

© А.В. ГРЯЗНЫХ, А.П. КУЗНЕЦОВ

anvit-2004@mail.ru

УДК 612.343-005

**ИЗМЕНЕНИЕ ЖИДКОСТНО-ЭЛЕКТРОЛИТНОГО БАЛАНСА
ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗ ПРИ МЫШЕЧНОМ НАПРЯЖЕНИИ
В УСЛОВИЯХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ***

АННОТАЦИЯ. Изучали изменение баланса водной и электролитной части секрета пищеварительных желез у лиц, не занимающихся спортом, и спортсменов высокой квалификации, развивающих скоростно-силовые качества, борцов. Применяли гастродуоденальное зондирование, собирали биологические жидкости: слюну, мочу, желудочный и панкреатический секреты. Исследовали их объемы, содержание электролитов. В качестве модели острого мышечного напряжения предлагалась 60-минутная велоэргометрическая нагрузка, выполнявшаяся на уровне 60-70 % от уровня МПК. Определено, что различный уровень повседневной двигательной активности оказывает влияние на электролитный состав слюны, желудочного и поджелудочного сока.

Установлено перераспределение в объемах пищеварительных соков и мочи в условиях относительного мышечного покоя как в условиях базальной секреции, так и в условиях введения в дуоденум 0,5%-го раствора соляной кислоты. Определено, что при высоком уровне слюноотделения и выделения поджелудочного сока в условиях базальной секреции, при высоком уровне выделения желудочного сока в условиях стимуляции двенадцатиперстной кишки параллельно наблюдались низкие значения диуреза. При выполнении физической нагрузки концентрация натрия и калия в слюне и желудочном соке снижается у обследованных контрольной группы; у спортсменов-борцов подобного угнетения не выявлено, что связано с адаптированностью организма к выполнению физических нагрузок. Концентрация электролитов в дуоденальном содержимом при выполнении физической нагрузки увеличивается.

SUMMARY. We have investigated the shift in balance of the liquid and electrolytic parts in secretion of digestive glands of persons not engaged in sports and sportsmen of high qualification, developing high speed and power qualities, (wrestlers). We employed gastroduodenal sounding and collected biological fluids: saliva, urine, gastric and pancreatic secrets. We studied their volume and electrolyte content. As a model of acute muscle strain we offered a 60-minute bicycle stress load performed at a level of 60-70% of the maximum oxygen consumption. It was revealed that different levels of everyday motor activity influence the electrolyte composition of saliva, gastric and pancreatic juice, which is connected with the adaptation to the effects of physical exercise.

We registered redistribution of the volumes of digestive juices and urine in muscle rest time, both in terms of basal secretion and application of duodenum 0.5% solution of hydrochloric acid.

* Исследование проведено в рамках реализации аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы на 2011-2013 г.» № 1.2.11.

It was determined that at high salivation and secretion of pancreatic juice in basal conditions, and at a high level of gastric juice while simultaneous stimulation of the duodenum the values of diuresis are low. During exercise, the concentration of sodium and potassium in the saliva and gastric juice in the surveyed control group was reduced. Such oppression was not registered with the athletes - wrestlers due to adaptability of their bodies to perform physical activities. The concentration of electrolytes in the duodenal contents during exercise increases.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Восстановление после мышечной нагрузки, секреторные взаимоотношения, содержание электролитов, желудочный, панкреатический секрет.

KEY WORDS. Rehabilitation after muscular exercise, secretion balance, electrolyte content, gastric juice, pancreatic juice.

Функционирование желудочно-кишечного тракта обеспечивается не только взаимодействием функций в пределах отдельного органа пищеварительной системы, но и строгой преемственностью и координацией в работе всех органов пищеварительной системы [1-4]. В настоящее время накоплен материал, основанный на физиологических и клинических наблюдениях, который демонстрирует сложное функциональное взаимодействие между различными отделами пищеварительной системы [5]. Особое место в системе функциональных взаимоотношений в желудочно-кишечном тракте занимают слюнные, желудочные и поджелудочная железы.

Имеется небольшое число работ, посвященных выявлению взаимоотношений между содержанием электролитов в слюне, желудочном и поджелудочном соках [5], [6]. У человека в условиях мышечного напряжения включается специфический механизм терморегуляции, как потоотделение [7], [8]. Естественно предположить, что при выполнении физических нагрузок потеря электролитов с потом будет сказываться на электролитном балансе натрия и калия в пищеварительных соках, тем более эти потери весьма существенны [9]. Вышеприведенные данные представляют интерес для понимания влияний гипердинамии на секреторную функцию желудка и поджелудочной железы.

Целью исследования явилось изучение секреторных взаимоотношений пищеварительных желез в выделении жидкой части и электролитов в покое, при действии мышечной нагрузки и в 1, 2 часовом восстановительном периоде у лиц с различным уровнем повседневной двигательной активности.

В исследовании приняли участие 16 человек в возрасте от 18 до 22 лет. Первую группу (n=8) составили лица, не занимающиеся спортом, вторую группу (n=8) составили высококвалифицированные спортсмены-борцы. Для исследования секреторных взаимоотношений пищеварительных желез параллельно со сбором желудочного и поджелудочного соков в условиях гастродуоденального зондирования собирали смешанную слюну и порции мочи. Одновременный сбор этих биологических жидкостей позволял сопоставлять изменения в их объемах и содержании электролитов. Исследовали часовую базальную секрецию и стимулированную секрецию. Стимулятор (30 мл 0,5% раствора соляной кислоты) вводили в двенадцатиперстную кишку [10]. В качестве модели острого мышечного напряжения предлагалась 60-минутная велоэргометрическая нагрузка, выполнявшаяся на уровне 60-70% от уровня МПК. Статистическую обработку производили по методу Стъдента-Фишера.

В результате проведенных исследований установлено, что в условиях мышечного покоя обследуемые, с различным уровнем повседневной двигательной активности, имели различия в объемах слюны, желудочного и поджелудочного соков и мочи. Анализ межгрупповых различий показал, что в условиях базальной секреции у обследуемых контрольной группы объем слюны и дуоденального содержимого ниже, чем у обследованных спортсменов-борцов. Характерно, что именно у обследованных контрольной группы в этих условиях часовое напряжение диуреза достоверно выше, чем у спортсменов, развивающих скоростно-силовые качества ($p < 0,05$). Более высоким значениям базального слюноотделения и выделения панкреатического сока соответствовали низкие значения объема мочи. При ацидификации двенадцатиперстной кишки у спортсменов-борцов объем желудочного сока выше, чем у обследованных контрольной группы. У них же напряжение диуреза в этих условиях достоверно ниже ($p < 0,01$). Ацидификация двенадцатиперстной кишки оказывает ингибирующее действие на деятельность слюнных, желудочных желез и почек, стимулирующее — на деятельность поджелудочной железы.

При действии мышечной нагрузки и в восстановительном периоде выявлены разнонаправленные изменения объемов пищеварительных соков и мочи спортсменов-борцов и лиц, не занимающихся спортом.

У обследуемых контрольной группы в условиях базальной секреции при действии физической нагрузки наблюдали тенденцию к увеличению объема дуоденального содержимого и мочи, в то время как объем желудочного сока достоверно снижался ($p < 0,05$). Под влиянием дозированной велоэргометрической нагрузки в условиях базальной секреции у спортсменов-борцов наблюдали достоверное снижение объема пищеварительных соков ($p < 0,05$), в то время как объем мочи значительно увеличивался ($p < 0,05$) (рис. 1). При ацидификации двенадцатиперстной кишки в условиях мышечного напряжения у лиц, не занимающихся спортом, наблюдается снижение объема слюны ($p < 0,05$), панкреатического сока ($p < 0,01$), увеличение объема желудочного сока ($p < 0,01$), у спортсменов-борцов при действии физической нагрузки наблюдается увеличение всех исследуемых биологических жидкостей.

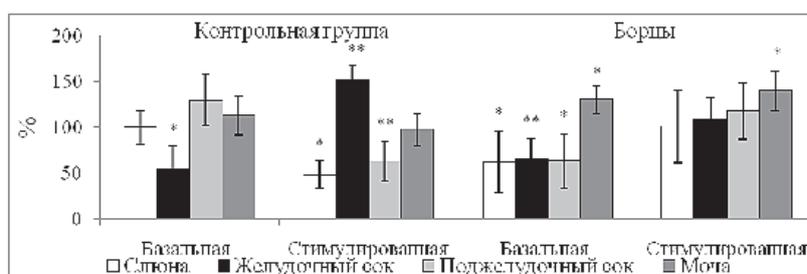


Рис. 1. Влияние 60-минутной субмаксимальной нагрузки на объемы пищеварительных соков и мочи (за 100% приняты показатели в условиях покоя)

Примечание: * — различия достоверны по отношению к аналогичным данным физиологического покоя $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

В течение восстановительного периода у обследуемых контрольной группы в условиях базальной секреции наблюдается снижение объема желудочного сока ($p < 0,01$), мочи ($p < 0,05$), при ацидификации двенадцатиперстной кишки — объема панкреатического сока ($p < 0,01$) (рис. 2). Через 2 ч. после действия нагрузки обнаружено увеличение объема желудочного сока при стимуляции двенадцатиперстной кишки.

У борцов через 1 ч. после действия нагрузки наблюдается снижение объема слюны, желудочного сока, увеличение объема мочи относительно фоновых значений. У спортсменов-борцов в течение двухчасового восстановительного периода выявлены высокие значения объема слюны, желудочного сока, мочи, низкие значения объема панкреатического сока относительно фоновых показателей, но достоверных различий не выявлено.

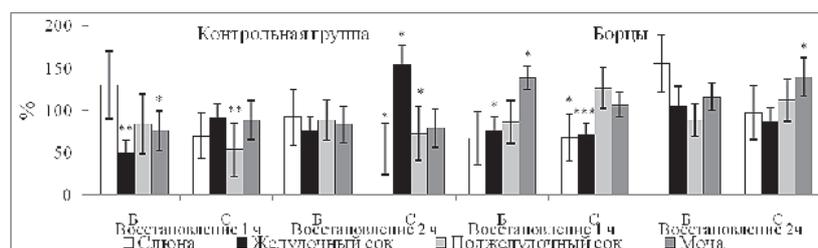


Рис. 2. Динамика восстановления объемов пищеварительных соков и мочи (за 100% приняты показатели в условиях покоя).

Примечание: * — различия достоверны по отношению к аналогичным данным физиологического покоя $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$.

Различный уровень повседневной двигательной активности оказывал влияние на электролитный состав слюны, желудочного и поджелудочного сока.

У обследуемых контрольной группы и спортсменов-борцов в условиях мышечного покоя наблюдали некоторые различия в концентрации и валовом выделении натрия и калия в исследуемых пищеварительных соках.

В условиях базальной секреции высокую концентрацию натрия в слюне, желудочном и панкреатическом соке обнаружили у лиц, не занимающихся спортом по отношению к спортсменам, развивающим скоростно-силовые качества ($p < 0,05$). В условиях ацидификации двенадцатиперстной кишки раствором соляной кислоты у спортсменов-борцов при высокой концентрации натрия в поджелудочном соке ($p < 0,01$) обнаружили низкие значения концентрации натрия в слюне и желудочном соке ниже. Введение 0,5%-го раствора соляной кислоты интродуоденально привело к увеличению концентрации натрия в слюне, желудочном и поджелудочном соке относительно базальной секреции. У обследуемых контрольной группы наблюдается увеличение концентрации натрия в желудочном соке, а в слюне и дуоденальном содержимом концентрация натрия снижается относительно базальной секреции. По показателям валового выделения натрия в условиях базальной секреции у спортсменов-борцов обнаружили достоверно низкие значения в слюне, желудочном соке ($p < 0,01$) по отношению к обследуемым контрольной группы.

В условиях мышечного покоя обнаружили некоторые различия и по показателям концентрации и валового выделения калия в исследуемых биологических жидкостях. У спортсменов-борцов обнаружили достоверно низкие значения концентрации калия в слюне — базальной ($p < 0,05$) и стимулированной ($p < 0,001$), в дуоденальном содержимом в условиях базальной секреции ($p < 0,05$). Введение 0,5%-го раствора в двенадцатиперстную кишку вызывает увеличение концентрации калия в слюне и желудочном соке обследуемых контрольной группы, у спортсменов-борцов наблюдается тенденция к увеличению данного показателя в дуоденальном содержимом, в слюне и желудочном содержимом снижается относительно базальной секреции. Валовое выделение калия в исследуемых биологических соках у спортсменов, развивающих скоростно-силовые качества, ниже по отношению к лицам, не занимающимся спортом в условиях базальной и стимулированной секреции.

При мышечном напряжении и в восстановительном периоде выявлены существенные различия концентрации и валового содержания натрия (рис. 3) и калия (рис. 4) в составе слюны, желудочного и поджелудочного соков.

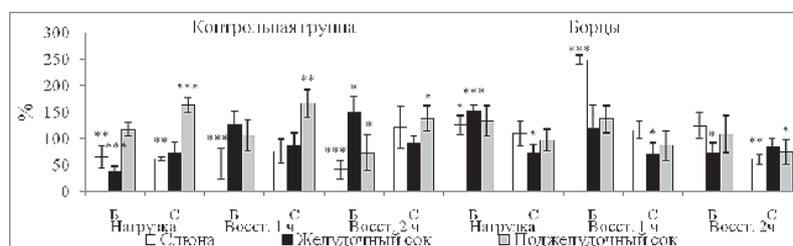


Рис. 3. Влияние нагрузки и динамика восстановления концентрации натрия в пищеварительных соках (за 100% приняты показатели в условиях покоя)

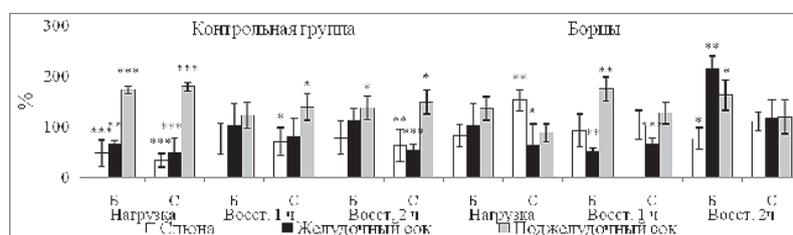


Рис. 4. Влияние нагрузки и динамика восстановления концентрации калия в пищеварительных соках (за 100% приняты показатели в условиях покоя)

Примечание: * — различия достоверны по отношению к аналогичным данным физиологического покоя $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$.

При выполнении велоэргометрической нагрузки отмечали достоверное снижение концентрации натрия и калия в слюне ($p < 0,01$), желудочном соке ($p < 0,001$), увеличение в дуоденальном содержимом ($p < 0,001$) у обследованных контрольной группы. У борцов наблюдается достоверное увеличение концентрации натрия в базальной порции слюны ($p < 0,05$), желудочного сока ($p < 0,001$), калия — в сти-

мулированной порции слюны ($p < 0,01$), значительное снижение концентрации натрия и калия в желудочном соке ($p < 0,05$) при ацидификации двенадцатиперстной кишки. Введение 0,5%-го раствора соляной кислоты интродуоденально при действии физической нагрузки вызывало снижение концентрации натрия в слюне, увеличение в желудочном соке у обследованных контрольной группы. У борцов, наблюдается противоположная реакция. Валовое выделение натрия и калия у обследуемых изменяется в соответствии с концентрацией.

Через 1 ч. после действия нагрузки у обследованных контрольной группы концентрация натрия и калия в слюне снижается ($p < 0,001$), в стимулированной порции дуоденального содержимого увеличивается ($p < 0,001$).

В течение двухчасового восстановительного периода у обследованных контрольной группы наблюдается достоверное снижение концентрации натрия в базальной порции слюны ($p < 0,001$), увеличение в базальной порции желудочного сока ($p < 0,05$) и стимулированной порции дуоденального содержимого ($p < 0,05$) относительно фоновых значений. Концентрация калия в дуоденальном содержимом увеличивается, а в слюне и желудочном соке при ацидификации двенадцатиперстной кишки снижается. У спортсменов-борцов через 1 ч. после действия нагрузки выявлено достоверное увеличение концентрации натрия в базальной порции слюны ($p < 0,001$), снижение концентрации калия и натрия в желудочном соке ($p < 0,05$). В течение двухчасового последствия нагрузки концентрация натрия в стимулированной порции слюны и в дуоденальном содержимом снижается ($p < 0,05$), концентрация калия снижается в слюне ($p < 0,05$), увеличивается в желудочном ($p < 0,01$) и поджелудочном соках ($p < 0,05$).

Заключение. В условиях мышечного покоя у обследуемых с различным уровнем повседневной двигательной активности выявили перераспределение в объемах пищеварительных соков и мочи как в условиях базальной секреции, так и в условиях введения в дуоденум 0,5%-го раствора соляной кислоты. При высоком уровне слюноотделения и выделения поджелудочного сока в условиях базальной секреции, при высоком уровне выделения желудочного сока в условиях стимуляции двенадцатиперстной кишки параллельно наблюдались низкие значения диуреза.

При выполнении физической нагрузки концентрация натрия и калия в слюне и желудочном соке снижается у обследованных контрольной группы, у спортсменов-борцов подобного угнетения не выявлено, скорее всего, это связано с адаптированностью организма к выполнению физических нагрузок. Концентрация электролитов в дуоденальном содержимом при выполнении физической нагрузки увеличивается, возможно, поджелудочная железа в меньшей степени реагирует на мышечное напряжение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коротько Г.Ф. Секрция поджелудочной железы. М.: Триада-Х, 2002. 224 с.
2. Коротько Г.Ф. Желудочное пищеварение. Краснодар, 2007. 256 с.
3. Коротько Г.Ф. Пищеварение — естественная технология. Краснодар: ЭДВИ, 2010. 304 с.
4. Кузнецов А.П., Речкалов А.В., Смелышева Л.Н. Желудочно-кишечный тракт и стресс. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2004. 254 с.
5. Кузнецов А.П., Смелышева Л.Н., Сажина Н.В. Ферментативные взаимоотношения пищеварительных желез при действии мышечного и эмоционального напряжения // Вестник Курганского гос. ун-та. 2008. № 1. С. 29-36.

6. Грязных А.В. Восстановление секреции пищеварительных желез после мышечной нагрузки. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. 188 с.
7. Maughan, R.J., Harries, M., Williams, C., Stanish, W.D., Micheli, L.L. Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise // *Oxford Textbook of Sports Medicine*. New York: Oxford University Press, 1994. P. 82-93.
8. Whiting, S.J., Barabash, W.A. Dietary reference intakes for micronutrients: considerations for physical activity // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2006. P. 80-85.
9. Duvillard, S.P. Von, Broun, W.A., Markofski, M., Beneke, R. Fluids and hydration in prolonged endurance performance // *Nutrition*. 2004. P. 651-656.
10. Коротко Г.Ф., Аблязов А.А. Дифференцированность экскреторных реакций желудка, двенадцатиперстной кишки и поджелудочной железы на пробные завтраки разного состава // *Физиология человека*. 1993. Т. 19. № 3. С. 135-140.

REFERENCES

1. Korot'ko, G.F. *Sekretija podzheludochnoj zhelezy* [Secretion of Pancreatic Gland]. Moscow: Triada-X, 2002. 224 p. (in Russian).
2. Korot'ko, G.F. *Zheludochnoe pishhevarenie* [Gastric Digestion]. Krasnodar, 2007. 256 p. (in Russian).
3. Korot'ko, G.F. *Pishhevarenie — estestvennaja tehnologija* [Digestion as a Natural Technology]. Krasnodar, 2010. 304 p. (in Russian).
4. Kuznecov, A.P., Rechkalov, A.V., Smelysheva, L.N. *Zheludochno-kishechnyj trakt i stress* [Digestive Tract and Stress]. Kurgan: Kurganskij gosudarstvennyj universitet publ., 2004. 254 p. (in Russian).
5. Kuznecov, A.P., Smelysheva, L.N., Sazhina, N.V. Fermentative Interrelations of Digestive Glands in Muscular and Emotional Tension. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta — Herald of Kurgan University*. 2008. № 1. Pp. 29-36 (in Russian).
6. Grjaznyh, A.V. *Vosstanovlenie sekrecii pishhevaritel'nyh zhelez posle myshechnoj nagruzki*. Kurgan: Kurganskij gosudarstvennyj universitet publ., 2010. 188 p. (in Russian).
7. Maughan, R.J., Harries, M., Williams, C., Stanish, W.D., Micheli, L.L. Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. *Oxford Textbook of Sports Medicine*. Oxford University Press, New York. 1994. P. 82-93.
8. Whiting, S.J., Barabash, W.A. Dietary reference intakes for micronutrients: considerations for physical activity. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2006. P. 80-85.
9. Duvillard, S.P. Von, Broun, W.A., Markofski, M., Beneke, R.. Fluids and hydration in prolonged endurance performance. *Nutrition*. 2004. P. 651-656.
10. Korot'ko, G.F., Abljazov, A.A. Differentiation of Excretory Reactions of the Stomach, Duodenum and Pancreatic Gland to Various Breakfast Samples. *Fiziologija cheloveka — Human Physiology*. 1993. Vol. 19. № 3. Pp. 135-140 (in Russian).