УДК 617-089:616.13

© Коллектив авторов, 2012.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА СРЕЗА КРОВЕНОСНОГО СОСУДА ПРИ НАЛОЖЕНИИ СОСУДИСТЫХ АНАСТОМОЗОВ

А.В. Селиванов, А.Н. Рыжаков, С.Н. Леоненко, В. И. Стрельченко, А.С. Тагаева

ГУ «Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского», г. Симферополь; Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

DETERMINATION OF TRIANGLE SECTION OF BLOOD VESSEL AT LEGATION OF VASCULAR SHUNT

A. V. Selivanov, A. N. Ryzhakov, S. N. Leonenko, V. I. Strelchenko, A. S. Tagaeva

SUMMARY

Method of calculation is substantiated and computer program for determination of triangle section of blood vessel is made up, which provide for possibility of legation of vascular shunt of blood vessels of different diameters.

ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ЗРІЗУ КРОВОНОСНОЇ СУДИНИ ПРИ НАКЛАДЕННІ СУДИННИХ АНАСТОМОЗІВ

О.В. Селіванов, А.Н. Рижаков, С.М. Леоненко, В. І. Стрельченко, О.С. Тагаева

РЕЗЮМЕ

Обгрунтований метод розрахунку і складена комп'ютерна програма для визначення кута зрізу кровоносної судини, що забезпечує можливість проведення судинного анастомозу кровоносних судин різних діаметрів.

Ключевые слова: сосудистый анастомоз, цилиндрический сосуд, эллиптический интеграл, метод последовательных приближений.

Историю сосудистой хирургии следует датировать самым началом XX в., когда в 1902 г. французский хирург А. Каррель [5] разработал чрезвычайно удобный и надежный способ соединения кровеносных сосудов — сосудистый шов конец в конец с использованием держательных нитей. Использование сосудистого шва сразу же позволило проводить (сначала в эксперименте, а затем и в клинике) успешные трансплантации органов с сохранением кровообращения.

С тех пор было разработано множество методик оперативных вмешательств на сосудах. Основные технические приемы, используемые хирургами, направлены на сопоставление сосудистых стенок путем расширения конца меньшего по величине сосуда микропинцетами или микробужами [4]. Известен метод телескопического внедрения концов сосудов [4], способ формирования сосудистого анастомоза при помощи кругового узлового шва [4], который распространен среди большинства хирургов. Среди различных вариантов данного способа одно из ведущих мест занимает методика «асимметричной биангуляции», предложенная J. Cobbett [4], заключающаяся в наложении двух держалочных швов через 120 градусов по окружности с последующим формированием кольца анастомоза (O.Brien B., Acland R.) [4]. При различном диаметре соединяемых сосудов предпочтительно накладывать держалки через 180 градусов по окружности (Chase M., Harashina T.) [4].

Общей проблемой указанных способов соединения сосудов является неточное сопоставление концов сосудов, возникновение пристеночных турбулентных потоков, что, в дальнейшем, способствует формированию пристеночных тромбов. Причиной данного процесса является угловое смещение осей сосудов в зоне анастомоза. Помимо турбулентных потоков может возникнуть сужение в области анастомоза вследствие рубцевания, повреждение интимы сопоставляемых сосудов.

Также при необходимости соединения сосудов разного диаметра «конец в конец» можно применить следующие способы.

· Способ Добровольской [4]. Длину окружности конца меньшего сосуда можно увеличить путем нанесения насечек. После нанесения насечек на заднюю и переднюю полуокружности сосуда его концу придают форму раструба и приступают к наложению шва. Точность сопоставления в данном случае невысока, что будет приводить к возникновению турбулентных потоков.

· Способ Зайденберга—Хурвити—Картана [4]. Для увеличения окружности сосуда его пересекают в области деления на два ствола. В этом случае сопоставление также осуществляется относительно, «на глаз», что тоже чревато изменением тока крови и развитием осложнений.

· Методика, которую опубликовали в 1998 году Махатилов Г.М.; Аскерханов Г.Р.; Закариев З.М. [6]: на конце сосуда большего диаметра из его передней стенки формируется треугольной формы лепесток, ширина которого у основания равна разнице сшиваемых сосудов, а высота диаметру большего сосуда. Передняя стенка конца сосуда меньшего диаметра продольно рассекается на длину, равную высоте лепестка. Непрерывным швом накладывается анасто-

моз, начиная от верхушки лепестка, уложенного в дефект, образованный рассечением стенки сосуда меньшего диаметра. Предлагаемый способ позволяет устранить несоответствие концов сшиваемых сосудов и предотвратить деформацию области сформированного анастомоза, однако точность сопоставления далека от идеала, к тому же метод сложен технически, и выполнить его сможет хирург с высокой квалификацией.

· Способ Кривчекова-Коваленко [4]. Срезание под углом конца сосуда с меньшим диаметром. Сосуд с меньшим диаметром должен быть мобилизован больше, чем сосуд с большим диаметром. Специальной линейкой измеряют величину полуокружности большего сосуда. Затем линейку прикладывают к концу сосуда с меньшим диаметром и угол между длинником сосуда и линейкой меняют до тех пор, пока длина линии скоса не станет равной величине измеренной полуокружности большого сосуда. По найденной линии производят срез, при этом величина образующегося отверстия будет приблизительно соответствовать просвету сосуда большего. Погрешность при подобных расчетах остается значительной.

Наиболее эффективным способом наложения сосудистых анастомозов, на наш взгляд, является адаптация длин окружностей сопоставляемых сосудов путем пересечения меньшего по величине в косом направлении. Наш метод позволяет наиболее точно и достоверно определить идеальный угол среза меньшего сосуда, что технически упрощает наложение сосудистого анастомоза. Смещение осей сосудов в зоне анастомоза минимально, вероятность возникновения турбулентных потоков крайне низка, а, значит, снижается количество осложнений, связанных с тромбообразованием.

Цель работы - для двух цилиндрических сосудов диаметрами $d_1 < d_2$ определить угол среза ¨ $_1$сосуда меньшего диаметра и абсолютную погрешность его измерения, таким образом, чтобы выполнялось условие $|L_1 - L_2| \le 1$ мм, где $L_i\ (i = 1,2)$ длины линий, ограничивающих сечения соответствующих сосудов.

Методика расчёта - сечение цилиндра плоскостью в составляющей угол ¨ 1с плоскостью основания α и не пересекающей оснований, является эллипсом (рис. 1).

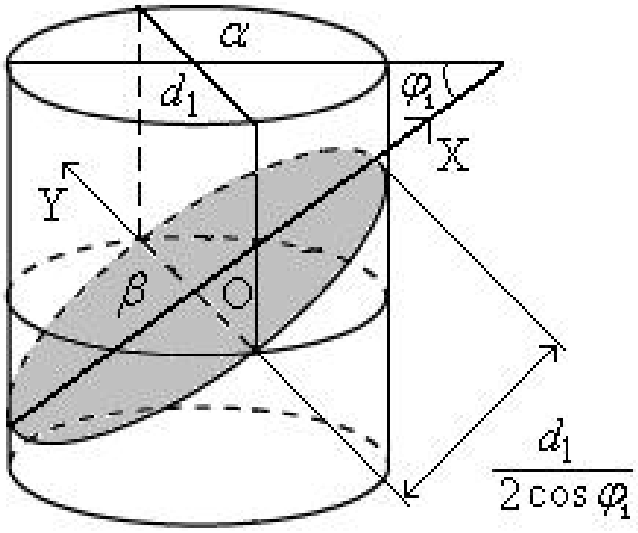

Рис. 1. Сечение цилиндра под углом ¨ $_1$ к плоскости основания.

В канонической системе координат XOY, лежащей в плоскости β, уравнение эллипса можно записать в виде:

$$\begin{cases} x = a\sin t, \quad a = d_1/(2\cos ¨_1) \\ y = b\cos t, \quad b = d_1/2 \end{cases} \qquad (1)$$

Длина дуги плоской линии определяется [1] выражением (2).

$$L = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{(x_t')^2 + (y_t')^2}\, dt, \quad t_2 > t_1 \qquad (2)$$

Воспользовавшись параметрическим представлением эллипса, получаем длину эллипса, как учетверенную его длину в первой координатной четверти $(0 \le t \le ® / 2)$, которая дается следующим выражением:

$$\begin{matrix} x_t' = a\cos t \\ y_t' = -b\sin t \end{matrix} \Rightarrow L = 4\cdot \int_0^{®/2} \sqrt{(a\cos t)^2 + (-b\sin t)^2}\, dt \qquad (3)$$

После замены $b^2 = a^2(1 - £^2)$ выражение (3) для длины эллипса принимает окончательный вид:

$$L = 4a \int_0^{®/2} \sqrt{1 - £^2\sin^2 t}\, dt \qquad (4)$$

В выражении (3) обозначено $\varepsilon = \sqrt{1-b^2/a^2} = \sqrt{1-(d_1/2)^2/(d_1/(2\cos\varphi_1))^2} = \sin\varphi_1 < 1$ - эксцентриситет эллипса. Выражение (4) – полный эллиптический интеграл второго рода $E(\varepsilon, \pi/2)$, который не может быть выражен в элементарных функциях.

Для вычисления интеграла (4) можно воспользоваться известным разложением подынтегральной функции в биномиальный ряд (5).

$$\sqrt{1-\varepsilon^2\sin^2 t} = 1 - \frac{1}{2}\varepsilon^2\sin^2 t - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4}\varepsilon^4\sin^4 t - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4}\cdot\frac{3}{6}\varepsilon^6\sin^6 t - \ldots \qquad (5)$$

Ряд (5) сходится при любых значениях t и допускает почленное интегрирование, так как он мажорируем на любом интервале [2].

$$E(\varepsilon, \pi/2) = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2}\varepsilon^2\int_0^{\pi/2}\sin^2 t\,dt - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4}\varepsilon^4\int_0^{\pi/2}\sin^4 t\,dt - \qquad (6)$$

$$-\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4}\cdot\frac{3}{6}\varepsilon^6\int_0^{\pi/2}\sin^6 t\,dt - \ldots$$

Для интегралов в правой части (6), используя метод рекуррентного интегрирования, можно показать справедливость равенства:

$$\int_0^{\pi/2}\sin^{2n} t\,dt = \underbrace{-\frac{1}{n}\cos t\sin^{2n-1} t\,\Big|_0^{\pi/2}}_{=0} + \frac{2n-1}{2n}\int_0^{\pi/2}\sin^{2n-2} t\,dt =$$

$$= \left(\underbrace{-\frac{1}{2n-2}\cos t\sin^{2n-3} t\,\Big|_0^{\pi/2}}_{=0} + \frac{2n-3}{2n-2}\int_0^{\pi/2}\sin^{2n-2} t\,dt\right)\frac{2n-1}{2n} = \ldots = \frac{1\cdot 3\ldots(2n-1)}{2\cdot 4\ldots 2n}\cdot\frac{\pi}{2}$$

Учитывая последнее равенство, получаем окончательное выражение для длины эллипса в виде ряда.

$$L = 4a\left(\frac{\pi}{2} - \frac{1}{2}\varepsilon^2\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{\pi}{2} - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4}\varepsilon^4\cdot\frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\cdot\frac{\pi}{2} - - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4}\cdot\frac{3}{6}\varepsilon^6\cdot\frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}\cdot\frac{\pi}{2} - \ldots\right) \qquad (7)$$

Подставляя в (7) выражение зависимости α от угла среза и используя выражения для n - го члена ряда, запишем:

$$L = \frac{2\cdot d_1}{\cos(\varphi_1)}\left[\frac{\pi}{2} - \sum_{n=1}^{\infty}\frac{\pi}{2}\cdot\left(\frac{\prod_{i=1}^{n}(2i-1)^2}{\prod_{i=1}^{n}(2i)^2}\cdot\frac{\varepsilon^{2n}}{2n-1}\right)\right] \qquad (8)$$

По условию задачи, полученная длина эллипса должна равняться длине окружности, ограничивающей $L = \pi d_2$. Получаем уравнение для определения величины угла среза.

$$\cos(\varphi_1) = \frac{2\cdot d_1}{\pi\cdot d_2}\left[\frac{\pi}{2} - \sum_{n=1}^{\infty}\frac{\pi}{2}\cdot\left(\frac{\prod_{i=1}^{n}(2i-1)^2}{\prod_{i=1}^{n}(2i)^2}\cdot\frac{\varepsilon^{2n}}{2n-1}\right)\right] \qquad (9)$$

Таблица 1

Результаты вычисления величины и абсолютной погрешности измерения угла среза кровеносного сосуда при наложении сосудистых анастомозов

$d1$, мм	$d2$, мм	L_ok, мм	L_el, мм	¨1, град	Δ¨, град
2	5	15.708	15.7004	73.956	1.146
3	5	15.708	15.6939	63.157	2.235
4	5	15.708	15.7034	47.362	4.584
2	4	12.566	12.5588	68.951	1.948
3	4	12.566	12.5584	52.086	4.584
2	3	9.425	9.4204	58.703	4.354

Из данных таблицы 1 следует, что для обеспечения заданной точности длины среза меньшего сосуда, угол среза должен измеряться с точностью до одного градуса.

ВЫВОДЫ

1. В работе приведена методика расчета и разработана компьютерная программа, позволяющая определить угол среза кровеносного сосуда при наложении анастомозов, при котором обеспечивается равенство длин сечений сращиваемых кровеносных сосудов с точностью до 1 мм.

В рамках заданного изменения диаметров кровеносных сосудов $(2мм \le d \le 5мм)$ определена необходимая точность угла среза малого сосуда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Т. 2. – М., Наука, 1970. – 800 с.

2. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов / М., Физматгиз, 1963. – 856 с.

3. Виленкин Н. Я. Метод последовательных приближений / М., 1968. – 108 с.

4. Сосудистый шов. Под ред. В.Ф. Байтингера. – Томск, АНО НИИ микрохирургии ТНЦ СО РАМН, 2005. – 106 с.

5. Чиссов В.И. Способ формирования микроартериального анастомоза в облученных тканях / Чиссов В.И.; Решетов И.В.; Маторин О.В.; Кравцов С.А.. http://ru-patent.info/21/60-64/2161014.html - название с экрана.

6. Махатилов Г.М. Способ соединения разнокалиберных сосудов / Махатилов Г.М., Аскерханов Г.Р., Закариев З.М. http://ru-patent.info/21/00-04/2100969.html - название с экрана.