

АНГИОАРХИТЕКТОНИКА СОСУДОВ, ПИТАЮЩИХ АУТОТРАНСПЛАНТАТ ВТОРОГО ПАЛЬЦА СТОПЫ, И ВАРИАНТЫ ИХ «ПОДКЛЮЧЕНИЯ» К РЕЦИПИЕНТНЫМ СОСУДАМ ПРИ ПЕРЕСАДКЕ НА КИСТЬ У ДЕТЕЙ

Голяна С.И.¹, Гранкин Д.Ю.¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский детский ортопедический институт имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения РФ, Санкт-Петербург, e-mail: grankin.md@gmail.com

Особенности строения сосудистого русла, питающего забираемый для пересадки комплекс тканей, имеют первостепенное значение для успешной трансплантации. Одним из методов реконструкции пальцев кисти при посттравматических деформациях и врожденных пороках является микрохирургическая аутоотрансплантация пальцев стопы. Показать роль и значение исследования микрососудистого строения донорской и реципиентной зон для успешной микрохирургической аутоотрансплантации пальцев стопы у детей. С 2000 по 2018 годы в НИДОИ им Г.И. Турнера обследован и пролечен 541 ребенок от 8 месяцев до 17 лет с врожденной и приобретенной патологией верхней конечности. Всего перемещено 696 аутоотрансплантатов. По данным проведенного нами исследования выявлено, что трансплантат второго пальца стопы может получать питание из бассейна как *a. tibialis anterior*, так и *a. tibialis posterior*. Если ТАС сохранена в дистальном направлении, то источниками кровоснабжения второго и третьего пальцев стопы могут быть тыльные и подошвенные плюсневые артерии. В случаях, когда ТАС и 1-й ТПА были хорошо развиты, отмечались различные сочетания кровоснабжающих палец артерий. Когда ТПА отсутствовала или резко гипоплазирована, выделение аутоотрансплантата проводили на подошвенных плюсневых артериях. Основными показателями, определяющими источник кровоснабжения трансплантата, были адекватный диаметр и высокая интенсивность кровотока. В ходе проведения исследования нами выявлено, что при кровоснабжении трансплантата из *a. tibialis anterior* (79%) в 68% определялась хорошо развитая тыльная плюсневая артерия, при этом в 32% случаев кровоснабжение трансплантата осуществлялось только за счет подошвенных плюсневых артерий. Методика хирургического выделения аутоотрансплантатов пальцев стоп остается неизменной и не зависит от вариантов ангиоархитектоники донорской области. От качества мобилизации сосудов донорской и подготовки таковых в реципиентной области зависит приживление перемещенного микрососудистого аутоотрансплантата.

Ключевые слова: микрохирургия, аутоотрансплантация пальцев стопы на кисть, пересадка пальцев, строение сосудов стопы, анатомия донорской области

ANGIOARCHITECTONICS OF BLOOD VESSELS SUPPLYING THE SECOND AUTOTRANSPLANT, AND VARIANTS OF THEIR "CONNECTION" WITH RECEPTOR VESSELS WHEN THEY ARE TRANSPLANTED INTO THE HANDS OF CHILDREN

Golyana S.I.¹, Grankin D.Y.¹

¹The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, e-mail: grankin.md@gmail.com

Features of the structure of the vascular bed, feeding the tissue complex taken for transplantation, is of paramount importance for its successful transplantation. Microsurgical autotransplantation of the toes is one of the methods of reconstruction of the fingers in post-traumatic deformities and congenital malformations. To show the role and importance of studying the microvascular structure of donor and recipient zones for successful microsurgical autotransplantation of toes in children. During from 2000 to 2018, 541 children with congenital anomaly of the hand and acquired deformities of the upper extremity were examined and treated in The Turner Scientific Research Institute For Children's Orthopedics. They age was ranged from 9 months till 17 years old. A total of 696 autografts were planted. Results. According to the results of surgical treatment, we found that the graft of the 2nd toe of the foot can be blooded from two pools of blood supply-the anterior and posterior tibial arteries. With the retention of the posterior artery of the foot in the distal direction, the sources of blood supply to the 2nd and 3rd toes of the foot may be the rear and plantar metatarsal arteries. In the presence of well-defined back artery of the foot and back metatarsal artery, various combinations of blood supply arteries to the finger were noted. In the absence or severe underdevelopment of back metatarsal artery, autograft was isolated on the plantar metatarsal arteries. Adequate diameter and sufficient intensity of blood flow were the main indicators determining the source of blood supply to the transplant. When blood supply of transplants from the

pool of the anterior tibial artery (79%), 68% is determined by a sufficiently developed posterior metatarsal artery, and in 32% of observations blood supply of the transplant is carried out only by the plantar metatarsal arteries. The tactics of surgical graft isolation should not change, despite the huge variety of blood supply options of the donor area. The engraftment of the displaced graft depends on the quality of vascular isolation in the donor and recipient areas.

Keywords: microsurgery, autotransplantation toes to the hand, finger transplantation, structure of the foot vessels, donor area anatomy

Для успешной трансплантации комплекса тканей первостепенное значение имеет строение сосудистого русла, у которого могут быть свои особенности. Одним из методов реконструкции пальцев кисти при посттравматических деформациях и врожденных пороках является микрохирургическая аутотрансплантация пальцев стопы [1, 2]. Большое разнообразие патологии верхней конечности врожденного и приобретенного характера обязывает пристально изучать вопрос сосудистого строения донорской и реципиентной зон, поскольку правильное выделение сосудистой ножки трансплантата и выбор источника кровоснабжения в реципиентной зоне определяют ближайший результат операции – приживление пальца на кисти [3, 4].

Согласно данным литературы большинство осложнений сосудистого характера при микрохирургических пересадках пальцев стопы связано с погрешностями техники выделения трансплантатов, недостаточностью их кровоснабжения из-за неправильного выбора питающих артерий, а также из-за недооценки адекватности артериального и венозного кровотока в реципиентной области [5–7].

В настоящее время имеют место единичные публикации об особенностях ангиоархитектоники пальцев стоп у детей при их использовании в качестве донорских аутотрансплантатов при микрохирургических реконструкциях пальцев кисти [8, 9]. По данным исследования А.А. Щербаковой (1955), артериальное кровоснабжение пальцев стопы можно разделить на 3 типа:

- 1) дорзальный – с преобладанием а. dorsalis pedis;
- 2) подошвенный – при преимущественном развитии подошвенных артерий;
- 3) равномерный – при симметричном развитии обоих артериальных стволов [10].

Статьи, посвященные топографической анатомии артерий первого межплюсневого промежутка, в свете микрохирургических аутотрансплантаций также носят единичный характер. Так, на основе данных Leung с соавторами (1983) было выделено 7 типов кровоснабжения первого и второго пальцев стоп в зависимости от расположения и размеров 1-й тыльной плюсневой артерии (1ТПА). Однако данное исследование не учитывало строение и использование 1-й подошвенной плюсневой артерии (1ППА), пересадка пальцев на подошвенных артериях не рассматривалась [11].

В наших ранее опубликованных работах [12] выделены основные разновидности питания аутотрансплантатов: через систему а. tibialis anterior 70,7% при врожденной патологии и 77,4% в случаях приобретенной патологии, через систему а. tibialis posterior соответственно 29,3% и 22,6%. Источником питания в 25,9% случаев врожденной патологии и 37,9% приобретенной служила 1ТПА. Питающим артериальным стволом второго пальца в 17,1% случаев врожденной и 16,9% приобретенной патологии являлась подошвенная плюсневая артерия, анастомозирующая с тыльной артерией стопы глубокой подошвенной ветвью. В 8%, по данным автора, питание трансплантата осуществлялось за счет подошвенных плюсневых артерий ввиду полного отсутствия системы тыльных артерий.

Kau и Wiberg (1996) произвели свободную пересадку пальцев стопы на кисть у 40 пациентов в возрасте от 9 месяцев до 14 лет. 1ТПА использовалась в 66% случаев, а в 34% случаев – 1ППА. Также было отмечено в одном наблюдении использование 2ППА ввиду повреждения 1ППА при проведении оперативного вмешательства [13].

Цель исследования – показать роль и значение исследования микрососудистого строения донорской и реципиентной зон для успешной микрохирургической аутотрансплантации пальцев стопы у детей.

Материалы и методы исследования

Исследование основано на данных обследования и лечения с 2000 по 2018 годы в НИДОИ им Г.И. Турнера 541 ребенка от 8 месяцев до 17 лет с врожденными пороками развития и посттравматическими деформациями верхней конечности. Пациенты мужского пола составили 45,2% (244 наблюдения), женского пола – 54,8% (297 наблюдений). Всего перемещено 696 аутотрансплантатов. В 522 случаях произведена пересадка одного пальца стопы (второй палец – 95%, третий, четвертый и пятый пальцы – 5%), также в 174 случаях выполняли аутотрансплантацию блока второго-третьего пальцев.

Выделение аутотрансплантата пальцев стоп начинали с фигурного разреза по тылу стопы в проекции первого межплюсневого промежутка, который продлевали через первый и второй межпальцевые промежутки на подошвенную поверхность стопы. Далее из окружающих тканей выделялась большая подкожная вена. Следующим этапом проводилось пересечение сухожилия короткого разгибателя первого пальца. Затем визуализировали тыльную артерию стопы (ТАС) и ее продолжение в виде 1-й тыльной плюсневой артерии (ТПА). Разрез продлевали через первый и второй межпальцевые промежутки на подошвенную поверхность стопы. В первом межпальцевом промежутке выделяли 1-ю подошвенную плюсневую артерию (ППА) от места ее бифуркации, затем в проксимальном направлении, до ее слияния с подошвенной артериальной дугой. Таким же образом

производилось выделение 2-й ППА, а также 3-й подошвенно-плюсневой артерии, если в состав трансплантата входил блок двух пальцев. Данный этап подразумевал обязательную идентификацию глубокой артериальной ветви, связывающей тыльную и подошвенную системы кровообращения. Одновременно с этим выполнялась мобилизация подошвенных пальцевых нервов и сухожильного аппарата пальцев стопы. При выявлении на этапе выделения гипоплазии или аплазии каких-либо артерий стопы этапность операции не меняли.

После подготовки реципиентной области трансплантат(-ы) переносили на кисть. Остеосинтез производили спицами 1,0 мм. Далее проводилось наложение анастомозов между сухожилиями и нервами трансплантата и соответствующими структурами реципиентной области. В качестве реципиентных артерий в большинстве случаев использовали *a. radialis* и *a. ulnaris* артерии на уровне кистевого сустава. Анастомозирование вен проводилось с ветвями *v. basilica* и *v. cefalica*.

В случаях недостаточности длины питающей ножки трансплантата (менее 4,0–5,0 см) для анастомозирования использовались ладонная артериальная дуга и (или) общие пальцевые артерии. В тех случаях, когда отмечалось недоразвитие сосудов на уровне запястья (диаметр сосуда менее 1,0 мм, низкая скорость кровотока), анастомозы с *a. radialis* и *a. ulnaris* накладывали проксимальнее (на предплечье). В случаях аплазии или гипоплазии вышеуказанных артерий использовались другие артерии предплечья (тыльная межкостная, срединная и плечевая артерии). Для восполнения длины артериальной ножки трансплантата применяли аутовенозную вставку из *v. saphena magna*.

Результаты исследования и их обсуждение

Правила выделения сосудов в донорской области

По данным проведенного нами исследования выявлено, что трансплантат второго пальца стопы может преимущественно кровоснабжаться из бассейна как *a. tibialis anterior*, так и *a. tibialis posterior*. Тыльная артерия стопы, являясь продолжением *a. tibialis anterior*, обеспечивает адекватное кровоснабжение аутотрансплантатов в 79% (550 трансплантатов). В 21% случаев (146 трансплантатов) питание осуществлялось из *a. tibialis posterior* и сопровождалось полным отсутствием или выраженной гипоплазией *a. dorsalis pedis*. Диаметр сосудистой ножки трансплантата варьировал в зависимости от возраста пациентов и степени развития конечностей (при врожденной патологии). В среднем диаметр питающих артерий составил от 1,5 до 2,5 мм. Однако в некоторых случаях, когда из-за анатомических особенностей нам приходилось брать трансплантаты на короткой сосудистой ножке (менее 3 см), то есть на уровне плюсневых артерий, диаметр сосудов мог составлять 1 мм и менее.

При стандартном выделении сосудистой ножки трансплантата (в случае нормально развитой тыльной артерии стопы) удавалось заимствовать ее на протяжении до 6–7 см. Для определения интенсивности кровотока в трансплантатах в основном оценивали следующие параметры: цвет и температуру поверхности трансплантата и скорость капиллярного ответа. В некоторых случаях для определения насыщенности кислородом тканей трансплантата использовали накожный датчик пульсоксиметра.

При наличии ТАС кровоснабжение второго и третьего пальцев стопы может происходить за счет тыльных и подошвенных плюсневых артерий. В 68% 1-я ТПА могла быть использована в качестве одного из кровоснабжающих сосудов трансплантата, так как имела хорошее развитие (рис. 1), в оставшемся проценте случаев (32%) она была резко гипоплазирована (менее 0,5 мм в диаметре) либо полностью отсутствовала.

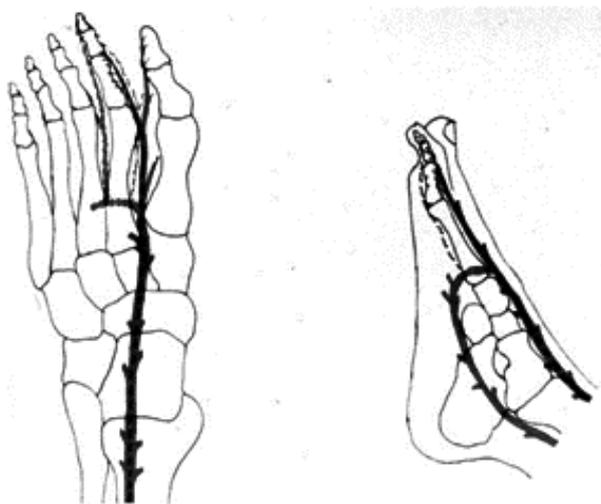


Рис.1. Вариант преобладания тыльного артериального кровоснабжения трансплантата пальца стопы (схема)

По данным ранее проводимых нами исследований [12] при наличии и хорошем развитии тыльной плюсневой артерии считали, что дальнейшее выделение остальных артериальных стволов нецелесообразно. Но, столкнувшись с серьезными осложнениями, которые проявлялись недостаточностью артериального кровотока в ауто трансплантате, при последующих оперативных вмешательствах мы стали выделять все артерии тыльной и подошвенной систем кровообращения.

Когда ТАС и 1-й ТПА были хорошо развиты, нами обнаружены различные сочетания кровоснабжающих палец артерий. Особо хочется отметить несколько случаев, когда отсутствовала связь 1-й ТПА с подошвенной артериальной дугой. Данная артерия залегала над апоневрозом, в поверхностных слоях подошвы стопы. В такой ситуации выделяли 1-ю ТПА и 2-ю ТПА, анастомозировавшие с ТАС через глубокую артериальную ветвь. 1-ю ТПА

выделяли на максимально возможном протяжении, при необходимости на кисти выполняли дополнительный микрососудистый анастомоз (диаграмма 1).

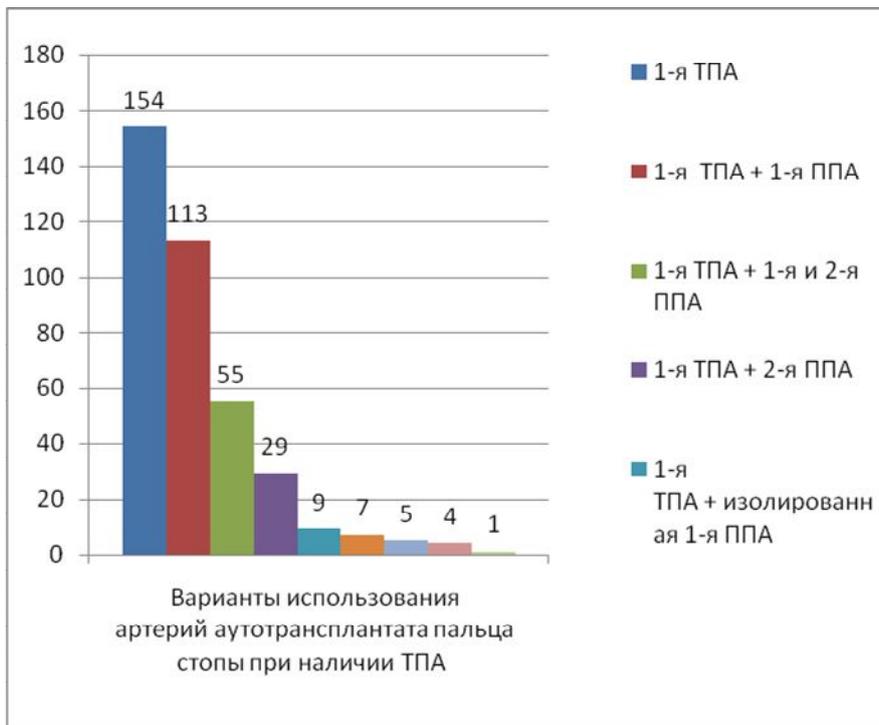


Диаграмма 1. Варианты кровоснабжения аутотрансплантатов при наличии ТПА

В случаях гипоплазии или аплазии ТПА выделение аутотрансплантата производили на подошвенных плюсневых артериях, которые отходят от подошвенной артериальной дуги и через глубокую артериальную ветвь, соединенных с ТАС (диаграмма 2).

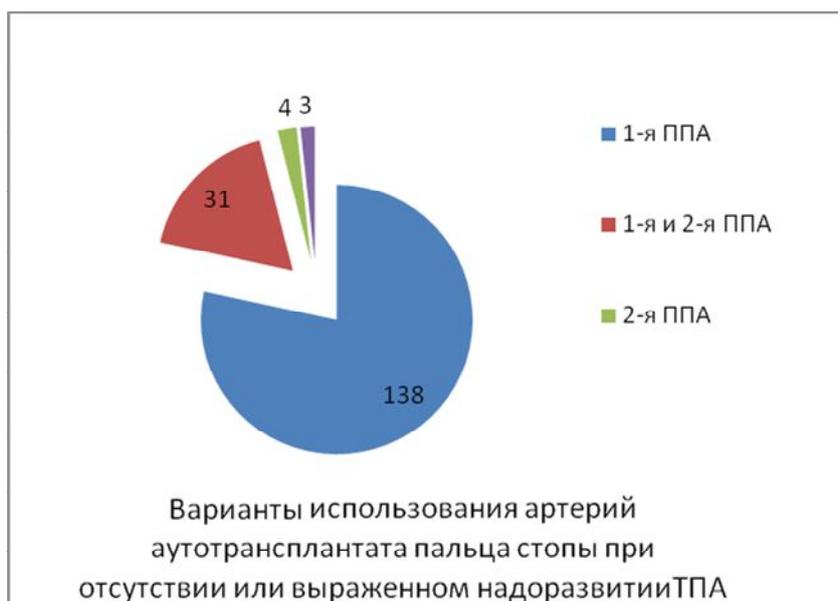


Диаграмма 2. Варианты кровоснабжения аутотрансплантатов при отсутствии или выраженном надоразвитии ТПА

ТАС в 21% наблюдений была недоразвита или полностью отсутствовала, что требовало формировать аутотрансплантат на подошвенных артериях. В таких случаях приступали к этапу выделения 1-й ППА. Основным питающим сосудом в 36% случаев был выделенный фрагмент подошвенной артериальной дуги и в 64% мобилизовывались исключительно дистальные артериальные стволы – плюсовые артерии (ППА и ТПА) (рис. 2, 3).

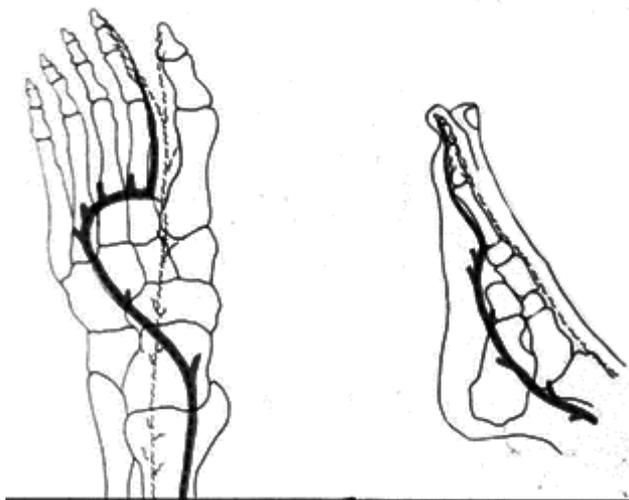


Рис.2. Вариант кровоснабжения трансплантата из системы задней большеберцовой артерии (схема)

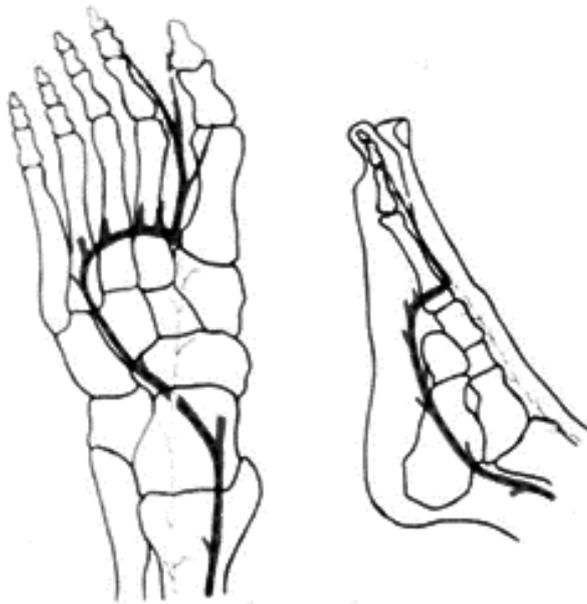


Рис.3. Вариант кровоснабжения трансплантата из подошвенной артериальной дуги с продолжением в тыльную систему кровоснабжения (через глубокую артериальную ветвь) (схема)

В диаграммах 3 и 4 приведены различные варианты кровоснабжения аутотрансплантата, которые применялись при заимствовании на фрагменте подошвенной артериальной дуги и на дистальных плюсневых артериях.

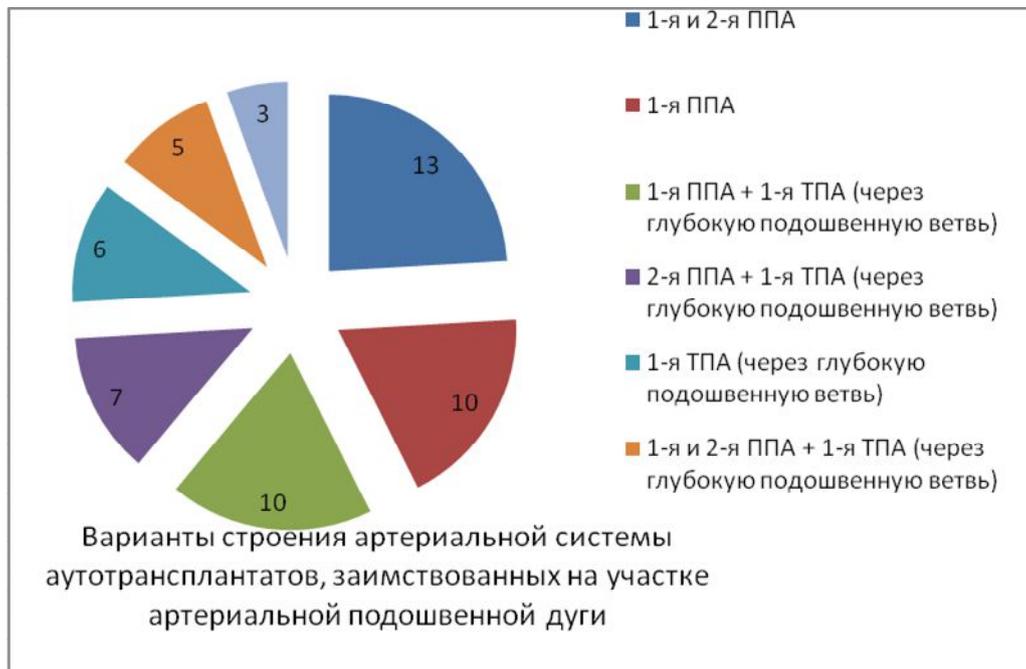


Диаграмма 3. Варианты кровоснабжения аутотрансплантатов, заимствованных на участке артериальной подошвенной дуги

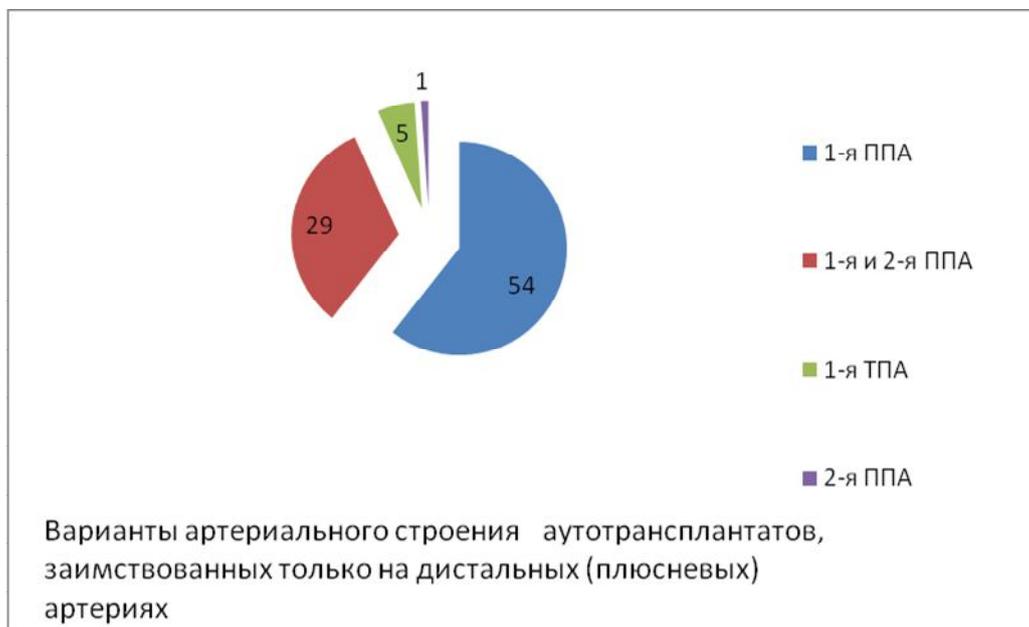


Диаграмма 4. Варианты кровоснабжения аутотрансплантатов, заимствованных на дистальных (плюсневых артериях)

Принципы подготовки питающих сосудов в реципиентной области

Для выбора и подготовки питающего сосуда в реципиентной области во внимание

принимали два основных показателя – соразмерный диаметр и высокую интенсивность кровотока [14, 15]. При неправильной оценке данных показателей у детей в послеоперационном периоде возникали сосудистые осложнения, вызванные недостаточностью кровообращения в аутотрансплантате. При тяжелых врожденных аномалиях верхней конечности степень гипоплазии могла быть настолько велика, что затрагивала дистальные отделы *a. radialis* и *a. ulnaris*. При таком развитии событий приходилось накладывать артериальный анастомоз более проксимально, вплоть до уровня дистальной трети плеча, с использованием аутовенозной вставки. В некоторых случаях использовались тыльная межкостная артерия, срединная и плечевая артерии.

Выбор питающего сосуда верхней конечности тоже определялся вариантом ангиоархитектоники донорской области. Стандартными вариантами подключения сосудов считались сосудистые анастомозы с *a. radialis* и *a. ulnaris*. Они использовались в случаях достаточной длины донорской артерии. Сосудистые анастомозы с ладонной артериальной дугой или общей ладонной пальцевой артерией применялись в случае короткой артериальной ножки аутотрансплантата (3,0 см и менее). При одномоментной транспозиции двух аутотрансплантатов с обеих стоп в качестве кровоснабжающего сосуда применяли одну артерию. Если питающая артерия имела адекватный диаметр (менее 0,9 мм) и отличалась высокой интенсивностью кровотока, то после ее пересечения для кровоснабжения обоих аутотрансплантатов использовали обе части пересеченного сосуда. В данном случае в качестве питающей артерии использовали *a. radialis*, *a. ulnaris* или ладонную артериальную дугу (таблица).

Варианты подключения сосудов на верхней конечности

| Выбор питающего сосуда | Пересадка одного аутотрансплантата | Одномоментная пересадка двух аутотрансплантатов |
|--|------------------------------------|---|
| <i>A. radialis</i> | 235 | – |
| <i>A. ulnaris</i> | 84 | – |
| Ладонная артериальная дуга | 19 | – |
| Общая ладонная пальцевая артерия | 23 | – |
| Тыльная межкостная артерия | 5 | – |
| Плечевая артерия (ветвь или анастомоз «конец в бок») | 10 | – |

| | | |
|--|---|-----|
| Срединная артерия | 1 | – |
| Проксимальный и дистальный фрагменты a. radialis после ее пересечения | – | 107 |
| Проксимальный и дистальный фрагменты a. ulnaris после ее пересечения | – | 13 |
| Проксимальный и дистальный фрагменты ладонной артериальной дуги после ее пересечения | – | 11 |
| Две общие ладонные пальцевые артерии | – | 21 |
| Проксимальные фрагменты a. radialis и a. ulnaris | – | 5 |
| Проксимальный фрагмент a. radialis и общая ладонная пальцевая артерия | – | 6 |

Осложнения, связанные с нарушением кровотока в пересаженных аутооттрансплантатах, зависели от многих факторов, в том числе от размеров и диаметра сосудистой ножки. В случаях достаточного диаметра сшиваемых сосудов (более 2 мм) риск тромбообразования снижался до минимума, тогда как при более мелких размерах либо недостаточности длины сосудистой ножки (когда приходилось использовать венозную вставку) риск возникновения осложнений, связанных с тромбозом в зоне анастомоза, повышался.

Выводы

1. При кровоснабжении трансплантата из a. tibialis anterior (79%) в 68% случаев определялась хорошо развитая тыльная плюсневая артерия, при этом в 32% случаев кровоснабжение трансплантата осуществлялось только за счет подошвенных плюсневых артерий. Данные, полученные в результате исследования, соответствуют данным зарубежных авторов [6, 9].

2. Методика хирургического выделения аутооттрансплантатов пальцев стоп остается неизменной и не зависит от вариантов ангиоархитектоники донорской области. При мобилизации аутооттрансплантата второго или блока второго-третьего пальцев стопы необходимо производить выделение всех имеющихся артерий – тыльных и подошвенных, обеспечивая тем самым наиболее адекватное кровоснабжение аутооттрансплантата, снижая риски возникновения сосудистых осложнений в послеоперационном периоде.

3. Адекватный диаметр и высокая пропускная способность питающего сосуда в реципиентной области необходимы для обеспечения достаточной перфузии тканей

трансплантата.

4. От качества мобилизации сосудов донорской и подготовки таковых в реципиентной области зависят приживание перемещенного микрососудистого аутооттрансплантата и, соответственно, успех микрохирургического вмешательства.

Сокращения:

ТАС – тыльная артерия стопы;

1ТПА – 1-я тыльная плюсневая артерия;

1ППА – 1-я подошвенная плюсневая артерия

Список литературы

1. Ортопедия: национальное руководство / Под ред. С.П. Миронова, Г.П. Котельникова 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 944 с.
2. Балашов А.В. Микрохирургическая аутооттрансплантация пальцев стопы при лечении врожденной брахидактилии кисти у детей: дис. ... канд. мед. наук. Санкт Петербург, 2012. 182 с.
3. Congenital Anomalies of the Upper Extremity. Etiology and management. Ed by D.R. Laub. Boston: Springer. 2015. DOI:10.1007/978-1-4899-7504-1.
4. Maricevich M., Carlsen B., Mardini S., Moran S. Upper extremity and digital replantation. Hand (NY). 2011. V. 6 (4). P. 356-363. DOI: 10.1007/s11552-011-9353-s.
5. Голяна С.И., Тихоненко Т.И., Говоров А.В., Зайцева Н.В., Балашов А.В. Осложнения при использовании микрохирургической аутооттрансплантации пальцев стопы у детей с патологией кисти // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2017. Т. 5. № 4. С. 16-23. DOI:10.17816/PTORS5416-23.
6. Jonescor N.F., Kaplan J. Indications for microsurgical reconstruction of congenital hand anomalies by toe-to-hand transfers. Hand (NY). 2013. V. 8 (4). P. 367-374. DOI: 10/1007/s 11552-013-9534-5.
7. LeBlanc A.J., Krishman L., Sullivan C.J., Williams S.K., Hoying J.B. Microvascular Repair: Post-Angiogenesis Vascular Dynamics. Microcirculation. 2012. V. 19(8). P. 676-95. DOI: 10/1111/j/15498719.2012.00207x.
8. Wolf K-D. Raising of microvascular flaps: a systematic approach. Springer Science & Business Media. Springer, 2nd ed. 2011. 243 p.
9. Zenn M., Jones G. Reconstructive Surgery: Anatomy, Technique, and Clinical Applications. St. Louis, MI: Quality Medical Publishing. Inc. 2012.P.1791-1801.

10. Щербакова А.А. Некоторые особенности в распределении артерий и нервов стопы человека // Арх. анат. 1955. Т. 32. вып. 3. С. 38-92.
11. Leung P.C., Wong W.L., Lai Chi Kok. The Vessels of the First Metatarsal Web Space. J.Bone Joint Surg. 1983.A. 65. № 2. P.235-238.
12. Шведовченко И.В., Голяна С.И. Основные источники кровоснабжения пальцев стопы, используемых в качестве микрохирургических аутотрансплантатов // Профилактика, диагностика и лечение повреждений и заболеваний ОДА у детей. СПб, 1995. С.128-129.
13. Kay S.P., Wiberg M. Toe to hand transfer in children. Part 1: technical aspects. J. Hand Surg. Br. 1996.V. 21(6). P.723-34.
14. Reconstruction by Microsurgical Toe Transfers. J Hand Surg Am. 2018. Oct 3. pii:S0363-5023(17)32129-9. DOI: 10.1016/j.jhsa.2018.08.013.
15. Roger de Oña I, Garcia Villanueva A., Studer de Oya A. An Alternative Thumb Reconstruction by Double Microsurgical Transfer From the Great and Second Toe for a Carpometacarpal Amputation. J Hand Surg Am. 2018. V. 43(10):955.e1-955.e9. DOI: 10.1016/j.jhsa.2018.03.022.