

## ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ НАГРУЗКОЙ НА СУСТАВЫ И СОСТОЯНИЕМ СИНОВИАЛЬНЫХ ВЫРОСТОВ

А. Н. Щегольков

(Институт зоологии АН УССР)

При изучении капсулы суставов Гаверс (Havers, 1691) и Уинслоу (Winslow, 1732) обнаружили, что внутренняя ее оболочка содержит выросты, направленные в полость сустава. Эти исследователи приняли наблюдаемые выросты за железы, вырабатывающие внутрисуставную жидкость.

В дальнейшем было установлено, что количество синовиальных выростов (ворсин и складок) в суставе непостоянно (Каллистов, 1946; Барон, 1949). Что касается функции ворсин, то в настоящее время имеются предположительные указания на секрецию ими муцина и обратное всасывание из полости сустава некоторых веществ (Kling, 1938; Davies, 1945, 1946; Каллистов, 1946; Барон, 1949). В работе И. П. Каллистова (1947) показаны возрастные изменения синовиальной оболочки и синовиальных ворсин в суставах животных и человека. Изложена общая гистологическая картина строения синовиального покрова.

Нашей задачей было проследить, как изменяется характер синовиального покрова под влиянием различной физической нагрузки. При этом в центре внимания проводимого исследования были изменения, претерпеваемые выростами синовиальной оболочки.

Как и Каллистов, мы установили, что ворсины и складки образуются в наиболее васкуляризованных зонах синовиальной оболочки. Кровеносная сеть в этих местах представлена петлистым переплетением сосудов при наличии свободных капиллярных петель, завитков и клубочков. В мало васкуляризованных участках и бессосудистых зонах оболочки ворсин и складок нет. Количество, размеры и форма ворсин и складок синовиальной оболочки как бы отражают интенсивность васкуляризации синовиальной оболочки.

Морфологическая картина синовиального покрова и его васкуляризация зависят от функционального состояния сустава, на которое, по нашему мнению, оказывает влияние сочетанное действие веса тела животного и его физическая активность (Щегольков, 1962, 1964, 1965). Именно этим и объясняется то обстоятельство, что у животных с одинаковой массой тела одни и те же суставы содержат разное количество выростов синовиальной оболочки с различным характером их васкуляризации. Определенно можно говорить, что у более крупных животных синовиальный покров сустава всегда богаче синовиальными выростами, направленными в суставную полость. Это наглядно проявляется при сопоставлении данных о количестве ворсин в суставах животных различного веса (табл. 1).

В табл. 1 показано, что у кролика количество ворсин наименьшее (37), а у слона наибольшее (58 726). Вместе с тем, в коленном суставе крупных животных количественно преобладают крупные и средние выросты, а в суставах мелких животных содержатся в основном ворсины микроскопических размеров.

Таблица 1

Животное	Вес (в кг)	Количество ворсин			Количество складок
		больших	средних	малых	
Кролик . . . . .	2,8	1	15	21	1
Кошка . . . . .	3,5	—	18	38	5
Заяц . . . . .	4,2	8	44	45	1
Лисица . . . . .	6,5	—	38	121	—
Собака . . . . .	12,6	5	183	109	3
Волк . . . . .	38	134	809	779	1
Медведь (в зоопарке) . .	50	3	39	136	4
Лошадь . . . . .	600	13279	8522	556	293
Слон . . . . .	6000	48027	10699	—	11

Таблица 2

Животное	Вес (в кг)	Содержание	Количество ворсин			Количество ворсин
			больших	средних	малых	
Собака	10,5	Свободное	1	19	98	2
»	12	»	5	138	121	—
»	12,6	»	7	105	77	1
»	14,3	»	5	263	98	1
»	15	»	5	290	167	9
Волк	24,7	Зоопарк	41	67	35	6
»	27	»	2	85	170	11
»	36,7	»	38	212	331	1
»	31,1	На воле	150	666	767	—
»	36	»	118	621	708	—
»	38,1	»	159	674	971	—
»	38,9	»	130	816	810	2
»	42,1	»	156	1208	722	3

Указанная зависимость между весовой загрузкой сустава и количеством выростов на его синовиальном покрове установлена нами также для животных одного и того же вида и для представителей родственных групп, находившихся в одинаковых условиях существования, но имевших заметные различия в массе тела (табл. 2). Так, у волков, содержащихся в зоопарке и имевших различный вес, количество и распределение ворсин в коленном суставе было неодинаково. У волка весом 24,7 кг в коленном суставе обнаружено 143 ворсины, а у волка весом 36,7 кг — 581. Подобная же картина наблюдается и среди волков, обитавших на воле. Эта закономерность присуща и представителям других видов животных.

Следовательно, разница в количестве выростов синовиального покрова сустава (в зависимости от веса тела) установлена у животных, содержащихся в одинаковых условиях, и особенно у животных, находившихся в различных условиях существования. К тому же у животных, содержащихся в клетках, преобладают малые и средние ворсины, а у особей, обитавших в природных условиях, большинство ворсин имеет средние и крупные размеры.

Форма ворсин и складок синовиальной оболочки коленных суставов млекопитающих может быть самой разнообразной не только у разных животных, но даже в одном и том же суставе. Например, у слона наряду с простыми выростами — нитевидными, плоскими, плоско-

удлиненными, соскообразными и др.— имеются сложные — древовидные, булавовидные, кустообразные, аркообразные, паукообразные и другие выросты. Строение указанных выростов в общем усложняется у животных, обладающих большей массой тела, однако прямой зависимости формы ворсин от массы тела мы не отмечаем. В суставах животных одного и того же вида в одних случаях содержатся преимущественно простые ворсины, в других — сложные. При исследовании оказалось, что форма выростов синовиальной оболочки коленного сустава определяется не столько весом тела, сколько физической активностью животного, что эти структуры полиморфны и не обладают какими-либо специфическими признаками для определенного вида животных.

Как же реагирует синовиальный покров на изменение условий функционирования сустава?

При сравнении суставов животных родственных групп (табл. 3), в которые подбирали особей одинакового веса, мы отметили прямую зависимость количества ворсин и их размеров от подвижности животного.

Таблица 3

Животное	Содержание	Вес (в кг)	Количество ворсин			Количество складок
			больших	средних	малых	
Заяц . . . . .	На воле	3,1	6	37	32	3
Кролик . . . . .	В виварии	3,2	—	15	24	—
Лисица . . . . .	На воле	6,5	—	44	115	—
Лисица . . . . .	В зоопарке	6,4	3	38	78	—
Волк . . . . .	На воле	36	118	621	708	—
Волк . . . . .	В зоопарке	36,7	38	212	331	1
Собака . . . . .	В эксперименте (беговая нагрузка в течение 1 года)	12,6	27	457	301	—
Собака . . . . .	Свободное содержание	12,6	7	205	289	1

Так, у зайца, жившего на воле, в коленном суставе содержится в два раза больше ворсин, чем в коленном суставе домашнего кролика почти такого же веса. В коленном суставе лисицы, жившей в природных условиях, оказалось в 1,5 раза больше ворсин, чем в суставе лисицы, находившейся в зоопарке. У волка, обитавшего на воле, в этом суставе насчитывается в 2,5 раза больше ворсин, чем у волка, содержавшегося в зоопарке.

В проведенных опытах также наблюдалось, что у собак, получавших беговую нагрузку в третбане, количество ворсин в коленном суставе было почти в три раза больше, чем у собак при свободном их содержании. Необходимо отметить, что и форма выростов синовиальной оболочки значительно сложнее у особей, находившихся в условиях повышенной физической активности.

Следовательно, структурные изменения синовиального покрова сустава (образование большого количества выростов синовиальной оболочки) наступают прежде всего при увеличении динамической нагрузки на сустав и веса тела животного.

Немаловажно было установить, насколько реактивна синовиальная оболочка в отношении образования и обратного развития выростов (ворсин и складок) в условиях экспериментального увеличения или уменьшения физической нагрузки. С этой целью мы провели две серии опытов на собаках и кроликах. В первой серии была применена дозированная беговая нагрузка в третбане; во второй серии производилась

иммобилизация коленного сустава или ампутация голени — в верхней трети.

В опытах с возрастающей беговой нагрузкой (табл. 4) отмечается увеличение площади синовиального покрова коленного сустава в результате образования большого количества ворсин и складок. Например, у собаки, находившейся в опыте до 5 месяцев и бегавшей в третибанае со скоростью 12 км/час (по 1 час. ежедневно) было 568 ворсин, тогда как у собаки при свободном содержании их количество не превышало 416. При беге животного со скоростью 18 км/час и продолжительности опыта от 5 месяцев до 1 года отмечается увеличение количества ворсин до 1482, что в два-три раза превышает контрольный показатель (свободное содержание). При более интенсивной нагрузке (бег с дополнительным грузом) происходит бурное развитие выростов синовиальной оболочки суставов (табл. 4).

Таблица 4

Животное	Вес (в кг)	Вид опыта	Количество тренировок	Скорость бега! (км/час)	Количество ворсин			Количество складок
					больших	средних	малых	
Собака	15	Свободное содержание	—	—	5	276	135	5
»	14,7	Беговая нагрузка	42	12—18	31	312	87	1
»	15,9	То же	45	12	123	267	161	3
»	15,1	» »	130	»	4	300	264	2
»	21,9	» »	114	18	99	519	284	—
»	26,3	» »	264	»	208	582	702	5
»	12,6	» »	275	»	27	457	303	—
»	23	Беговая нагрузка с дополнительным грузом (3,5 кг)	51	12	30	652	180	1
»	20,2		27	18	20	516	298	8
»	24,5		70	»	108	302	460	8
»	27,5		90	»	545	464	246	2

Таким образом, длительность воздействия на сустав определенной физической нагрузки и особенно ее интенсивность, вызывает значительное разрастание синовиального покрова в виде ворсин и складок, количество которых увеличивается пропорционально функциональному состоянию сустава. Причем форма и размеры ворсин усложняются и увеличиваются в соответствии с повышением физической нагрузки на сустав. Густота капиллярного русла ворсин повышается (в описанных опытах она возросла по сравнению с нормой в 1,5 раза и более).

В опытах с иммобилизацией коленного сустава и с ампутацией голени наблюдалось уменьшение общего количества ворсин в суставе. Например, у кролика при иммобилизации коленного сустава в течение 88 дней ворсины на его синовиальном покрове полностью исчезли, в то время как в коленном суставе противоположной конечности их насчитывалось 24 штуки, правда малой величины и простой формы (табл. 5). При иммобилизации коленного сустава собаки в течение двух недель нам не удалось обнаружить заметных отличий в строении, размерах или в количестве ворсин по сравнению с неиммобилизованным суставом. После более продолжительной иммобилизации (от 97 до 252 дней) количество ворсин в суставе подопытного животного уменьшилось на 56—69% по сравнению с суставом контрольной конечности. Причем сохранившиеся ворсины имели малые размеры и простую форму.

В опытах с выключением функции опоры конечности (путем ампутации голени) морфологическая картина синовиального покрова колен-

ного сустава оказалась очень близкой к описанной в опытах с иммобилизацией сустава. Здесь, как и при иммобилизации сустава, в зависимости от продолжительности опыта (94—306 дней) количество ворсин уменьшилось на 50—65% (табл. 5). Из этого видно, что выключение функции опоры конечности, несмотря на сохранение подвижности сустава, приводит в конечном счете к инволюции выростов синовиального покрова.

Таблица 5

Животное	Вес (в кг)	Вид опыта	Длительность опыта (в днях)	Количество производных синовиальной оболочки		Уменьшение количества производных синовиальной оболочки (в %)
				в подопытном суставе	в контрольном суставе	
Кролик	2,4	Иммобилизация	88	0	24	100
Собака	24	»	14	966	983	0
»	12,8	»	97	274	630	56,5
»	8	»	108	216	585	63
»	8,1	»	116	206	462	56
»	13,7	»	151	144	464	69
»	11,3	Ампутация	94	157	370	58
»	15,5	»	125	240	487	50
»	12	»	244	134	270	50
»	13,8	»	244	162	325	50
»	18,2	»	303	195	555	65
»	16	»	306	247	616	60

В процессе инволюции ворсин, наблюдающейся при иммобилизации сустава и ампутации голени, происходит упрощение формы и уменьшение размеров ворсин вплоть до полного их исчезновения. Однако при иммобилизации сустава инволюция ворсин протекает несколько быстрее, чем в опытах с ампутацией голени, о чем свидетельствует значительное снижение количества ворсин и уменьшение густоты сети капилляров в них (в опыте длительностью 252 дня она была в два раза меньше по сравнению с контролем). Из указанного следует, что упрощение формы и уменьшение количества ворсин и складок синовиальной оболочки зависит от степени и продолжительности ограничения функции сустава.

Таким образом, синовиальный покров чутко реагирует на функциональное состояние сустава животных; физиологическая активность внутренней поверхности сустава повышается или понижается в соответствии с физической нагрузкой.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Барон М. А. 1949. Реактивные структуры внутренних оболочек. Л.  
 Каллистов И. П. 1947. Волокнистая конструкция и реактивные структуры синовиальной оболочки коленного сустава. Автореф. докт. дисс. М.  
 Щегольков А. Н. 1962. Влияние функции на состояние кровеносного русла синовиальной оболочки и ее производных. Автореф. канд. дисс. К.  
 Его же. 1964. Васкуляризация синовиальной оболочки суглоба в зв'язку з його функцією. ДАН УРСР, 4, 11.  
 Его же. 1965. Взаимозависимость интенсивности васкуляризации синовиальной оболочки и локализации синовиин в суставе. В кн.: «Адаптивные особенности кровеносной и других систем органов у млекопитающих и птиц», Республ. межведомст. сб. К.  
 Davies D. V. 1945—1946. Anatomy and physiology of diarthrodial joints. Ann. rheum. diseases.

Hawes C. 1691. Osteologia nova or some new observations of the parts belonging to them, with manner of the accretion and nutrition.

Kling D. 1938. The synovial membrane and the synovial fluid. Los Angeles.

Winslow J. 1732. Exposition anatomique de la structure du corps humaine. Paris.

Поступила 8.XII 1966 г.

## INTERDEPENDENCE BETWEEN THE LOAD ON JOINTS AND STATE OF SINOVIAL EXCRESCENCES

A. N. Shchegolkov

(Institute of Zoology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR)

### *Summary*

The synovial membrane of the joint reacting on a physical load forms excrescences in a form of vili and plicae. Their number is greatly increased during the dynamic load in combination with the body mass and on the contrary the immobilization of a joint results in involution of these excrescences.