

© Н. В. САЖИНА, А. П. КУЗНЕЦОВ,
Л. Н. СМЕЛЬШЕВА

Курганский государственный университет
Sazhina67@mail.ru, afgh@kgsu.ru

УДК 612.323.0015 (045)

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ
НА СЕКРЕТОРНУЮ ФУНКЦИЮ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ
ЖЕЛЕЗ И ИММУННЫЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА**

**INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY
ON SEKRETORNY FUNCTION OF DIGESTIVE GLANDS
AND IMMUNE STATUS OF AN ORGANISM**

У 28 лиц мужского пола в возрасте 18-24 лет в покое и после велоэргометрической нагрузки объемом 36900 кг / м параллельно исследованы функции слюнных, желудочных, поджелудочных желез и иммунный статус организма.

После физической нагрузки достоверно возрастает (до $154,6 \pm 14,1\%$) содержание α -амилазы в панкреатическом соке в условиях базальной секреции и до $147, \pm 18,1\%$ в условиях стимулированной секреции.

При введении в двенадцатиперстную кишку 30 мл 0,5% раствора HCL pH желудочного сока повышается с $1,96 \pm 0,12$ до $3,67 \pm 0,47$ ($p < 0,005$). Физическая нагрузка существенно усиливает ингибирующий эффект на желудочную секрецию, вызванный введением 0,5% раствора хлористоводородной кислоты в двенадцатиперстную кишку. Установлено, что введение 30 мл 0,5% раствора HCL в двенадцатиперстную кишку приводило к снижению сегментоядерных нейтрофилов, относительного содержания Т-лимфоцитов (CD 3+) и хелперно-индуцированной популяции CD 4+, CD 8+. При этом уровень натуральных киллеров, содержание ауторозеток и сывороточного IgM и компонента по 50% гемолизу достоверно возрастали.

Физическая нагрузка повышала уровень панкреатической секреции и снижала процентное содержание лимфоцитов, абсолютное число Т-лимфоцитов, CD 3+, CD 4+, CD 20+, NK клеток и индекса CD4/CD8.

In 28 males aged 18-24 years at rest and after bicycle exercise load capacity of 36900kg / m parallel investigated salivary, gastric, pancreas and the immune status of the organism. After physical exercise significantly increased (up to $154,6 \pm 14,1\%$) the content of α -amylase in pancreatic juice secretion in basal conditions and up to $147, \pm 18,1\%$ under stimulated secretion. When injected into the duodenum 30ml. 0.5% solution of HCL pH of gastric juice increases from $1,96 \pm 0,12$ to $3,67 \pm 0,47$ ($p < 0,005$). Physical activity significantly enhances the inhibitory effect on gastric secretion induced by administration of a 0.5% solution of hydrochloric acid in the duodenum.

It was established that administration of 0.5 ml 30% HCL solution двенадцатиперстную intestine resulted in a reduction of segmented neutrophils, regarding the content of T lymphocytes (CD 3 +) and helper-induced CD 4 + population, CD 8 +. The level of natural killer content autorosettes and serum IgM and complement by 50% hemodialysis significantly increased. Physical activity increased the level of pancreatic secretion and decreased the percentage of lymphocytes, the absolute number of T-lymphocytes, CD 3+, CD 4+, CD 20+, NK cells and index CD 4/CD 8.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Желудочная, панкреатическая секреция, иммунный статус, физическая нагрузка.

KEY WORDS. Gastric, pancreatic secretion, immune status, muscular exercise.

Желудочно-кишечный тракт выполняет разнообразные функции: секреторную, моторно-эвакуаторную, эндокринную и иммунную. Согласованное выполнение этих функций обеспечивает не только осуществление процесса пищеварения, но и протекание многих межпищеварительных процессов, среди которых особое место отводится иммунной защите. Значительная часть поступающих с пищей чужеродных веществ обладают антигенными свойствами. Поэтому процесс пищеварения и иммунная защита прежде всего направлены на лишение пищи видовой индивидуальной специфичности (антигенных свойств). Важное значение в утрате антигенных свойств принадлежит секретам пищеварительных, особенно желудочных и поджелудочных, желез. Не случайно у нейтрофилов лимфоцитов, моноцитов и тучных клеток, относящихся к иммунной системе, многие протеолитические активности очень схожи с экзоклеточными, особенно панкреатическими ферментами [6].

На гидролитическую и иммунную функции пищеварительной системы влияют многие факторы, включая эмоциональное и мышечное напряжение, нарушение экологии и многие другие [1, 3, 7]. Это дает основание полагать, что изучение влияния мышечной нагрузки на функции пищеварительной и иммунной систем имеет теоретический и прикладной интерес, поскольку физические упражнения являются одним из важнейших факторов сохранения здоровья и профилактики заболеваний.

Методы исследования

Утром натощак методом фракционного гастродуоденального зондирования с помощью двухканального зонда производилось отдельное извлечение желудочного и панкреатического соков у лиц мужского пола в условиях покоя и после действия велоэргометрической нагрузки продолжительностью 30 минут и общим объемом 36900 кг/м при частоте педалирования 65 оборотов в минуту. После введения зонда в течение 3 минут собиралась натощаковая желудочная секреция, затем в течение часа по 15-минутным порциям базальная желудочная и поджелудочная секреция. Затем в двенадцатиперстную кишку вводили стимулятор панкреатической секреции (30 мл 0,5% раствора хлористоводородной кислоты) и в течение часа по 15-минутным порциям собиралась стимулированная поджелудочная секреция и «ингибированная» желудочная секреция. Параллельно производился сбор смешанной слюны.

Количественное определение иммуноглобулинов класса А, М, G в сыворотке крови было проведено иммуноферментным методом с применением пероксидазы хрена в качестве индикаторного фермента. Использовали набор реагентов рго-ConJg производства ООО «Протеиновый контур» (по инструкции производителя).

Для характеристик локальных факторов защиты проводили определение уровня sIgA (по Манчини) и активности лизоцима по В. И. Стогний (1989) [11] в смешанной слюне, желудочном и панкреатическом соках.

Собственные исследования

В условиях фона выявлено достоверное повышение объема смешанной слюны ($p < 0,001$), желудочного сока ($p < 0,01$) в базальном секрете и после стимуляции панкреатической секреции, соответственно, по отношению к таковым показателям в условиях тощачковой секреции (табл. 1, табл. 2, табл. 3). В этих условиях выделение амилазы, липазы в составе смешанной слюны и панкреатического сока достоверно не изменялось.

Таблица 1

Влияние 30-минутной физической нагрузки на показатели базальной и стимулированной секреции поджелудочной железы у здорового человека ($M \pm m$) (n=28)

Показатели	Условия секреции	Фон	Физическая нагрузка
Объем панкреатического секрета, мл	Б	39,01±4,29	32,88±6,38
	С	40,58±4,29	45,18±5,45
рН	Б	5,93±0,24	6,49±0,26
	С	5,47±0,38	6,22±0,25
α-амилаза, мг/мл	Б	1,52±0,16	2,32±0,07 ****
	С	1,59±0,17	2,33±0,08 ****
Дебит-час α-амилазы, мг/ч	Б	62,41±9,49	79,0±14,86
	С	67,95±9,51	107,56±13,91 *
Липаза, ед/мл	Б	5,12±0,51	5,93±1,19
	С	3,98±0,54	5,72±1,25
Дебит-час липазы, ед/ч	Б	184,24±26,56	203,1±59,36
	С	176,96±42,97	293,45±81,50
α-амилаза/липаза	Б	0,54±0,12	0,81±0,16
	С	0,70±0,15	0,89±0,18

Примечание: 1) Б — базальная, С — стимулированная секреция;
 2) различия достоверны по отношению к показателям в условиях фона: * $p < 0,05$; **** $p < 0,001$;
 3) различия достоверны по отношению к показателям в условиях базальной секреции: • $p < 0,05$; ••• $p < 0,01$.
 Гастродуоденальное зондирование, ингибирование желудочной секреции 30 мл 0,5% раствора соляной кислоты.

Таблица 2

Влияние 30-минутной физической нагрузки на показатели желудочной секреции у здорового человека ($M \pm m$) ($n=28$)

Показатели	Условия секреции	Фон	Физическая нагрузка
Объем желудочного сока, мл	Т	20,39±2,26	22,41±4,12
	Б	63,70±6,49 ^{^^^}	63,85±7,89 ^{^^^}
	И	44,25±6,53 ^{^^}	57,21±3,76 ^{^^^}
рН	Т	2,15±0,12	3,43±0,48 ^{**}
	Б	1,87±0,09	2,82±0,46
	И	1,96±0,12	3,67±0,47 ^{***}
НСI, ммоль/л	Т	28,56±4,11	22,09±4,27
	Б	36,24±3,36	34,23±6,24
	И	37,12±4,63	26,04±6,40
Дебит-час НСI, ммоль/ч	Б	2,32±0,31	2,39±0,59
	И	1,69±0,37	1,54±0,50
Пепсиноген, мг/мл	Т	24,22±5,41	19,61±7,06
	Б	31,91±5,83	22,74±6,34
	И	36,44±6,57	18,98±5,30
Дебит-час пепсиногена, мг/ч	Б	1,74±0,35	1,56±0,53
	И	1,62±0,46	1,13±0,41
Протеолитическая активность, мг/мл	Т	20,40±5,68	22,89±6,47
	Б	17,6±3,27	15,34±4,31
	И	22,91±4,47	14,65±3,53
Суммарная протеолитическая активность, мг/ч	Б	0,97±0,21	0,72±0,21
	И	0,95±0,24	0,84±0,25

Примечание: 1) Т — натошковая, Б — базальная, И — ингибированная секреция;
 2) различия достоверны по отношению к показателям в условиях фона:
 * $p < 0,05$; ** $p < 0,02$; *** $p < 0,01$;
 3) различия достоверны по отношению к показателям в условиях натошковой секреции: ^ $p < 0,05$; ^^ $p < 0,02$; ^^^ $p < 0,01$; ^^^^ $p < 0,001$.
 Гастродуоденальное зондирование, ингибирование желудочной секреции 30 мл 0,5% раствора соляной кислоты.

Влияние 30-минутной физической нагрузки на показатели секреции смешанной слюны у здорового человека ($M \pm m$) (n=28)

Показатели	Условия секреции	Фон	Физическая нагрузка
Объем, мл	Т	5,71±0,63	2,92±0,45 ***
	Б	85,33±10,63 ^^^	74,0±13,91 ^^^
	И	46,39±5,75 ^^^	37,65±10,9 ^^
рН	Т	7,95±0,02	8,02±0,02 *
	Б	7,97±0,08	8,12±0,10
	И	8,08±0,06	8,21±0,06 ^^
Амилаза, мг/мл	Т	0,09±0,04	
	Б	0,11±0,05	
	И	0,14±0,04	
Дебит-час амилазы, мг/ч	Б	9,75±4,15	
	И	7,16±1,78	

Примечание: 1) Т — тощачовая, Б — базальная, И — ингибированная секреция;
 2) различия достоверны по отношению к показателям в условиях фона: * $p < 0,05$; ** $p < 0,02$; *** $p < 0,01$; **** $p < 0,001$;
 3) различия достоверны по отношению к показателям в условиях натощачовой секреции: ^^ $p < 0,02$; ^^^ $p < 0,01$; ^^^^ $p < 0,001$.
 Гастродуоденальное зондирование, ингибирование желудочной секреции 30 мл 0,5% раствора соляной кислоты.

В условиях покоя после стимуляции панкреатической секреции выявлено снижение некоторых показателей лейкоцитарной формулы: достоверное снижение относительного содержания лимфоцитов, моноцитов в сочетании с повышением общего числа лейкоцитов (в основном за счет увеличения основных клеточных популяций (сегментоядерных нейтрофилов) по отношению к соответствующим фоновым показателям. В этих условиях демонстрируются изменения со стороны лимфоцитарно-клеточного звена иммунной системы в ответ на ацидификацию двенадцатиперстной кишки соляной кислотой: достоверное снижение общего числа и относительного содержания Т-лимфоцитов (CD 3+) по отношению к соответствующим показателям в условиях тощачовой секреции. При этом отмечено снижение хелперно-индукторной субпопуляции CD 4+ общего числа и абсолютного числа и снижение абсолютного числа субпопуляции CD 8+.

Уровень натуральных киллеров (НК-клеток) и содержание ауторозеток в этих условиях достоверно повышались по отношению к соответствующим показателям в условиях тощачовой секреции соответственно, а иммунорегуляторный индекс CD4/CD8 не изменялся. Показатели фагоцитарного звена в усло-

виях ацидификации дуоденума (фон) оказались более устойчивы, чем характеристики лейкоцитарной формулы. В условиях межпищеварительного периода при интрадуоденальной стимуляции слизистой двенадцатиперстной кишки выявлено достоверное повышение концентрации сывороточных иммуноглобулинов класса М (IgM) и комплемента по 50% гемолизу по отношению к соответственным показателям в условиях натошакковой секреции.

Уровень цитокинов (ИЛ 4, γ -ИФН) при этом не изменялся. Обращает на себя внимание достоверное падение концентрации sIgA в смешанной слюне в условиях базальной и ингибированной желудочной секреции (рис. 1) и соответственно повышение ее в составе панкреатического сока в условиях стимулированной панкреатической секреции.

Физическая нагрузка вызывала снижение объема смешанной слюны ($p < 0,02$) и повышение ее рН ($p < 0,05$) натошак (табл. 3). Отмечено повышение концентрации α -амилазы панкреатического сока и ее дебит-часа в условиях базальной панкреатической секреции ($p < 0,001$) и в условиях ацидификации дуоденума ($p < 0,05$) по отношению к таковым показателям в условиях фона (табл. 1).

Физическая нагрузка оказывала разнонаправленное воздействие на секреторную функцию пищеварительных желез и иммунную систему.

В условиях тошакковой секреции после физической нагрузки происходило достоверное снижение процентного содержания лимфоцитов, абсолютного числа Т-лимфоцитов (CD 3+), снижение процентного содержания и абсолютного числа хелперно-индукторной субпопуляции CD 4+, снижение процентного содержания и абсолютного числа CD 20+ по отношению к соответствующим фоновым показателям. В этих условиях также снижалось процентное содержание НК-клеток и иммунорегуляторный индекс CD4/CD8, фагоцитарное число и повышалась концентрация сывороточных иммуноглобулинов класса М (IgM) по отношению к таковым показателям в условиях фона.

При стимуляции панкреатической секреции после физической нагрузки происходило достоверное повышение общего числа лейкоцитов в основном за счет увеличения основных клеточных популяций палочкоядерных нейтрофилов, и снижение процентного содержания эозинофилов в крови, процентного содержания лимфоцитов по отношению к показателям в условиях натошакковой секреции. При этом наблюдали снижение процентного содержания и абсолютного числа CD 20+ по отношению к соответствующим фоновым показателям и по отношению к показателям в условиях натошакковой секреции. При этом также снижалось процентное содержание НК-клеток и иммунорегуляторный индекс CD4/CD8, фагоцитарное число и повышались процент фагоцитирующих нейтрофилов, концентрации сывороточных иммуноглобулинов класса М (IgM), концентрация комплемента по 50% гемолизу в крови по отношению к таковым показателям в условиях фона.

Исследования последних лет показывают, что интенсивные физические нагрузки могут сопровождаться иммуносупрессией [2, 5, 10], развитие которой затрагивает иммунокомпетентные клетки различных субпопуляций, такие как хелперно-индуцирующие лимфоциты, цитотоксические клетки, натуральные киллеры, лимфокин-активированные киллерные клетки, моноциты и др. Ее

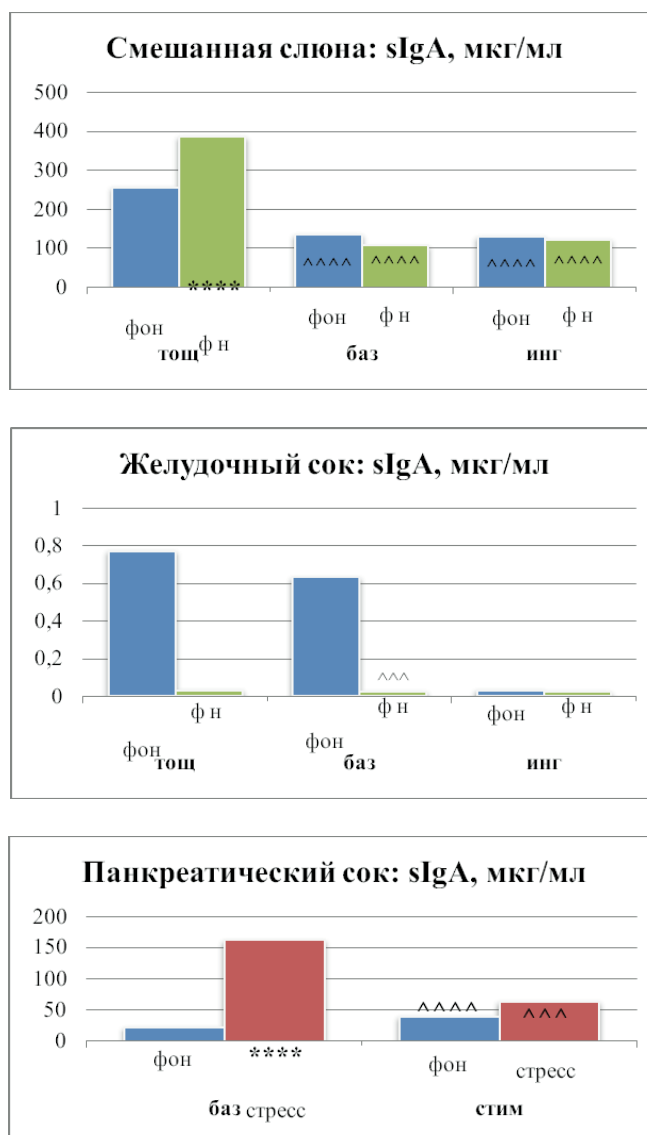


Рис. 1. Влияние физической нагрузки на концентрацию sIgA в составе смешанной слюны, желудочного и панкреатического сока в условиях натощаковой (ТОЩ), базальной (БАЗ) и стимулированной (СТИМ) панкреатической секреции у здорового человека ($M \pm m$)

Примечание: 1) различия достоверны по отношению к показателям в условиях фона: * $p < 0,05$; ** $p < 0,02$; *** $p < 0,01$; **** $p < 0,001$;
 2) различия достоверны по отношению к показателям в условиях натощаковой секреции: ^ $p < 0,05$; ^^ $p < 0,02$; ^^ ^ $p < 0,01$; ^^ ^^ $p < 0,001$.
 Гастродуоденальное зондирование, ингибирование желудочной секреции 30 мл 0,5% раствора соляной кислоты

механизмы в достаточной степени не изучены и являются мультифакториальными. Поэтому при различных видах спортивной деятельности характер клеточных реакций неодинаков [4, 8, 9].

При стимуляции панкреатической секреции после физической нагрузки происходило снижение концентрации секреторного IgA в смешанной слюне и повышение его в панкреатическом соке (рис. 1) по отношению к показателям в условиях натошачковой секреции.

Заключение

Параллельное исследование секреторной функции пищеварительных желез и иммунного статуса организма позволяет заключить, что в условиях натошачковой, базальной и стимулированной панкреатической и ингибированной желудочной секреции имеются существенные различия в показателях иммунограммы. Введение стимулятора панкреатической секреции изменило содержание лимфоцитов, моноцитов, которые снижались, и увеличивало количество основных клеточных популяций (сегментоядерных нейтрофилов). Также происходило снижение относительного содержания Т-лимфоцитов (CD 3+) и снижение хелперно-индуцированной субпопуляции CD 4+, CD 8+. Уровень натуральных киллеров, содержание ауторозеток и сывороточных иммуноглобулинов класса и комплемента по 50% гемолизу значимо возрастали.

Физическая нагрузка изменяла взаимоотношения между пищеварительной и иммунной системами.

Параллельно повышению уровня панкреатической секреции и незначительному изменению ингибированной желудочной секреции обнаружено заметное снижение ряда показателей иммунного статуса организма (процентного содержания лимфоцитов, абсолютного числа Т-лимфоцитов, CD 3+, CD 4+, CD 20+, NK клеток и иммуннорегуляторного индекса CD4/CD8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cottone P. CRF system recruitment mediates dark side of compulsive eating / P. Cottone // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 2009. Pp. 20016-20020.
2. Gentle N. M. Interleukins and the formation of the immunological response in malignant growth / N. M. Gentle // Allergy and immunology. 2000. V. No. 1. Pp. 45-60.
3. Moran T. N. Gut peptides in the control of food intake / T. N. Moran // Int. J. Obesity. 2009. Pp. 7-10.
4. West N. P. The effect of exercise on innate mucosal immunity / West N. P., B. Pyne, J. M. Kyd // Br. J. Sports Med. 2008. No 5. Pp. 22-28.
5. Захарова М. Ф. Влияние различных видов физических нагрузок на показатели ферментативной активности лимфоцитов периферической крови спортсменов / М. Ф. Захарова // Lib.sportedu.ru/Press/TPPEVS. 2012. No 1. Pp. 57-59. URL: <http://www.teoriya.ru/gu>
6. Коротько Г. Ф. Физиология системы пищеварения / Г.Ф. Коротько. Краснодар, 2009. 608 с.
7. Кузнецов А. П. Желудочно-кишечный тракт и стресс / Кузнецов А. П., Речкалов А. В., Смелышева Л. Н. Курган: Изд-во КГУ, 2004. 254 с.

8. Кузнецов А. П., Грязных А. В., Сажина Н. В. Физиология иммунной системы / А. П. Кузнецов, А. В. Грязных, Н. В. Сажина. Курган: Изд-во КГУ, 2015. 150 с.
9. Мильман В. Э. Стресс и личностные факторы регуляции деятельности / В. Э. Мильман // Стресс и тревоги в спорте. М.: Физкультура и спорт, 2015. С. 24-26.
10. Стернин Ю. И., Кнорринг Г. Ю. Особенности состояния иммунной системы при спортивной деятельности / Ю. И. Стернин, Г. Ю. Кнорринг // Лечащий врач. 2008. № 8.
11. Стогний В. И. Способ определения активности лизоцима в слюне и сыворотке крови / В. И. Стогний, В. П. Гомек, Л. В. Воропаева, С. Е. Полякова // Лаб. дело. 1989. № 6. С. 15-17.

REFERENCES

1. Cottone P. CRF System Recruitment Mediates Dark Side of Compulsive Eating // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 2009. Pp. 20016-20020.
2. Gentle N. M. Interleukins and the Formation of the Immunological Response in Malignant Growth // Allergology and immunology. 2000. Vol. 1. No 1. Pp. 45-60.
3. Moran T. N. Gut Peptides in the Control of Food Intake // Int. J. Obesity. 2009. Pp. 7-10ю
4. West N. P. The effect of Exercise on Innate Mucosal Immunity // Br. J. Sports Med. 2008. No 5. Pp. 22-28.
5. Zakharova M. F. Vliyaniye razlichnykh vidov fizicheskikh nagruzok na pokazateli fermentativnoy aktivnosti limfotsitov perifericheskoy krovi sportsmenov [The Impact of Different Types of Physical Stress on the Performance of the Enzymatic Activity of Peripheral Blood Lymphocytes in Athletes] // Lib.sportedu.ru/Press/TPPEVS. 2012. No 1. P. 57-59. <http://www.teoriya.ru/ru> (In Russian)
6. Korotko G. F. Fiziologiya sistemy pischevareniya [Physiology of the Digestive System]. Krasnodar, 2009. 608 p. (In Russian)
7. Kuznetsov A. P. Zheludochno-kishechnyy trakt i stress [Gastrointestinal Tract and Stress]. Kurgan: Izd-vo KGU [Kurgan State University Publisher], 2004. 254 p. (In Russian)
8. Kuznetsov A. P., Gryaznyh A. V., Sazhina N. V. Fiziologiya immunnoy sistemy [Physiology of the Immune System]. Kurgan: Izd-vo KGU [Kurgan State University Publisher], 2015. 150 p. (In Russian)
9. Milman V. E. Stress i lichnostnyie faktoryi regulyatsii deyatel'nosti [Stress and Personal Factors of Activity Regulation] // Stress i trevogi v sporte [Regulation of stress and anxiety in sport], Moscow: Fizkultura i sport [Physical Education and Sports], 2015. Pp. 24-26. (In Russian)
10. Sternin Yu. I., Knorring G. U. Osobennosti sostoyaniya immunnoy sistemy pri sportivnoy deyatel'nosti [Features of the Immune System During Sports Activity] // Lechaschiy vrach [Attending physician]. 2008. No 8. (In Russian)
11. Stogniy V. I. Sposob opredeleniya aktivnosti lizotsima v slyune i syivorotke krovi [Method for Determining the Activity of Lysozyme in Saliva and Serum] // Lab. delo [Laboratory work]. 1989. No 6. Pp. 15-17. (In Russian)

Авторы публикации

Сажина Нина Витальевна — кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии и физиологии человека Курганского государственного университета

Кузнецов Александр Павлович — доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой анатомии и физиологии человека Курганского государственного университета

Смельшева Лада Николаевна — доктор медицинских наук, профессор, кафедра анатомии и физиологии человека Курганского государственного университета

Authors of the publication

Nina V. Sazhina — Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Department of Anatomy and Physiology, Kurgan State University

Aleksander P. Kuznetsov — Dr. Sci. (Biol.), Professor, Honored scientist of the Russian Federation, Head of Department of Anatomy and Physiology, Kurgan State University

Lada N. Smelysheva — Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Anatomy and Physiology, Kurgan State University