря внедрению ультразвуковой доплерографии сосудов и ее последующих модификаций. И хотя этот подход к исследованию кровообращения открывает новые перспективы для травматологии и ортопедии, в отечественной литературе он представлен единичными работами из крупных клиник [3]. Новые методические возможности исследования микроциркуляторного русла появились с внедрением метода лазерной доплеровской флоуметрии [5]. Важнейшей задачей на современном этапе является не допустить прогрессирования тенденции к сокращению исследований в данном направлении в отечественной травматологии.

Нами предлагается следующая классификация основных методов инструментальной сосудистой диагностики в травматологии и ортопедии:

#### **Методы изучения макрогемодинамики**

1. Методы ультразвуковой сосудистой диагностики с использованием эффекта Доплера:

- ультразвуковая доплерография
- ультразвуковая флоуметрия
- дуплексное сканирование с цветным доплеровским картированием потока крови

2. Электромагнитная флоуметрия

3. Манжеточные методы, связанные с регистрацией изменений объема конечности и/или сосудов (сегментарная объемная сфигмография, венозная окклюзионная плетизмография, артериальная осциллография, тахоосциллография и др.)

4. Импедансные методы (реовазография = импедансная плетизмография = электроплетизмография)

5. Фотоэлектрические методы (фотоплетизмография)

6. Методы лучевой диагностики:

- радионуклидная ангиография с  $^{99m}\text{Tc}$
- радиоиндикация тромбоза глубоких вен с фибриноген- $^{125}\text{J}$
- компьютерная томография
- магнитно-резонансная томография

#### **Методы изучения микрогемодинамики**

A. Методы оценки микроциркуляции тканей:

1. Прямое наблюдение (капилляроскопия)
2. Химические методы (флюорометрия)
3. Лазерная доплеровская флоуметрия и лазерная доплеровская флоуграфия
4. Полярографическое определение локального кровотока по клиренсу водорода
5. Методы лучевой диагностики (метод меченых микросфер, клиренс радионуклидов, сцинтиграфия)

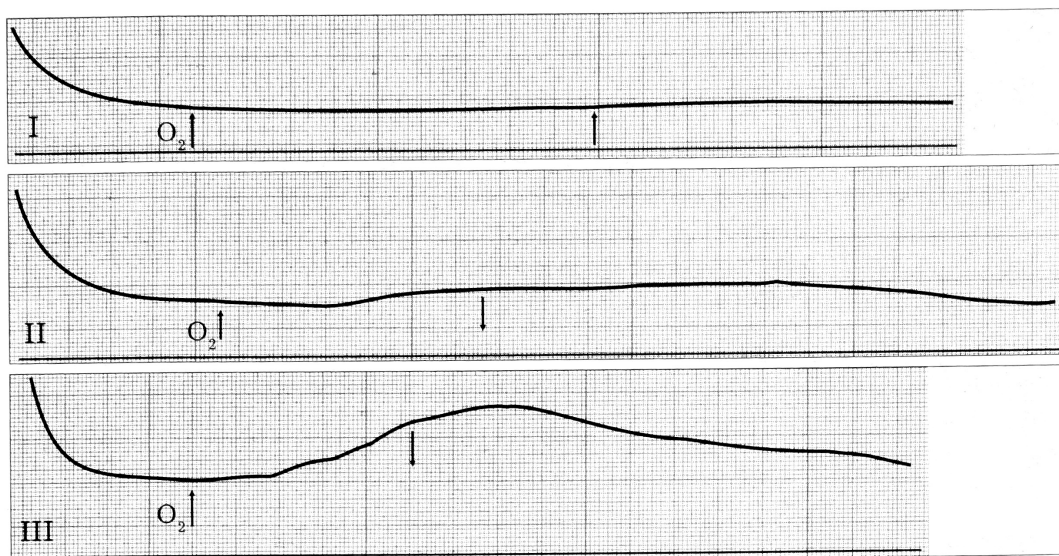
B. Методы комплексной оценки микроциркуляции и метаболизма тканей:

1. Измерение температурного режима тканей (термометрия, термография)
2. Полярографическое определение кислородного режима тканей
3. Околоинфракрасная спектроскопия.

Из перечисленных методов ультразвуковая и электромагнитная флоуметрия предназначены только для интраоперационного обследования, так как датчик накладывается непосредственно на исследуемый сосуд. Нужно отметить, что методы с использованием радионуклидов являются полуинвазивными.

Вопрос о том, применение какого из методов исследования наиболее целесообразно, решается индивидуально в зависимости от целей работы. Вместе с тем, по нашему мнению, для оценки макрогемодинамики наиболее адекватны ультразвуковая доплерография и дуплексное сканирование. Однако не следует отвергать и классический подход к оценке кровообращения конечности на основе реовазографии, например, при необходимости обобщенной оценки кровотока сегмента конечности.

Современное дуплексное сканирование дает возможность кодировать по цвету направление и скорость кровотока в просвете сосуда, что позволяет быстро определить пространственную ориентацию потоков и локализовать сосуды, дифференцировать артерии и вены, проследить их ход и топографию [7]. Если



**Рис. 1.** Полярограммы кислородного режима кожи автономной зоны иннервации срединного нерва больного с полным анатомическим перерывом нерва (↑ — начало, ↓ — прекращение вдыхания кислорода).

I — до операции (отсутствие подъема кривой при вдыхании кислорода),  
II — через 1 мес.  
III — через 3 мес после эпинеурального шва.

картирование потока крови осуществляется на основе энергии отраженного доплеровского сигнала, можно изучить мелкие сосуды и кровотоки внутри и по периферии опухолей или очаговых посттравматических образований, в том числе в мягких тканях. Разработаны технологии доплеровской визуализации тканей, когда отраженный от них сигнал не устраняется фильтром и фиксируется изображение не только кровотока, но и самих тканей. Это позволяет дополнительно исследовать скелетные мышцы. Подобный подход перспективен в спортивной травматологии.

Дуплексное сканирование эффективнее, чем другие инструментальные методы, для диагностики тромбоза глубоких вен конечностей [12]. Если необходимо получить более точную

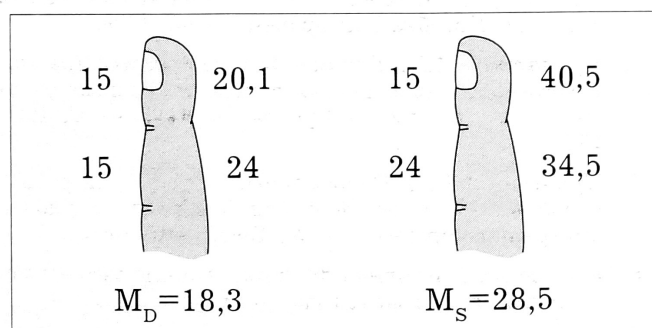
информацию о топографии сосудов, инструментальные методы следует сочетать с рентгеноконтрастной ангиографией.

Из методов оценки микроциркуляции в клинике травматологии и ортопедии целесообразно использовать лазерную доплеровскую флоуметрию, тепловидение, полярографию [4].

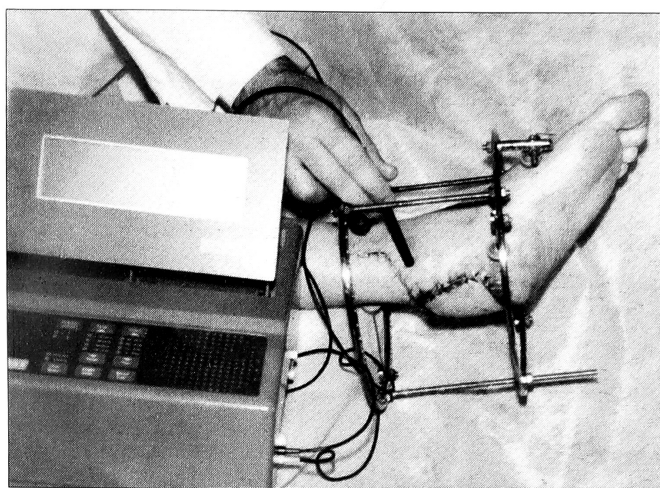
Каковы перспективы развития функционального ангиологического направления в травматологии и ортопедии?

1. Изучение сосудистых аспектов фундаментальных проблем травматологии и ортопедии — регенерации, нервной трофики, регуляции кровоснабжения тканей опорно-двигательной системы, ишемии, отека, гемостаза, трансплантации, шока и др. При этом ангиологические аспекты могут быть изучены на уникальных патофизиологических моделях у человека — например, денервация и реиннервация тканей при повреждении периферических нервов или корешков спинного мозга (рис. 1); де- и реваскуляризация при повреждении сосудов или пересадке свободных васкуляризованных аутоотрансплантатов; регенерация кожной, мышечной и костной тканей при последствиях травм и т.п. Особого внимания в этой группе проблем заслуживает оценка микроциркуляции как наиболее тесно связанной с тканевыми элементами опорно-двигательной системы [11].

2. Диагностика до- и послеоперационных сосудистых расстройств в травматологии и ортопедии. Необходимость развития этого направления обусловлена наличием часто не диагностируемой артериальной и/или венозной недостаточности конечностей, сопутствующей большинству травм опорно-двигательной сис-



**Рис. 2.** Показатели микроциркуляции (ПМ) по данным лазерной доплеровской флоуметрии II пальцев стоп больного А. ( $M_D$ ,  $M_S$  — усредненный ПМ II пальца соответственно правой и левой стопы).  $M_D$  снижен. При проведении ультразвуковой доплерографии сосудов стоп обнаружена гипоплазия первой тыльной плюсневой артерии справа, в связи с чем для микрохирургической пересадки на место отсутствующего I пальца кисти выбран II палец левой стопы. Исход операции — полное приживание пальца.



**Рис. 3.** Проведение ультразвуковой доплерографии сосудистой ножки свободного васкуляризованного лучевого трансплантата, пересаженного на левую стопу.

темы, аномалиям развития конечностей, ряду ортопедических заболеваний (остеохондропатии и др.) [1]. Недооценка этого фактора, особенно венозного компонента, может привести к тяжелым послеоперационным осложнениям, вплоть до тромбоэмболии легочной артерии, например у пожилых больных после эндопротезирования суставов, в костной онкологии, при политравме. Особую роль сосудистая диагностика играет в микрохирургии опорно-двигательной системы при пересадке свободных васкуляризованных аутоотрансплантатов как неотъемлемый компонент лечебного процесса (рис. 2, 3). Нужно подчеркнуть необходимость соблюдения современных требований к диагностическим исследованиям с вычислением операционных характеристик диагностических тестов [2].

3. Профилактика и лечение сосудистых расстройств у травматолого-ортопедических больных. До сих пор исследования в данном направлении носят несистематизированный и преимущественно эмпирический характер. Достоверность клинических испытаний зависит от того, насколько в сравниваемых группах удалось обеспечить одинаковое распределение всех факторов, определяющих прогноз, кроме изучаемого лечебного вмешательства. Для исключения сомнительной достоверности рекомендаций по эффективности лечебных мероприятий необходимо соблюдать принципы рандомизированного подбора пациентов и сравнения результатов в исследуемых группах [10]. Опыт ЦИТО показывает, что устранение или снижение патогенной роли сосудистого фактора развития послеоперационных осложнений

позволяет достоверно уменьшить продолжительность стационарного лечения и получить существенный экономический эффект. Так, применение патогенетически обоснованной фармакологической схемы ведения больных с использованием антиоксидантов при пересадке свободных васкуляризованных аутоотрансплантатов дает возможность сократить сроки стационарного лечения после операции на 3 нед и более [6].

Таким образом, изучение макро- и микроциркуляции, в том числе с помощью функциональных методов исследования, требует пристального внимания травматологов и ортопедов. Необходимо преодолеть разрыв между современными техническими возможностями диагностики и недостаточным их внедрением в практику. Развитие ангиологического направления в изучении опорно-двигательной системы позволит как получить новые научные данные, так и улучшить результаты диагностики и патогенетически обоснованного лечения травматолого-ортопедических больных.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Беляева А.А. Ангиография в клинике травматологии и ортопедии. — М., 1993.
2. Власов В.В. //Междунар. журн. мед. практики. — 1997. — N 1. — С. 11-16.
3. Гришин И.Г., Крупаткин А.И. //Ортопед. травматол. — 1992. — N 2. — С. 3-7.
4. Крупаткин А.И., Гришин И.Г., Троценко В.В., Каграманов С.В. //Проблемы лазерной медицины. — М., 1997. — С. 57.
5. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Применение метода лазерной доплеровской флоуметрии при последствиях травм и заболеваниях опорно-двигательной системы: Пособие для врачей. — М., 1998.
6. Крупаткин А.И., Гришин И.Г. //Конгресс травматологов-ортопедов России с международным участием: Материалы. — Ярославль, 1999. — С. 195-196.
7. Кунцевич Г.И. //Современные методы ультразвуковой диагностики заболеваний сердца, сосудов и внутренних органов. — М., 1996. — С. 10-16.
8. Малова М.Н. Клинико-функциональные методы исследования в травматологии и ортопедии. — М., 1985.
9. Фишкин В.Н., Львов С.Е., Удальцов В.Е. Регионарная гемодинамика при переломах костей. — М., 1981.
10. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины: Пер. с англ. — М., 1998.
11. Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В. Микроциркуляция. — М., 1984.
12. Douglas M.G., Sumner D.S. //Seminars in Vascular Surgery. — 1996. — Vol. 9, N 1. — P. 3-12.