

УДК 616.1:612.386

Р. О. Файтельберг, Т. В. Гладкий

К МЕХАНИЗМУ ИЗМЕНЕНИЯ ВСАСЫВАНИЯ ГЛЮКОЗЫ В КИШЕЧНИКЕ СОБАК ПРИ УКАЧИВАНИИ

Современный человек все чаще оказывается в условиях воздействия на организм различного рода ускорений, возникающих при перемещении с помощью транспорта. «Прибором», воспринимающим ускорения, является вестибулярный анализатор, перераздражение которого может привести к возникновению «болезни передвижения», в результате чего изменяется деятельность ряда органов и систем организма: дыхание, кровообращение, обменные процессы и т. п. В последние годы показано, что укачивание сопровождается также нарушением деятельности главных пищеварительных желез: наблюдается торможение секреции желудочных желез, поджелудочной железы, выхода желчи в двенадцатиперстную кишку [7, 9]; угнетается моторика подвздошной кишки [1].

Нами ранее было отмечено, что раздражение вестибулярного анализатора, вызываемое при 30 мин укачивании собак на четырехштанговых качелях К. Л. Хилова, приводит к угнетению всасывания глюкозы, глицина и изменению всасывания ряда водорастворимых витаминов и микроэлементов в кишечнике [2, 16, 17]. Однако пути, по которым вестибулярный анализатор передает свое влияние на кишечник, недостаточно ясны, а механизмы изменения резорбтивных процессов в кишечнике при укачивании не исследованы.

Мы изучали возможное участие и степень влияния вестибулярного анализатора на резорбцию глюкозы в тощей кишке собак при укачивании и пути передачи импульсов с вестибулярного аппарата на всасывающие структуры тонкой кишки.

Методика исследований

Всасывание 0,29 М раствора глюкозы изучали в хроническом эксперименте на 6 собаках с изолированной по Тири — Павлову петлей тощей кишки длиной 20 см. Раствор сахара (16 мл) вводили в петлю кишки на 30 мин. О степени всасывания судили по разнице между количеством введенного и извлеченного из кишки вещества. Количество глюкозы в растворе определяли с помощью рефрактометра УРЛ-1 М. При исследовании влияния прямолинейных знакопеременных ускорений на всасывание сахара мы укачивали собак в течение 30 мин на четырехштанговых качелях К. Л. Хилова с длиной штанги 4 м, высотой подъема площадки 0,5 м и частотой качания 16—18/мин. Для выяснения степени влияния вестибулярного аппарата на всасывательную функцию тонкой кишки, после установления уровня всасывания глюкозы в норме и при укачивании у трех собак осуществляли двустороннюю делабинтацию по [4] посредством введения в среднее ухо анестезированных ингаляционным наркозом собак 1 мл 1,5 % раствора монодихлоруксусной кислоты с 0,5 г стрептомицина. Через 2 мес после вмешательства животных забивали. Фиксацию мозга осуществляли перфузионным методом с помощью 15 % формалина. Височные кости извлекали и подвергали декальцинации в жидкости Эбнера. Затем производили послойные срезы через лабиринты и отолитовый аппарат; окраску срезов осуществляли по Ван-Гизону. (Гистологические исследования проводили в лаборатории патоморфологии Киевского института отоларингологии). Для изучения воз-

можных путей пересасывающий аппарат тонкой двусторонней кишки двусторонней делали возможно ступающих в просвете тонкого кишечника вещества в просвете до и после ваготомии определяли по 350 опытов, сделав вариационную статистику

Всасывание глюкозы в норме до 437±16,8 %. В петле изменений во укачивании делабинтации еще больше. Так, у собаки не всасывания, в 16,6 % выше в В петле кишки собаки на 14,3 %, собак качания всасывания ставляло, соответствующая. У собаки 3 всасывало 47,1 % от контроля полностью проведенного вмешательства наблюдалась полная и сакулюса отолитов (рис. 1). В спиральной сморщивание и не

Всасывание глюкозы в укачивающих нервов. Двустороннее укачивание угнетение всасывания в тонкой кишке всех подопытных заметно в первые 4 часа всасывания в пределах стабилизации всасывания собаки 4 всасывало 175±14 сахара или 54,7 % уровня всасывания в ваготомии резорбтивную функцию вмешательства, ко

возможных путей передачи импульсов с вестибулярного аппарата во время укачивания на всасывающий аппарат кишечника, мы производили у трех собак с изолированной петлей кишки двустороннюю интраторакальную перерезку блуждающих нервов, а кроме того — выясняли возможное участие в этом процессе физиологически активных веществ, поступающих в просвет кишечника. Исходя из данных о влиянии серотонина на прохождение различных соединений через мембраны резорбирующих клеток слизистой оболочки тонкого кишечника [15, 20], мы исследовали содержание этого физиологически активного вещества в просвете кишки во время всасывания глюкозы в покое, во время укачивания до и после ваготомии. Содержание серотонина в извлеченном из петли кишки растворе определяли по [8] флуоресцентным нингидриновым методом. Всего было поставлено 350 опытов, сделано 1050 определений. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики с использованием критерия достоверности Стьюдента—Фишера.

Результаты исследований

Всасывание глюкозы в кишке собак при выключении вестибулярного анализатора. Опыты, проводимые после двусторонней делабинтации животных показали, что отсутствие импульсации со стороны периферического конца вестибулярного анализатора вызывает изменение резорбтивной активности кишечника собак (см. таблицу). Так, после делабинтации всасывание в покое 0,29 М раствора глюкозы в петле кишки собак 1 и 2 увеличилось с $361 \pm 26,2$ и $376 \pm 18,9$ мг в норме до $437 \pm 24,9$ и $433 \pm 21,4$ мг соответственно, т. е. на 22,6 и 16,8 %. В петле кишки собаки 3 не наблюдалось существенных изменений во всасывательной деятельности кишечника. При укачивании делабинтированных собак в течение 30 мин наблюдалось еще большее увеличение всасывания глюкозы в кишечнике. Так, у собаки 1 при укачивании после делабинтации всасывание глюкозы, в среднем, составляло $504 \pm 27,0$ мг, что было на 16,6 % выше всасывания сахара после делабинтации в покое. В петле кишки собаки 2 наблюдалось увеличение всасывания глюкозы на 14,3 %, собаки 3 — на 14,1 %. Через 60 мин после прекращения качания всасывание глюкозы у собак 1 и 2 оставалось высоким и составляло, соответственно, 61,0 и 61,2 % от количества введенного сахара. У собаки 3 всасывание глюкозы вернулось к исходному и составляло 47,1 % от количества введенного вещества. Гистологический контроль полноты делабинтации показал, что через 2 мес после проведенного вмешательства во внутреннем ухе исследуемых собак наблюдалась полная дегенерация и атрофия нейроэпителлия утрикулюса и сакулуса отолитового аппарата и ампулы полукружных каналов (рис. 1). В спиральном ганглии наблюдался перичеселлюлярный отек, сморщивание и некроз протоплазмы нейронов, встречались клетки-тени.

Всасывание глюкозы в кишечнике собак после перерезки блуждающих нервов. Двусторонняя перерезка блуждающих нервов вызвала угнетение всасывания 0,29 М раствора глюкозы в изолированной петле кишки всех подопытных собак (рис. 2). Особенно это угнетение было заметно в первые дни после вмешательства. Например, в петле кишки собаки 4 всасывание глюкозы с 7 по 11 дни после операции сохранялось в пределах от 3,1 до 9,1 %. Начиная с 11—12 дней наблюдалась стабилизация всасывания глюкозы. В среднем, в этот период в кишке собаки 4 всасывалось $249 \pm 25,2$ мг глюкозы, т. е. 31,2 %, в кишке собаки 5— $175 \pm 14,2$ мг глюкозы, т. е. 21,8 %, собаки 6— $439 \pm 15,3$ мг сахара или 54,7 %, что было на 15,1, 52 и 6,4 % соответственно ниже уровня всасывания глюкозы у этих собак до ваготомии (рис. 2). Укачивание ваготомированных собак еще в большей степени угнетало резорбтивную функцию кишечника. Так, у собаки 4 на 13 день после вмешательства, когда всасывание сахара достигало 34,2 %, укачивание

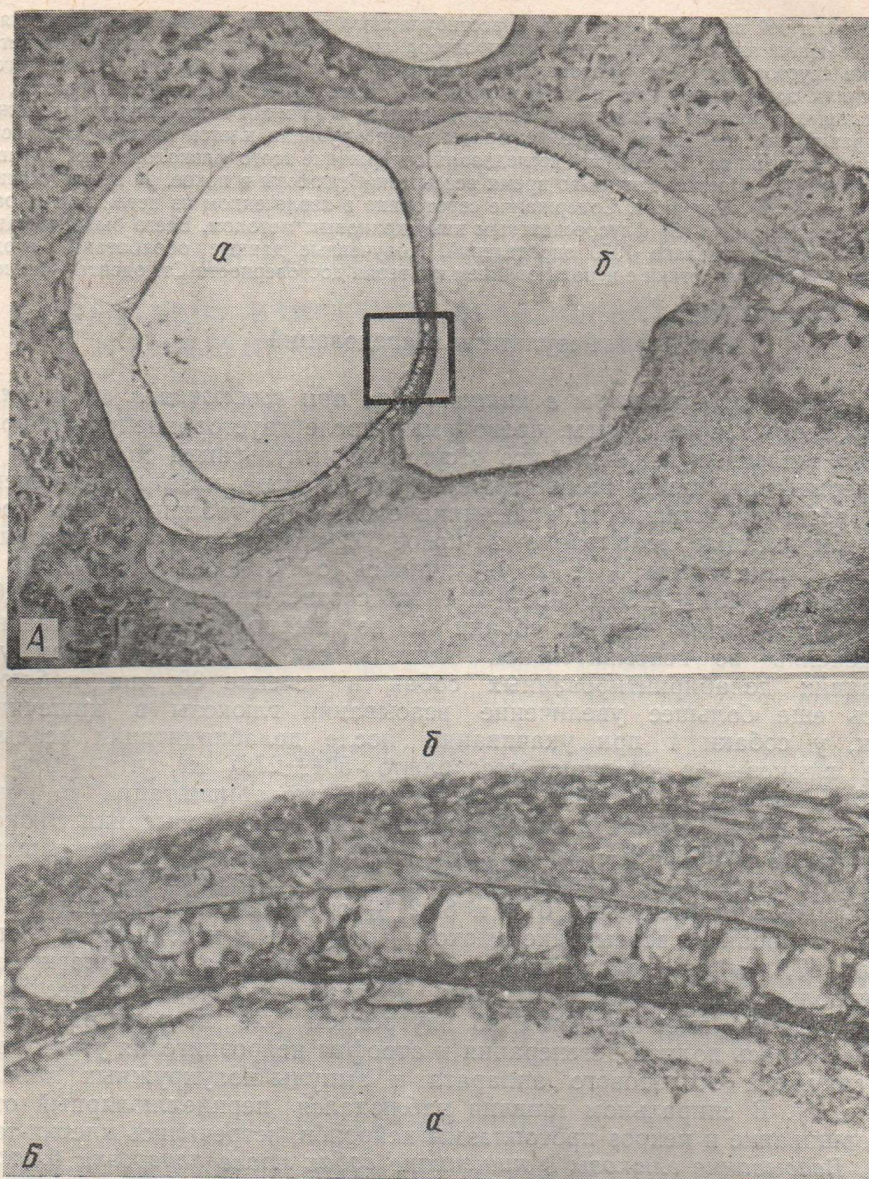


Рис. 1. Утрикулус (а) и сакулус (б) отолитового аппарата через 2 мес после делабинтации.

А — общий вид (ув. 25); Б — нейроэпителий утрикулуса (ув. 250). Наблюдается полная атрофия чувствительного эпителия. На месте рецепторных элементов образовались округлые полости. Поддерживающие клетки в состоянии дистрофии. В эндолимфатическом пространстве мелкие глыбки свернувшейся эндолимфы.

вызвало снижение всасывания глюкозы до 21,8 %; в кишке собаки 5 резорбция сахара при укачивании на 14—15 дни после операции сохранялась в пределах 44—98 мг глюкозы, что было ниже уровня после ваготомии на 75—44 %, а в петле кишки собаки 6 — на 13,7 %. Уменьшение всасывание глюкозы при укачивании ваготомированных животных по сравнению со всасыванием ее после ваготомии наблюдалось в кишке собак 4 и 6 в течение всего периода исследований. У со-

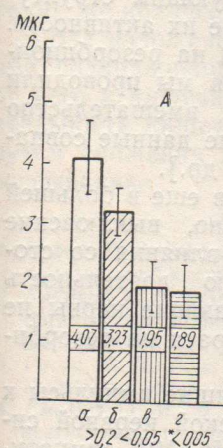
баки 5 на 21—24 тивной активнос вание глюкозы превышало уров

Выделение с вании 0,29 М ра готомии. Определ в исследуемой х ченной из изоли ка тонкой кишки ло, что у животн резорбции 0,29 М зы в полости ки серотонин. Его тавляло, в сред (рис. 3). Выдел в петлю кишки

Рис. 2. Всасывание глюкозы в изолиров собак и динамика ния после

По вертикали — количес горизонтали — дни пос бака 4; Б — собака 5; столбики — всасывание штрихованные — при 3 сплошная линия — всас ваготомии; пунктирная фоне ва

вательной деятел знакопеременных баки 4 на 20,6 % резка блуждающ



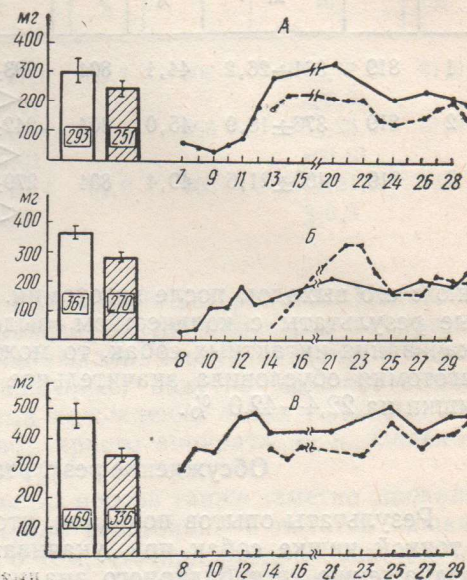
степени снижала тонина в петлю и у собаки 4 на 52 (рис. 3). При ук верных изменений

баки 5 на 21—24 дни после ваготомии наблюдалось повышение резорбтивной активности кишечника при укачивании, однако с 25 дня всасывание глюкозы при укачивании лишь незначительно (и то не всегда) превышало уровень, зарегистрированный после ваготомии.

Выделение серотонина в полость тонкой кишки собак при всасывании 0,29 М раствора глюкозы в норме, при укачивании и после ваготомии. Определение серотонина в исследуемой жидкости, извлеченной из изолированного отрезка тонкой кишки собак, показало, что у животных во время резорбции 0,29 М раствора глюкозы в полости кишки появляется серотонин. Его количество составляло, в среднем, 4,58 мкг (рис. 3). Выделение серотонина в петлю кишки при всасы-

Рис. 2. Всасывание 0,29 М раствора глюкозы в изолированной петле кишки собак и динамика изменения всасывания после ваготомии.

По вертикали — количество глюкозы в мг; по горизонтали — дни после ваготомии. А — собака 4; Б — собака 5; В — собака 6. Белые столбики — всасывание глюкозы в норме; заштрихованные — при 30 мин укачивании; сплошная линия — всасывание глюкозы после ваготомии; пунктирная — при укачивании на фоне ваготомии.



вательной деятельности и одновременном воздействии прямолинейных знакопеременных ускорений снизилось по сравнению с нормой у собаки 4 на 20,6 %, собаки 5 — на 23,7 %, собаки 6 — на 40,8 %. Перерезка блуждающих нервов у всех подопытных животных еще в большей

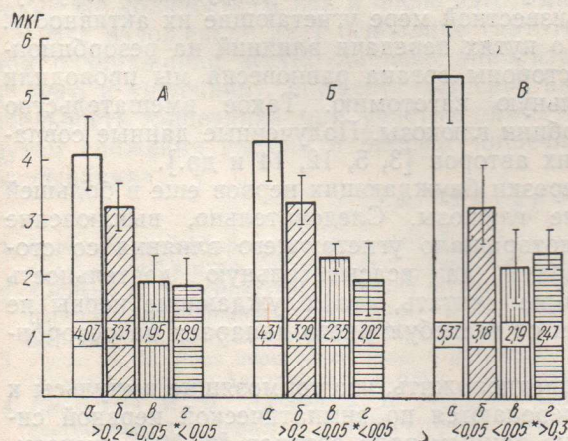


Рис. 3. Выделение серотонина в полость кишки собак во время всасывания 0,29 М раствора глюкозы.

По вертикали — количество серотонина в мкг; по горизонтали — условия опыта. А — собака 4; Б — собака 5; В — собака 6. а — выделение серотонина в просвет кишки при всасывании глюкозы в покое; б — во время 30 мин укачивания; в — после ваготомии; г — при укачивании на фоне ваготомии. Под столбиками — критерий достоверности разницы сравниваемых величин (звездочка — количество выделившегося серотонина при укачивании на фоне ваготомии сравнивается с выделившимся серотонином при укачивании интактных собак).

степени снижала выход серотонина в просвет кишки. Выделение серотонина в петлю кишки после ваготомии было ниже исходного уровня у собаки 4 на 52,1 %, собаки 5 — на 45,5 %, собаки 6 — на 59,0 % (рис. 3). При укачивании на фоне ваготомии не наблюдалось достоверных изменений в выделении серотонина в полость кишки по сравне-

Всасывание 0,29 М раствора глюкозы в кишечнике intactных и

№ собаки	Intactные собаки								
	В покое			при 30 мин укачивании			через 60 мин после укачивания		
	введено, мг	всосалось		введено, мг	всосалось		введено, мг	всосалось	
		мг	%		мг	%		мг	%
1	819	361±26,2	44,1	804	283±10,1 <0,02	35,2	804	371±7,1 >0,7	46,1
2	819	376±18,9	45,0	804	242±30,5 <0,01	30,1	804	272±20,5 <0,01	33,8
3	819	405±21,5	49,4	804	279±27,4 <0,01	34,7	804	343±35,5 >0,1	42,7

нию с его выходом после ваготомии. Однако, если сравнивать полученные результаты с количеством выделившегося серотонина во время укачивания intactных собак, то можно отметить, что у всех животных ваготомия обусловила значительное снижение выхода его в полость кишки на 22,4—42,0 %.

Обсуждение результатов исследований

Результаты опытов показали, что в угнетении всасывания глюкозы в тонкой кишке собак при укачивании ведущая роль принадлежит раздражению вестибулярного анализатора. Это доказывается тем, что после делабинтации всасывательная деятельность кишечника усиливается в течение длительного периода времени. Укачивание на фоне делабинтации приводит к еще большему усилению всасывания, в то время как укачивание intactных животных всегда сопровождается угнетением резорбции глюкозы. Таким образом, в естественных условиях вестибулярный анализатор посылает к резорбирующим структурам кишечника импульсы, в известной мере угнетающие их активность.

Для выяснения вопроса о путях передачи влияний на резорбионный аппарат кишечника со стороны органа равновесия мы проводили двустороннюю интраторакальную ваготомию. Такое вмешательство приводило к угнетению резорбции глюкозы. Полученные данные совпадают с исследованиями других авторов [3, 5, 12, 14 и др.].

Укачивание на фоне перерезки блуждающих нервов еще в большей степени снижало всасывание глюкозы. Следовательно, выключение блуждающих нервов не предотвращало угнетающего влияния со стороны вестибулярного аппарата на всасывательную деятельность кишечника. Это дает основание считать, что блуждающие нервы не проводят тормозящие влияния от вестибулярного аппарата на резорбирующий аппарат кишечника.

Таким образом, следует предположить, что тормозящие импульсы к резорбирующим элементам передаются по симпатической нервной системе. Действительно, согласно данным ряда авторов [6, 10], симпатическая нервная система при возбуждении угнетает всасывание глюкозы, а выключение, например, чревных нервов, наоборот, усиливает ее всасывание, так же как и перерезка [3, 13 и др.].

Вместе с тем можно допустить, что в процессе воздействия с вестибулярного аппарата на всасывающие структуры изменяется содержание в кишечнике физиологически активных веществ, в частности серото-

в покое	
введено, мг	мл
807	437±
	<0,
807	433±
	<0,
807	388±
	>0

нина, влияющ [15], что серо энтероцитов. Е снижает всас серотонина в мечено тормоз серотонина в

Одна толь как резорбции В литературе дающего нерва ками тонкого личивается. О вов выход сер

При укач в просвет киш таких же коли

Все излож при раздражен от него к киш ательность ки путем снижени всасывания».

1. Бурко Е. В. Э подвздошной к
2. Гладкий Т. В. организм прямо шества. Киев: I
3. Гуска Н. И. Р кишечнике соба
4. Емельянов М. вестибулярного горловых болез
5. Зиганшина Ф. шечника: Автор
6. Зиганшина Ф. вания в тонком 1957, с. 51.
7. Кожухарь Н. П. лудочной желез ровск, 1970. 16 с

делабиринтированных собак в покое и при укачивании (средние данные)

После делабиринтации								
в покое			при 30 мин укачивания			через 60 мин после укачивания		
введено, мг	всосалось		введено, мг	всосалось		введено, мг	всосалось	
	мг	%		мг	%		мг	%
807	437±24,9	54,1	806	504±27,0	63,1	806	492±17,0	61,0
	<0,05			<0,01			<0,01	
807	433±21,4	53,6	806	494±17,4	61,3	806	493±23,6	61,2
	<0,05			<0,01			<0,01	
807	388±16,5	48,1	806	442±23,4	54,9	806	380±21,3	47,1
	>0,5			>0,3			>0,3	

нина, влияющего на функциональное состояние энтероцитов. Показано [15], что серотонин способствует транспорту глюкозы через мембраны энтероцитов. В наших опытах мы наблюдали, что укачивание, которое снижает всасывание глюкозы в кишечнике, заметно снижает выход серотонина в просвет кишки во время нахождения в нем глюкозы. Отмечено тормозящее влияние с вестибулярного аппарата на накопление серотонина в просвете тонкой кишки [11].

Одна только перерезка блуждающих нервов также заметно снижала как резорбцию глюкозы, так и выход серотонина в полость кишки. В литературе есть данные [18, 19] о том, что при раздражении блуждающего нерва высвобождение серотонина энтерохромаффинными клетками тонкого кишечника в просвет желудочно-кишечного тракта увеличивается. Отсюда понятно, почему при перерезке блуждающих нервов выход серотонина в просвет кишки снижается.

При укачивании ваготомированных животных выход серотонина в просвет кишки остается низким и наблюдается приблизительно в таких же количествах, как и после ваготомии.

Все изложенное дает основание считать, что во время укачивания при раздражении вестибулярного аппарата поток импульсов, идущих от него к кишечнику, осуществляет свое влияние на резорбтивную деятельность кишечника при участии симпатической нервной системы и путем снижения выхода в просвет кишечника серотонина — «фактора всасывания».

Литература

1. Бурко Е. В. Эфферентные пути вестибулярных воздействий на моторную функцию подвздошной кишки: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1968. 19 с.
2. Гладкий Т. В. Всмоктання деяких вітамінів у тонкій кишці собак під впливом на організм прямолінійних прискорень. — В кн.: Тез. докл. X съезда Укр. физиол. общества. Киев: Наукова думка, 1977, с. 81.
3. Гуска Н. И. Роль нервной системы в регуляции процессов всасывания в тонком кишечнике собак: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Одесса, 1959, 16 с.
4. Емельянов М. Д., Алешин В. В. Методика выключения периферических отделов вестибулярного аппарата у лабораторных животных. — Журн. ушных, носовых и горловых болезней, 1965, № 2, с. 71—72.
5. Зиганшина Ф. Ш. К вопросу о нервной регуляции всасывания в тонком отделе кишечника: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 1957. 21 с.
6. Зиганшина Ф. Ш. К вопросу о роли симпатической иннервации в процессе всасывания в тонком отделе кишечника. — Ученые записки Казанск. вет. ин-та, Казань, 1957, с. 51.
7. Кожухарь Н. П. О влиянии укачивания на секреторную функцию желудка, поджелудочной железы и желчевыделение: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Днепрпетровск, 1970. 16 с.

8. Кулинский В. И., Костюковская Л. С. Флуоресцентный нингидриновый метод определения серотонина.— В кн.: Методы клинической биохимии гормонов и медиаторов./ Под. ред. В. В. Меньшикова. М., 1974, ч. 2, с. 127—130.
9. Рассветаев В. В. Секреторная и двигательная функция желудка у собак при укачивании.— Труды ВМА, 1957, т. 79, с. 5—50.
10. Семен Н. П. Механизмы нервных влияний всасывания глюкозы в тонких кишках.— В кн.: Тез. докл. на науч. совещ. по пробл. физиол. и патол. пищевар. Тарту, 1957, с. 233—234.
11. Тропникова Г. К. Влияние различных вращательных нагрузок на содержание серотонина в некоторых отделах головного мозга и кишечника интактных и лабиринтированных крыс.— В кн.: Механизмы нейрогуморальной регуляции функций. Минск: Наука и техника, 1975, с. 207—212.
12. Файтельберг Р. О., Душко Д. Н. Всасывание глюкозы в желудке при выключении отдельных участков вегетативной нервной системы.— Физиол. журн. СССР, 1948, 34, № 3, с. 362—374.
13. Файтельберг Р. О., Ткаченко Г. П. Всасывательная деятельность тонкого кишечника собак при раздражении рецепторов плевры.— Физиол. журн. СССР, 1970, 56, № 10, с. 1478—1482.
14. Файтельберг Р. О., Неуен Тай Лыонг. Всмоктування глюкози, напруження кисню слизової оболонки кишечника і основний обмін після нефректомії.— Тр. IX съезда Укр. физиол. общества.— Киев: Наукова думка, 1972, с. 389.
15. Файтельберг Р. О., Балан Н. Н. Влияние физиологически активных веществ на всасывание в кишечнике.— Физиол. журн. СССР, 1976, 62, № 6, с. 918—927.
16. Файтельберг Р. О., Гладкий Т. В., Семик Л. И. Изменение деятельности кишечных желез под влиянием прямолинейных ускорений.— В кн.: Тез. докл. на V Всес. конф. Авиакосмическая медицина. Москва; Калуга, 1975, 2, с. 196—197.
17. Файтельберг Р. О., Удалов Ю. Ф., Семик Л. И., Гладкий Т. В. Зміна всмоктувальної і секреторної діяльності кишечника під впливом прямолінійних прискорень.— Физиол. журн., 1975, 21, № 5, с. 659—665.
18. Ahlman H. Fluorescence histochemical studies on serotonin in the small intestine and the influence of vagal nerve stimulation.— Acta Physiol. Scand. 1976, 98, suppl. N 437, p. 30.
19. Ahlman H., Dahlstrom A., Kewenter I., Lundberg I. Vagal influence on serotonin concentration in enterochromaffin cells in the cat.— Acta Physiol. Scand., 1976, 97, N 3, p. 362—368.
20. Donowitz M., Charney A. N., Heffernan I. M. Effect of serotonin treatment on intestinal transport in the rabbit.— Amer. J. Physiol., 1977, 232, N 1, p. 85—94.

Кафедра физиологии человека и животных
Одесского университета

Поступила в редакцию
7.VIII 1978 г.

R. O. Faitelberg, T. V. Gladky

ON MECHANISM OF CHANGES IN GLUCOSE ABSORPTION IN THE DOG SMALL INTESTINE UNDER MOTION DISEASE CONDITIONS

Summary

It is shown on 6 dogs with the jejunum isolated loop by Thiry-Pavlov that the leading part in inhibiting glucose absorption in dog intestine under conditions of motion disease belongs to impulses from vestibular analyzer. The vagus does not participate in the decrease of glucose absorption. It is supposed that vestibular analyzer realizes its inhibitory influence on the processes of glucose absorption in the intestine by decreasing serotonin, a physiologically active substance affecting the functional condition of enterocytes.

Department of Human and Animal Physiology
State University, Odessa

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

При многих оральных лекарственных средствах, дающих эффект и поддерживать его, относятся, особенно тяжелых, раженными из электролитного интоксикацией, шечной непроходимости, место занимает организм неорганических веществ. Полное использование биологических жировыми эмульсиями [2, 3, 4]

Необходимо для парентеральной доставки жира (в сравнительно малых количествах энергично многие жиры, особенно жирорастворимые вещества, сенсационных изменений)

Из применения наибольшее распространение получили 2,5 % растворы (ка), отвечающие эмульсиям (прорацию, высокую)

Мы исследовали вводимой внутривенно с другими препаратами вмешательство ходимостью кишечника