

УДК 612.331

Т. В. Гладкий

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ УСКОРЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ТОНКОЙ КИШКИ СОБАК

Рядом работ установлено, что воздействие на организм различного рода ускорений, приводящих к развитию укачивания, или болезни передвижения, вызывает изменение функционального состояния органов пищеварения. Наиболее полно этот вопрос изучен при исследовании действия продольно- и поперечно-направленных больших ускорений [8, 11, 12, 20].

Значительно меньше изучено состояние пищеварительного аппарата при воздействии малых ускорений, порядка 0,5g, более часто встречающихся в повседневной жизни человека и, в основном, определяющих возникновение и развитие болезни передвижения. В настоящее время показано, что качание вызывает изменение моторной и секреторной деятельности желудка, печени и поджелудочной железы [4, 6, 10]. Ранее нами [2, 17] также установлено, что качание приводит к изменению резорбтивной активности тонкой кишки собак.

Мы исследовали слизистую оболочку тонкой кишки (секреторную активность и морфологию) при действии и последствии малых прямолинейных знакопеременных ускорений.

Методика исследований

Исследования проведены в условиях хронического эксперимента на 26 беспородных собаках с изолированной петлей тощей кишки по Тири—Павлову. Количество и ферментативную активность периодически отделяемого за 30 мин кишечного сока определяли в покое, а также в период действия и последствии прямолинейных знакопеременных ускорений. Качание животных осуществляли с помощью четырехштанговых качелей в течение 30 мин один раз в сутки, при этом возникали ускорения до 0,4 g.

Активность щелочной и кислой фосфатаз в периодически отделяемом кишечном соке определяли по [1], активность АТФазы — по [7], протеолитическую активность по [15], амилолитическую — по методу Смита и Роя.

При проведении гистологических исследований для получения кусочков слизистой оболочки кишки использовался метод биопсии с помощью конхотома, который вводили в полость изолированного отрезка через фистулу, что позволяло многократно получать пробы без повреждения глубоких слоев слизистой оболочки в условиях хронического опыта для оценки физиологических и морфологических изменений в кишке при различных воздействиях на пищеварительный аппарат и организм в целом. После фиксации в абсолютном ацетоне, обезживания и просветления, материал заключали в целлоидин-парафин. Срезы толщиной 5—6 мкм для изучения общего морфологического состояния слизистой оболочки, окрашивали по Ван-Гизону. Для подсчета на поперечном срезе ворсинки площади сосудов производили замер их диаметра с помощью окуляр-микрометра. Соотношение количества бокаловидных и призматических клеток на ворсинке подсчитывали на препаратах с помощью ШИК-реакции.

Результаты исследований

Влияние качания на периодическую секрецию кишечного сока. Исследования по изучению периодически отделяемого кишечного сока, проведенные на пяти собаках, показали, что из петли кишки за 30 мин в покое секретруется, в среднем, $0,73 \pm 0,125$ мл сока; из этого количества на плотную часть, или «слизистые комочки», приходится 43,8 %.

Воздействие прямолинейных знакопеременных ускорений вызывало разнонаправленные изменения в количестве отделяемого кишечного сока: у одной собаки наблюдалось уменьшение секреции во время кача-

ния на 44 %, у двух — увеличение секреции после прекращения качания на 108 и 246 %, еще у двух — изменений во все периоды исследования не наблюдалось. В среднем, по группе, 30 мин качание не вызывало достоверного изменения объема секретируемого кишечного сока как во время качания, так и через 60 мин после прекращения действия ускорений.

Однако, как в период качания, так и после его действия, наблюдалось изменение качественного состава кишечного сока по сравнению с соком, выделяемым в просвет кишки в состоянии покоя. Во-первых, из-

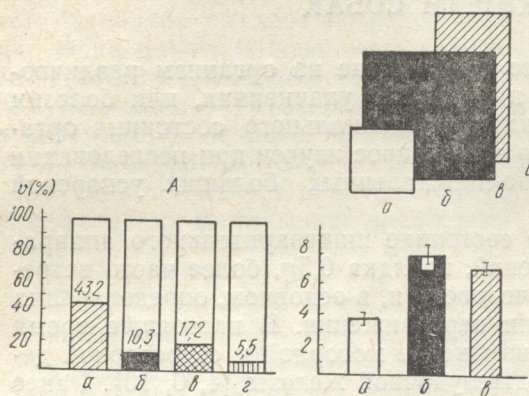


Рис. 1. Влияние 30 мин качания на функциональное состояние тонкой кишки собак.

А — соотношение между жидкой и плотной частями кишечного сока (в процентах): а — в покое; б — во время качания; в — через 30 мин после прекращения качания; г — через 60 мин после воздействия ускорений; по вертикали — объем плотной части сока (заштрихованные столбики) в процентах от объема всего сока, принятого за 100 %. Б — количество и площадь открытых капилляров на ворсинках тонкой кишки собак. а — в покое; б — после однократного воздействия 30 мин качания; в — при многократном воздей-

ствии качаний (10 дней по 30 мин в день); по вертикали — количество открытых капилляров. Квадраты — площадь открытых капилляров.

менилось соотношение жидкой и плотной частей кишечного сока. Во время и после действия ускорений в кишку выделялось на 71,9—88,2 % меньше плотной части сока (рис. 1, А). Во-вторых, изменялась активность основных ферментов, определяемых в полости изолированного отрезка тонкой кишки во время качания и в период последействия ускорений (табл. 1).

Изучение ферментативной активности проводилось на 15 собаках. Расчет активности щелочной фосфатазы во всем объеме сока, выделяемом при периодической секреции, показал, что некоторое увеличение

Таблица 1
Влияние 30 мин качания на ферментативную активность периодически отделяемого кишечного сока (средние данные по группам собак)

Исследуемые ферменты		В покое активность		Во время качания активность		К 30 мин после качания активность		Через 60 мин после качания активность	
		1 мл	всего сока	1 мл	всего сока	1 мл	всего сока	1 мл	всего сока
Щелочная фосфатаза (в мг Р)	M	2,646	2,102	2,704	2,161	2,867	2,829	3,067	2,291
	±m	0,240	0,430	0,531	0,228	0,504	0,307	0,546	0,239
	p			>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Кислая фосфатаза (в мг Р)	M	0,166	0,121	0,100	0,084	0,076	0,075	0,097	0,071
	±m	0,036	0,022	0,013	0,012	0,012	0,005	0,028	0,015
	p			>0,05	>0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05
АТФаза (мг Р/мг белка за 30 мин)	M		0,099		0,262		0,246		0,251
	±m		0,019		0,059		0,052		0,057
	p				<0,05		<0,05		<0,05
Амилаза (мг глюкозы)	M	1,51	2,23	2,34	3,72	3,45	5,68	3,07	4,95
	±m	0,22	0,27	0,42	0,39	0,25	0,26	0,20	0,19
	p			>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Протеолитическая активность (мг тирозина)	M	0,62	0,72	0,58	0,75	0,54	0,73	0,60	0,81
	±m	0,13	0,04	0,06	0,07	0,05	0,08	0,06	0,09
	p			>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

прекращения кача-
е периоды исследо-
качение не вызы-
го кишечного сока
кращения действия

действия, наблюда-
ка по сравнению с
коя. Во-первых, из-

влияние 30 мин качания
на состояние тон-
кишки собак.

влияние между жидкой и
частями кишечного сока (в
а — в покое; б — во время
— через 30 мин после пре-
качания; г — через 60 мин
действия ускорений; по вер-
хней плотной части сока (за-
не столбики) в процентах
всего сока, принятого за
количество и площадь от-
капилляров на ворсинках тон-
кишки собак. а — в покое; б —
после качания; г — после
— при многократном воздей-
ствии открытых капилляров.

кишечного сока. Во
лось на 71,9—88,2 %
изменялась актив-
изолированного от-
последствия уско-

лось на 15 собаках.
бъеме сока, выделя-
некоторое увеличение

Таблица 1
Энзиматически отделяемого
(собак)

Время по- сачения ность	Через 60 мин пос- ле качания актив- ность	
	1 мл	всего сока
2,829	3,067	2,291
0,307	0,546	0,239
>0,05	>0,05	>0,05
0,075	0,097	0,071
0,005	0,028	0,015
<0,05	>0,05	>0,05
0,246		0,251
0,052		0,057
<0,05		<0,05
5,68	3,07	4,95
0,26	0,20	0,19
<0,05	<0,05	<0,05
0,73	0,60	0,81
0,08	0,06	0,09
>0,05	>0,05	>0,05

активности фермента происходит только после прекращения качания (по группе животных на 34,6 % по сравнению с нормой).

Активность кислой фосфатазы несколько, но недостоверно уменьшилась в кишечном соке, выделившемся во время качания (на 30,6 %) и достоверно уменьшилась в соке, выделенном к 30 и 60 мин после прекращения воздействия ускорений на 38,1 и 41,0 % соответственно.

Одновременно с этим активность АТФазы в кишечном соке, собранном как в момент качания, так и после его действия, значительно увеличилась. Так, АТФаза сока, собранного в состоянии покоя животных, отщепляет от субстрата, в среднем, $0,099 \pm 0,019$ мг фосфора в перерасчете на мг белка за 30 мин, а во время качания — $0,262 \pm 0,059$ мг Р/мг белка, что на 164 % выше исходного уровня. Такая же высокая активность АТФазы наблюдалась и после прекращения качания.

Следует отметить, что активность АТФазы не восстановилась к исходному уровню и через 2 нед после прекращения действия ускорений.

Активность амилазы, фермента некишечного происхождения, значительно увеличилась под влиянием ускорений. Во время 30 мин качания это увеличение составляло 66,8 %, после прекращения его действия в первые 30 мин — 154,7 %, через 60 мин — 121,9 % (табл. 1).

Напротив, активность протеолитических ферментов при 30 мин воздействия прямолинейных знакопеременных ускорений не изменилась (табл. 1).

Влияние качания на гистоморфологию слизистой оболочки кишки. Слизистая оболочка изолированных отрезков тощей кишки шести исследованных собак была без признаков атрофии или патологических изменений. Поверхность слизистой оболочки покрыта ворсинками пальцевидной формы. Ворсинки тесно прилегали друг к другу, но были расположены в различных плоскостях. Часть ворсинок находилась в сокращенном состоянии, благодаря наличию в них волокон гладкой мускулатуры (рис. 2, А, а).

Поверхность ворсинок выстлана слоем цилиндрического эпителия, в котором четко различались два вида клеток — каемчатые и бокаловидные. Апикальная поверхность каемчатых клеток давала ШИК-положительную реакцию. Цитопlasma характеризовалась относительно слабой ШИК-реакцией. Полисахариды в виде мелких зерен равномерно распределялись по всей цитоплазме (рис. 2, Б, а).

Каемчатые клетки отчетливо проявляли полярную дифференцировку: овальной формы ядро всегда располагалось базально.

Соотношение количества цилиндрических и бокаловидных клеток в области ворсинок в покое, в среднем, составляло: $\frac{\text{каемчатые}}{\text{бокаловидные}}$

$\frac{\text{клетки}}{\text{клетки}} = \frac{7,7}{1}$. У исследуемых собак наблюдались индивидуальные колебания количества бокаловидных клеток от 9,9 до 14,4 % от всех клеток (табл. 2).

В строме ворсинок выделялась сосудистая сеть. В норме на поперечных срезах ворсинок наблюдалось от трех до шести открытых капилляров, общей площадью $470,0 \pm 60,0$ мкм². В центре наблюдался слепо заканчивающийся в ворсинках лимфатический синус (рис. 1, Б; рис. 2, А, а; рис. 2, Б, а).

Качание собак не вызвало изменений формы ворсинок. Не наблюдалось также морфологических изменений в каемчатых клетках.

Однако количественное соотношение на ворсинках каемчатых и бокаловидных клеток изменилось в сторону увеличения количества бокаловидных клеток. По окончании 30 мин качания количество бокаловидных клеток составляло 18,5 % от общего числа клеток. После многократного качания (10 дней по 30 мин в день) число бокаловидных клеток составляло, в среднем 23,8 % (табл. 2; рис. 2, Б, б).

После воздействия ускорений размеры бокаловидных клеток увеличивались, секрет приобретал пенистую консистенцию. Наблюдалось увеличение количества слизи в межворсинчатом пространстве (рис. 2, Б, б).

Наряду с этим качание приводило к изменению сосудистой сети ворсинок кишки. После 30 мин качания на поперечных срезах ворсинок у всех собак наблюдалось значительное увеличение количества и величины просвета сосудов, в среднем, по группе собак, до $1744 \pm 116,2$

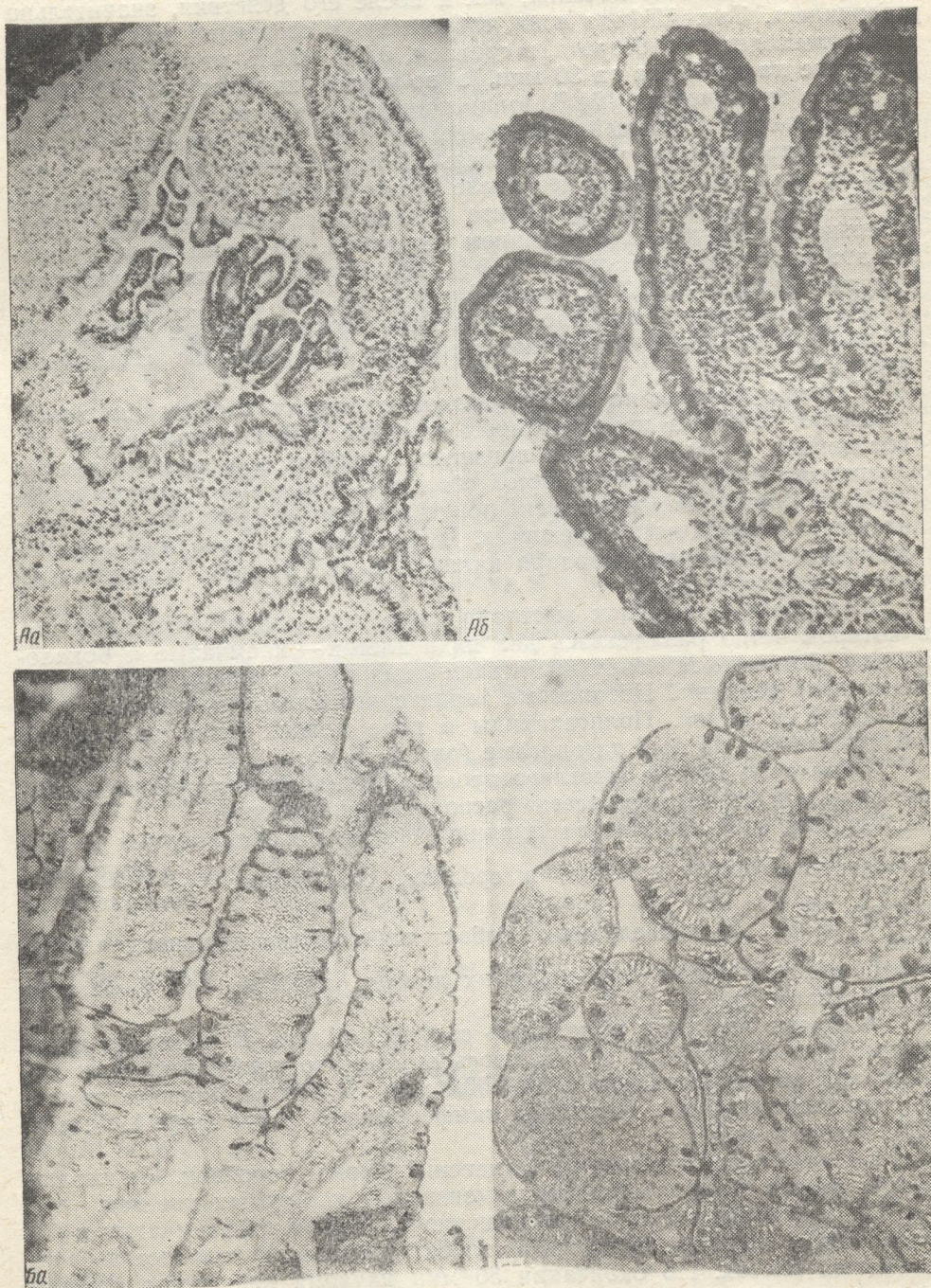


Рис. 2. Гистоморфология тощей кишки собаки.

а — в покое; б — после 30 мин качания. Ув. 270. А — окраска по Ван-Гизону, Б — окраска на нейтральные мукополисахариды. ШИК-реакция.

мкм² или
личивался,

Наряду
лимфатиче
синки.

Получ
нышение п
кишечном
шая част
большинст
вует об ус
ке кишки
полного ра
видно на п
зы в перио

Частота встр

№ собаки	n
1	7,
n=8	
2	7,
n=8	
3	8,
n=8	
4	7,
n=8	
5	9,
n=8	
6	5,
n=8	
Среднее по группе	7,

Усилен
людалось т
ных ускоре

Таковую
ных видов
собительную
среды. Сле
тируемых
энтерокина
ствии цело
[13, 16, 18]

Об уси
кишки посл
тельное уве
ворсинках
чае можно
секретом и
ках. На во

х клеток уве-
Наблюдалось
нстве (рис. 2,
судистой сети
срезах ворси-
количества и
до $1744 \pm 116,2$

мкм² или на 271 %. После многократного качания просвет сосудов увеличивался, в среднем, на 154,7 % (рис. 1, Б).

Наряду с этим в каждой ворсинке наблюдался широко открытый лимфатический синус, часто занимавший четверть площади всей ворсинки.

Обсуждение результатов исследований

Полученные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на уменьшение под влиянием прямолинейных знакопеременных ускорений в кишечном соке количества «плотной» части, с которой выделяется большая часть вырабатываемых кишечником ферментов [18], активность большинства изучаемых ферментов увеличивалась. Это свидетельствует об усилении ферментообразующих процессов в слизистой оболочке кишки под влиянием ускорений. Однако нужно отметить, что для полного развертывания этих процессов необходимо время, что хорошо видно на примере изменения активности щелочной фосфатазы и амилазы в период последействия.

Таблица 2

Частота встречаемости бокаловидных клеток на ворсинках тощей кишки собак в покое и при качании (средние данные)

№ собаки	В покое		При однократном воздействии 30 мин качания		При многократном воздействии 30 мин качания (10 дней по 30 мин в день)	
	n каемчатых клеток ($M \pm m$) на 1 бокало- видную	% бокаловид- ных клеток от общего числа клеток	n каемчатых клеток ($M \pm m$) на 1 бокало- видную	% бокаловид- ных клеток от общего числа клеток	n каемчатых клеток ($M \pm m$) на 1 бокало- видную	% бокаловид- ных клеток от общего числа клеток
1	7,4 $\pm$ 1,04	11,9	4,0 $\pm$ 0,25	20,0	2,9 $\pm$ 0,17	25,6
n=8			$p < 0,05$		$p < 0,05$	
2	7,9 $\pm$ 0,89	11,2	5,6 $\pm$ 0,81	15,1	3,9 $\pm$ 0,30	20,4
n=8			$p < 0,05$		$p < 0,05$	
3	8,2 $\pm$ 0,43	10,8	3,2 $\pm$ 0,21	23,8	2,8 $\pm$ 0,21	26,3
n=8			$p < 0,05$		$p < 0,05$	
4	7,8 $\pm$ 0,85	11,3	3,2 $\pm$ 0,65	23,8	2,7 $\pm$ 0,26	27,0
n=8			$p < 0,05$		$p < 0,05$	
5	9,1 $\pm$ 0,91	9,9	6,2 $\pm$ 0,75	13,8	3,7 $\pm$ 0,42	21,2
n=8			$p < 0,05$		$p < 0,05$	
6	5,9 $\pm$ 0,73	14,4	3,9 $\pm$ 0,23	20,4	3,5 $\pm$ 0,38	22,2
n=8			$p < 0,05$		$p < 0,05$	
Среднее по группе	7,7 $\pm$ 0,68	11,4	4,4 $\pm$ 0,76 $p < 0,05$	18,5	3,2 $\pm$ 0,21 $p < 0,05$	23,8

Усиление активности ряда ферментов в кишечном соке собак наблюдалось также при воздействии радиальных и поперечно-направленных ускорений [9].

Такую однонаправленную реакцию кишечника на действие различных видов ускорений можно рассматривать, по-видимому, как приспособительную к изменяющимся условиям как внешней, так и внутренней среды. Следует отметить, что эта реакция проявляется со стороны адаптируемых ферментов, в частности, щелочной фосфатазы, АТФазы, энтерокиназы, изменение выработки которых наблюдается и при действии целого ряда других раздражителей стрессорного характера [13, 16, 18].

Об усилении синтетических процессов в слизистой оболочке тонкой кишки после воздействия ускорений косвенно свидетельствуют относительное увеличение количества «работающих» бокаловидных клеток на ворсинках и увеличение их размеров. По всей видимости, в данном случае можно говорить не о вновь образованных клетках, а о наполнении секретом и «включении в работу» уже имеющихся клеток на ворсинках. На возможность быстрых функциональных перестроек клеточно-

Б — окраска на ней-

го состава ворсинок и крипт уже указывал Ташходжаев и др. [14]. Вероятно, эти перестройки связаны с той защитной ролью, которую играет секрет бокаловидных клеток [5, 19].

Следовательно, изменение соотношения клеток в пользу бокаловидных и увеличение количества выделяемого ими секрета при укачивании может говорить об увеличении слизистого барьера.

Качание в наших опытах приводило к увеличению и сосудистой сети ворсинок слизистой оболочки тонкой кишки собак. Ряд авторов указывают на изменение кровообращения и увеличение емкости микроциркуляторного русла как слизистой, так и мышечной оболочек кишки под влиянием ускорений [3].

Возможно, наблюдаемые изменения в слизистой оболочке тонкой кишки собак под влиянием 30 мин качания являются результатом компенсаторно-приспособительных процессов, происходящих в организме.

T. V. Gladky

INFLUENCE OF SMALL RECTILINEAR SIGN-VARIABLE ACCELERATIONS ON THE STATE OF DOG SMALL INTESTINE MUCOUS MEMBRANE

Summary

Experiments on 26 dogs with the small intestine Thiry-Pavlov isolated loop showed that a 30 min action of rectilinear sign-variable accelerations influences the functional state of the intestine: the activity of some enzymes changes, the lumen of the vascular network of the intestine mucous membrane increases, the number of the goblet cells and the amount of their secrete rise. These changes result from compensator-adaptable processes.

Department of Human and Animal Physiology,
State University, Odessa

Список литературы

1. Биохимические методы исследования в клинике / Под ред. А. А. Покровского. М.: Медицина, 1969. 652 с.
2. Гладкий Т. В. Всмоктывання деяких вітамінів у тонкій кишці собак під впливом на організм прямолінійних прискорень.— В кн.: X з'їзд Укр. фізіол. т-ва: Тез. доп. К., 1977, с. 81.
3. Губа Т. Н. Влияние гипергравитации на микроциркуляторное русло серозных оболочек.— В кн.: Физиология и патология сердечно-сосудистой системы и дыхания. Новосибирск, 1974, с. 50—51.
4. Кожухар М. П. Вплив закачування на потенціал шлунка собак до і після делабіринтації.— Фізіол. журн., 1968, 14, № 1, с. 109—113.
5. Копанев Ю. Н. Гистофункциональное состояние соединительнотканной основы тонкого кишечника животных, подвергнутых воздействию перегрузок.— В кн.: Гистофизиология элементов соединительной ткани и крови и их участие в пластических и защитно-приспособительных процессах. М., 1973, с. 92—96.
6. Копанев В. И., Шуваев Е. Е. Секреторная и моторная функция желудка при укачивании.— Тр. ВМА / Воен.-мед. акад. 1956, 62, с. 95—104.
7. Линд Х. П., Мартинсон Э. Э. Об активности уреазы и аденозинтрифосфатазы в субклеточных фракциях слизистой оболочки желудка.— Биохимия, 1964, 29, вып. 2, с. 191—195.
8. Мурашко В. В., Смирнов К. В. Влияние поперечно-направленных ускорений на моторную функцию желудка.— Космич. биология и авиакосмич. медицина, 1976, 10, № 1, с. 50—54.
9. Поткин В. Е. Влияние длительных поперечно-направленных ускорений на секрецию кишечного сока и ферментов у собак.— Бюл. эксперим. биологии и медицины, 1966, 61, № 3, с. 43—47.
10. Рассветаев В. В. Секреторная и двигательная функция желудка у собак при укачивании.— Тр. ВМА / Воен.-мед. акад., 1957, 79, с. 5—50.
11. Смирнов К. В., Соколова Т. А. О влиянии ускорений на активный транспорт глюкозы в тонком кишечнике крыс.— Космич. биология и авиакосмич. медицина, 1973, 7, № 4, с. 26—29.
12. Смирнов К. В., Медкова И. Л., Голанд Л. Г. Внешнесекреторная функция печени и ферментотделительная функция поджелудочной железы у крыс после воздействия ускорений.— Космич. биология и авиакосмич. медицина, 1974, 8, № 1, с. 41—45.

13. Сушко А. Г. Зистой оболочек крыс. 20, № 4, с. 3.
14. Ташходжаев. бокаловидных. — В кн. 1974, с. 153.
15. Уголев А. Л. активности. тельного ап.
16. Уголев А. Л. ного градиентных воздейс.
17. Файтельберг. реторной ді журн., 1975,
18. Шлыгин Г. пищеварени
19. Baker S. I., and Camero
20. Groza P., C rations.— R

Кафедра физиологии
Одесского университета

13. Сушко А. Г. Амилолитическая активность ткани поджелудочной железы, печени, слизистой оболочки, содержимого тонкой кишки и некоторых непитаваительных органов крыс в условиях воздействия стрессорных факторов.— УЗБ. биол. журн., 1976, 20, № 4, с. 39—42.
14. Таишоджаев П. И., Юлдашев А. Ю., Иргашев Ш. Б. и др. Изменение соотношения бокаловидных клеток и энтероцитов кишечника при экспериментальных воздействиях.— В кн.: Регуляция морфогенеза и регенерации питаваительных желез. Л., 1974, с. 153.
15. Уголев А. М., Иезуитова Н. Н., Масевич Ц. Г. и др. Определение протеолитической активности желудочного сока по методу Уголева.— В кн.: Исследование питаваительного аппарата у человека. Л., 1969, с. 42—43.
16. Уголев А. М., Иезуитова Н. Н., Манукина Г. В. и др. Изменение проксимодистального градиента ферментативной активности тонкой кишки при некоторых стрессорных воздействиях.— Тр. Моск. обл. мед. ин-та, 1976, т. 2, с. 68—72.
17. Файтельберг Р. О., Сьомік Л. І., Гладкий Т. В. та ін. Зміна всмоктувальної і секреторної діяльності кишечника під впливом прямолінійних прискорень.— Фізіол. журн., 1975, 21, № 5, с. 659—666.
18. Шлыгин Г. К. Секреторная деятельность тонкого кишечника.— В кн.: Физиология питаваения. Л., 1974, с. 453—473.
19. Baker S. I., Ignatius M., Mathan V. I. et al. Intestinal biopsy Boston: Wostenholm and Cameron, 1962. 532 p.
20. Groza P., Cananau S. A., Zaharia B. L'apparition des ulce'ration repetes des accellerations.— Rev. med. aeronaut et spat., 1973, 12, N 46, p. 399—403.

Кафедра физиологии человека и животных
Одесского университета

Поступила в редакцию
29.IV 1980 г.

ACCELERATIONS MEMBRANE

isolated loop showed
fluences the functional
lumen of the vascular
of the goblet cells
compensator-adaptable

А. Покровского. М.:

собак під впливом на
пол. т-ва: Тез. доп. К.,

е русло серозних обо-
і системи и дыхания.

х до і після делабірін-

тканной основы тонко-
жк.— В кн.: Гистофизио-
е в пластических и за-

ия желудка при укачи-

енозинтрифосфатазы в
имия, 1964, 29, вып. 2,

нных ускорений на мо-
ч. медицина, 1976, 10,

ускорений на секрецию
огии и медицины, 1966,

удка у собак при ука-

тивный транспорт глю-
осмич. медицина, 1973,

торная функция печени
у крыс после воздейст-
1974, 8, № 1, с. 41—45.