

УДК 599.537

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

С. В. ПЕРШИН А. С. СОКОЛОВ, А. Г. ТОМИЛИН

О МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ХВОСТОВЫХ ПЛАВНИКОВ НЕКОТОРЫХ КИТООБРАЗНЫХ*(Представлено академиком Б. Е. Быховским 21 V 1971)*

Было показано (¹⁻³), что у дельфинов упругость спинного и хвостового плавников переменная и регулируется с помощью специфических комплексов кровеносных сосудов и покровных тканей плавников с изменением режима плавания животного. Ранее сообщенное о дельфинах относительно характера плавания, строения и функции двигательного комплекса, гидродинамической роли и характеристики плавников, отсутствия в них мускулатуры справедливо и для китов.

Вместе с тем, у разных видов китообразных (всюду имеются в виду взрослые особи) в строении сосудистой сети и тканей хвостового плавника наблюдаются различия, обусловленные размерами животных и их скоростными качествами. В отличие от дельфинов, киты гораздо крупнее. Они достигают длины 30 м, весом до 120 т, однако скорость плавания китов не превышает 15 м/сек. Создавая силу тяги, кит машет огромным хвостовым плавником поперечной шириной до 5—6 м и толщиной 0,1—0,2 м, с наибольшим размахом до 5 м и частотой около 1 колеб/сек.

Материал был собран в арктических и антарктических экспедициях Всесоюзного, Полярного и Атлантического научно-исследовательских институтов морского рыбного хозяйства и океанографии. Работа выполнена в лаборатории функциональной морфологии Зоологического института АН СССР, причем было использовано около 50 хвостовых плавников эмбрионов китов разного возраста, помимо ранее изученных взрослых дельфинов различных видов. Плавники исследовались морфологическим, гистологическим и рентгенографическим методами. Диаметр сосудов измерялся у взрослых дельфинов и эмбрионов китов по рентгенограммам, но для крупных китообразных данные о калибре сосудов получены экстраполяцией по размерам сосудистой сети эмбрионов. Поэтому приведенные размеры сосудов имеют главным образом относительное значение.

Кроме величины тела, исследованные виды китообразных отличаются разными скоростями плавания. В табл. 1 величина тела и скоростные качества китообразных характеризуются максимальными значениями безразмерных чисел — Рейнольдса $Re_{\max}$ и относительной скорости плавания $\bar{U}_{\max}$, где $Re_{\max} = \frac{U_{\max} L}{\nu}$; $\bar{U}_{\max} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{gL}}$. При этом L — средняя зоологическая длина животного, $U_{\max}$ — максимальная скорость плавания, g — ускорение силы тяжести, ν — кинематический коэффициент вязкости воды.

Кровеносная сеть в хвостовых плавниках всех исследованных китообразных (табл. 1) сходна по густоте и сильной разветвленности; основные сосуды — комплексного (артерио-венозного) строения, с большим количеством анастомозов разного типа. Главные артерии лопастей отделяются от одного магистрального хвостового сосуда между позвонками. По месту их ответвления на магистральной артерии образуются распределительные узлы, от которых отходят по четыре боковых сосуда: по два в правую и левую лопасти, сверху и снизу (рис. 1—2 по рентгенограммам).

Однако имеются и существенные различия в характере ветвления сосудистой сети мелких и крупных китообразных (дельфинов и китов). У мелких быстро плавающих китообразных (белобочка, рис. 1а) по диа-

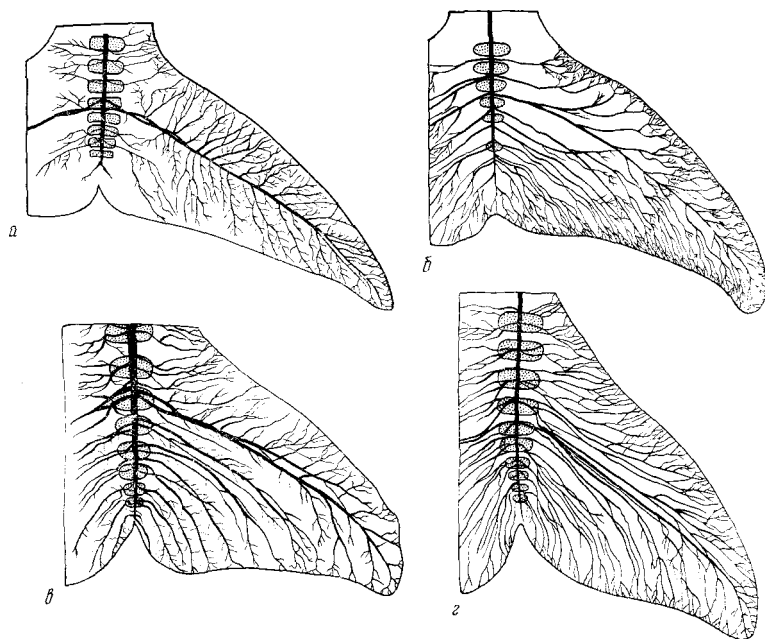


Рис. 1

метру ответвляющихся комплексных сосудов резко выделяется один распределительный узел, названный нами общим (¹). Отходящие от этого узла сосуды отличаются значительной протяженностью и питают большую по площади и толщине часть лопасти.

У крупных медленно плавающих китообразных (кашалот, рис. 1г) нет одного общего распределительного узла, а на магистральном сосуде име-

Таблица 1

Характеристика сосудистой сети в хвостовом плавнике китообразных

Виды китообразных	Гидродинамические критерии животного		Гидродинамические критерии животного		Тип сосудистой сети		Наибольший диаметр сосудов (мм)	
	Re _{тах} · 10 ⁻⁴	U _{тах}	Средн. длина тела (м)	Средн. площадь плавника (м ²)	профр	число главных узлов в средней части плавника	магистрального	распределительных
Дельфины								
Белобочка — <i>Delphinus delphis</i>	16	3,3	1,6	0,04	М	1	3,0	1,0—1,5
Морская свинья — <i>Phocaena phocaena</i>	9	2,3	1,4	0,03	М	1	2,0	1,0—1,5
Белуха — <i>Delphinapterus leucas</i>	21	0,9	4,5	0,32	ПР	1+	12,0	5,0—7,0
Киты								
Сейвал — <i>Balaenoptera borealis</i>	180	1,3	15,0	3,5	ПР	2+	—	6,0—8,0
Финвал — <i>Balaenoptera physalus</i>	200	0,9	20,0	6,0	ПР	2+	—	9,0—16,0
Кашалот — <i>Physeter catodon</i>	83	0,5	15,0	3,5	Р	3+	—	10,0—15,0

ется ряд последовательно расположенных распределительных узлов, среди которых особо выделяются своими крупными размерами 3—4 ветви, именно они доходят до самых удаленных (концевых) частей лопастей. От остальных более мелких распределительных узлов отходят сосуды, которые снабжают лишь небольшую часть лопасти.

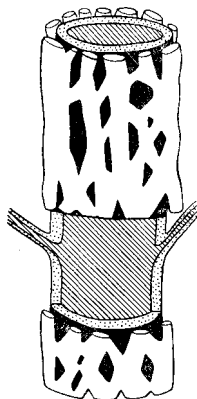


Рис. 2

В соответствии с указанными различиями и известными положениями в гемодинамике, первый тип строения сосудистой сети относится к магистральному (М), а последний — к рассыпному (Р) (табл. 1). Промежуточным между этими типами служит полурассыпной тип (ПР), который отмечается у китообразных средних размеров низких скоростей (белуха, рис. 1б), так же как у крупных китов высоких скоростей (сейвал, рис. 1в). В этом полурассыпном типе из 7—12 ветвей выделяются 2—3 наиболее крупные ветви.

При магистральном типе ветвления, как известно, регуляция скорости течения и давления крови более совершенная, чем при рассыпном. Вместе с тем, рассыпной тип ветвления в хвостах скоростных китов возможно образовался в связи с огромными размерами лопастей, когда для выполнения функций (гидроупругий эффект, трофика) магистральный тип оказался менее совершенным, так как в сосуде большого диаметра создаются условия для турбулизации потока.

Из табл. 1 видно, что при малой площади хвостового плавника поперечные размеры сосудов небольшие даже в случае магистрального типа ветвления. Напротив, при большой площади хвостового плавника калибр этих сосудов достаточно крупный, хотя ветвление рассыпного типа. Судя по размерам сосудов и обычной скорости кровотока ⁽⁴⁾, можно полагать, что в них имеет место ламинарный режим течения крови.

Характерной особенностью комплексных сосудов в хвостовых плавниках мелких и крупных китообразных является наличие в венозной оплетке, окружающей артерии, большого числа анастомозов. Венозная оплетка не сплошь покрывает поверхность толстостенной артерии, а со значительными просветами, как это показано на рис. 2 (темные пятна). Число вен в оплетке достигает десяти. Обилие анастомозов в венозной оплетке связано с регулированием давления и интенсивности кровотока.

Отметим, что даже в одном и том же хвостовом плавнике меняется расположение опорных элементов тканей — коллагеновых и эластиновых волокон, а именно в передней толстой части профиля лопастей плавника волокна направлены в разных направлениях (беспорядочно), в концевой тонкой части профиля — преимущественно вертикально. Это очевидно связано с необходимостью иметь различную жесткость в разных частях плавника при колебательных движениях.

Таким образом, типы ветвления сосудистой сети в хвостовых плавниках китообразных определяются как размерами, так и скоростными качествами животных. При этом поперечные размеры сосудов обуславливаются необходимостью сохранения в них ламинарного режима течения крови, что, в свою очередь, связано с типом строения сосудистой сети.

Зоологический институт
Академии наук СССР
Ленинград

Поступило
12 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. В. Першин, А. С. Соколов, А. Г. Томилин, ДАН, 190, № 3 (1970).
² С. В. Першин, А. С. Соколов, А. Г. Томилин, IV Всесоюз. совещ. по изуч. морских млекопитающих, Тез. докл., М., 1969. ³ А. С. Соколов, С. В. Першин, А. Г. Томилин, Зоол. инст. АН СССР, Тез. докл., Л., 1970. ⁴ Н. Н. Савицкий, Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики, 1963.

