

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕННОГО СВЕТОВОГО РЕЖИМА НА ПОКАЗАТЕЛИ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО РАВНОВЕСИЯ ПОСЛЕ ИНТЕНСИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Батоцыренова Е. Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства»
192019 Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д.1, тел.-8(812)365-06-80
E-mail:bkaterina2009@yandex.ru

Резюме

Поддержание гомеостаза организма в условиях изменения освещения оценивали с позиции интегральных показателей, таких как показатели кислотно-основного равновесия, показателей энергетического обмена и важнейших составляющих водно-электролитного баланса. В эксперименте изучено сочетанное воздействие физической нагрузки на тренированных крыс в условиях измененного светового режима. В результате эксперимента установлено, что в условиях светового десинхроноза наблюдается более выраженное изменение кислотно-основного состояния и нарушается транспорт кислорода в клетки. Такие изменения снижают адаптированность организма к воздействию интенсивной физической нагрузки.

Ключевые слова: световой десинхроноз, физическая нагрузка, кислотно-основное равновесие, глюкоза, лактат, электролиты.

THE INFLUENCE OF DISBALANCE LIGHT CONDITIONS ON THE PARAMETERS OF ACID-BASE BALANCE AFTER INTENSIVE PHYSICAL EXERCISE

Batotsyrenova E.G.

Abstract

Maintaining the homeostasis of the organism in conditions of disbalance lighting was evaluated from the point of integral indicators, such as indicators of acid-base balance, indicators of energy metabolism and the most important components of water and electrolyte balance. In the experiment, the combined effect of physical activity on trained rats under conditions of a modified light regime was studied. As a result of the experiment, it was found out that under conditions of light desynchronosis is observed more pronounced alterations, oxygen transport to the cells is disturbed correction of the acid-base balance. Such changes reduce the adaptability of the organism to the conditions of exposure to intense physical exertion.

Key words: light desynchronosis, physical activity, acid-base balance, glucose, lactate, electrolytes.

Введение

Известно, что даже небольшие сдвиги pH сильно влияют на скорость метаболических процессов и стабильность белков. В здоровом организме pH колеблется в узких пределах – 7,35-7,45 за счет постоянного функционирования буферных систем: бикарбонатной, гемоглобиновой, фосфатной, а также белков сыворотки крови. Поддержание pH в установленных пределах является критическим этапом таких процессов, как: 1) взаимодействие фермента с лигандом; 2) фазы катализа ферментативной реакции; 3) структурных переходов в молекулах белков; 4) реакций в буферных системах. Поэтому кислотно-основное состояние (КОС) – один из основных показателей, определяющий функционирование организма как единого целого. Большое значение в этих процессах имеет выделение углекислого газа (CO₂) легкими. Парциальное давление углекислого газа крови (pCO₂) – фактически единственный показатель дыхательной части КОС [1].

Показатели КОС отражают не только изменения в буферных системах крови, но и состояние энергетического метаболизма в клетках, в том числе после физической нагрузки (ФН). Существует корреляционная зависимость между изменением рН крови и динамикой содержания электролитов крови, лактата – продукта анаэробного обмена в сыворотке крови [2, 3].

В процессе интенсивной мышечной деятельности метаболические изменения связаны с активацией буферных резервов организма за счет образования большого количества молочной и пировиноградной кислот, которые диффундируют в кровь и могут вызывать метаболический ацидоз организма, что приводит к утомлению мышц. Ресурсы буферных систем организма являются одними из определяющих для проявления высокой физической работоспособности. Наиболее информативными показателями, отражающие изменения гомеостаза являются следующие показатели: рН крови, ВЕ – избыток оснований, или щелочной резерв, рСО₂ – парциальное давление углекислого газа, BS – стандартный бикарбонат цельной крови [4, 5, 6].

Одним из факторов, влияющих на гомеостаз организма, является нарушение режима освещения, или световой десинхроноз. Развитие данного вида десинхроноза приводит к нарушению когнитивных и операторских функций, снижению физической работоспособности, увеличению заболеваемости и преждевременному старению [7]. Учитывая, что в условиях десинхроноза развивается гипоксия, то сочетанное воздействие интенсивной физической нагрузки и изменения светового режима приводит к повышенному напряжению адаптивных возможностей буферных резервов организма. С другой стороны, качественные и количественные изменения показателей КОС при мышечной деятельности в условиях светового десинхроноза изменяют переносимость интенсивной физической нагрузки [7, 8].

В литературе недостаточно данных по исследованию сочетанного влияния десинхроноза и физической нагрузки на показатели кислотно-основного равновесия и биохимические показатели, патогенетически связанные с регуляцией КОС. Также недостаточно сведений о состоянии кислородтранспортной системы крови при данных условиях. Исследования развития десинхроноза, его последствий в сочетании с другим экстремальным фактором – интенсивной физической нагрузкой, необходимы для уточнения возможных механизмов развития патологического десинхроноза и возможности разработать методы уменьшения его негативного влияния на организм [8].

Целью исследований явилось изучение влияния физической нагрузки и

измененного светового режима на изменение показателей кислотно-основного состояния, кислородтранспортной системы и некоторых биохимических показателей крови, характеризующих электролитный и углеводный обмен.

Материалы и методы исследования

Изучение показателей КОС крови у экспериментальных животных было осуществлено в условиях продолжительной мышечной работы (беговая нагрузка в режиме тестирования на тредбане) и экспериментального светового десинхроноза.

Для исследований использовали белых беспородных крыс, массой тела 160-180 г. Эксперимент проводили в соответствии с конвенцией Совета Европы о защите позвоночных животных, используемых в научных целях.

Исследования проводились на 24 крысах-самцах. Крыс тренировали в течение 3 недель на беговой дорожке «тредбан». Тренировочные забеги проводили ежедневно при скорости движения ленты 23 м/мин, угле наклона 20° и продолжительностью в течение 15 мин. После 3-недельных тренировочных забегов провели фоновое тестирование физической работоспособности в течение 15 минут при скорости движения ленты тредбана 27 м/мин и угле наклона беговой дорожки 20° с расчетом индекса активности. Индекс активности бега рассчитывали по формуле:

Активность = $(\Sigma T_{\text{общ}} - \Sigma T_{\text{пл}}) / \Sigma T_{\text{общ}} \times 100$, где: $\Sigma T_{\text{пл}}$ – время контакта со стимуляционной площадкой, $\Sigma T_{\text{общ}}$ – время выполнения физической нагрузки [9].

После тестового забега проводили моделирование десинхроноза по собственной методике. Для этого животные были разделены на 3 группы. Первая группа (ДН) – контрольная находилась в условиях обычного освещения: 12 часов день, 12 часов ночь. Вторая группа (ДД) находилась 24 ч при постоянном освещении, третья группа (НН) находилась 24 часа при постоянной темноте. В течение моделирования семидневного светового десинхроноза животные продолжали тренироваться. На 8-й день было проведено контрольное тестирование. Непосредственно после тестирования и через 15 мин после забега был произведен забор крови для исследования показателей кислотно-основного состояния, кислородтранспортной функции, электролитов и биохимических показателей крови с помощью анализатора газового и электролитного состава крови «Rapidlab 1265».

Для исследования использовали цельную (венозную) кровь. Кровь отбирали из хвостовой вены крыс без доступа воздуха в специальный шприц с антикоагулянт в объеме 250 мкл, закрывали колпачком и немедленно проводили исследование на газовом

анализаторе.

В полученном биологическом материале определяли следующие показатели КОС: рН, парциальное давление углекислого газа ($p\text{CO}_2$), концентрацию бикарбоната ($\text{HCO}_3^{\text{заст}}$ и $\text{HCO}_3^{\text{std}}$), избыток основания в крови и во внеклеточной жидкости (ВЕ и $\text{ВЕ}_{\text{сф}}$) и показатели кислородтранспортной функции венозной крови: содержание гемоглобина (Hb), парциальное давление кислорода ($p\text{O}_2$), степень насыщения крови кислородом ($s\text{O}_2$), количество оксигемоглобина (HbO_2), дезоксигемоглобина (HHb), карбоксигемоглобина (HbCO), метгемоглобина (MetHb).

Кроме показателей КОС исследовалась концентрация электролитов и метаболитов углеводного обмена: K^+ , Ca^{2+} , глюкозы и лактата.

Результаты исследований обработаны общепринятыми методами вариационной статистики с помощью компьютерной программы MS Excel с определением t-критерия Стьюдента. Изменения считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования

В таблице 1 приведены полученные значения показателей кислотно-основного равновесия у экспериментальных животных.

Анализ полученных данных показал, что водородный показатель сразу после бега у животных группы ДД был достоверно выше на 0,046 ед. по сравнению с группой ДН. В группе НН рН не изменялся по сравнению с группой ДН. Через 15 мин отдыха во всех группах отмечалось изменение рН в кислую сторону. Так, в группе ДН водородный показатель достоверно снизился на 0,81% (с 7,408 до 7,348), а в группе ДД – на 0,39% (с 7,454 до 7,425). В группе НН изменения рН носили статистически незначимый характер. Сравнительный анализ значений данного показателя между группами с измененным световым режимом показал, что у животных, находившихся в состоянии экспериментального десинхроноза, значения показателя рН остаются в пределах 7,4 ед. и в группе ДД рН достоверно выше на 1,05%, а в группе НН – на 0,73% по сравнению с контрольной группой.

Таблица 1 – Значения показателей кислотно-основного состояния в цельной крови экспериментальных животных.

Показатель	ДН		ДД		НН	
	п/бега	через 15 мин	п/бега	через 15 мин	п/бега	через 15 мин

pH	7,408±0,027	7,348±0,009#	7,454±0,012*	7,425±0,011*#	7,409±0,016	7,402±0,015*
pCO ₂	41,45±2,43	49,87±1,202#	35,25±0,71*	39,1±1,08*#	40,12±0,91*	44,1±1,37*#
HCO ₃ act	25,23±0,24	26,78±0,29#	24,92±0,19	24,56±0,42*	25,48±0,67	26,76±0,26
HCO ₃ std	24,86±0,16	23,68±0,09#	24,75±0,59	24,57±0,48*	25,00±0,54	25,14±0,51*
BE mmol/l	0,94±0,17	0,04±0,16#	1,62±0,26*	0,72±0,63#	2,00±0,29*	1,54±0,51*
BEecf	0,82±0,26	0,92±0,29	1,16±0,25	0,64±0,68	1,14±0,76	2,02±0,44*
* - достоверные различия между группой ДН и группами ДД, НН # - достоверные различия внутри группы						

Парциальное давление углекислого газа сразу после бега у животных группы ДД было достоверно ниже на 14,96% по сравнению с группой ДН. В группе НН рСО₂ не изменялось по сравнению с группой ДН. Через 15 мин отдыха во всех группах отмечалось увеличение парциального давления углекислого газа. Так, в группе ДН данный показатель достоверно увеличился на 20,31%, в группе ДД – на 10,92%, в группе НН – на 9,92%. При сравнении между группами со световым десинхронозом выявлено меньшее нарастание парциального давления углекислого газа. Так, по сравнению с группой ДН в группе ДД рСО₂ было достоверно ниже на 21,60%, а в группе НН – на 11,57%.

Значения актуального бикарбоната в группах ДД и НН сразу после бега не отличались от таковых у животных, находившихся при обычном освещении. Через 15 мин после бега в группах ДН и НН отмечалось увеличение значения данного показателя, причем в группе с обычным освещением произошло достоверное увеличение на 6,14%. Сравнительный анализ между группой обычного освещения и экспериментальными группами выявил достоверное снижение актуального бикарбоната на 8,29% в группе, находившейся при круглосуточном освещении. Концентрация бикарбоната, приведенного к стандартным условиям, через 15 мин после бега достоверно снижалась на 4,75% в группе с обычным освещением, тогда как в группах с экспериментальным десинхронозом, не изменялась. Сравнительный анализ между экспериментальными группами выявил достоверное увеличение стандартного бикарбоната по сравнению с группой ДН в группе ДД на 3,76%, а в группе НН – на 6,17%.

Показатель избытка оснований крови сразу после бега в группах с экспериментальным десинхронозом был выше, чем в контрольной группе: на 72,3% в группе ДД и на 112,8% в группе НН (p<0,05). Через 15 мин отдыха во всех группах отмечалось снижение избытка оснований крови, что связано с метаболическими процессами накопления недоокисленных продуктов обмена веществ. В группе с обычным освещением показатель избытка оснований достоверно снизился более, чем в 20 раз, в группе с круглосуточным освещением – более чем в 2 раза (p<0,05). Сравнительный

анализ показал, что в группах с экспериментальным десинхронозом избыток оснований был существенно выше, чем в контрольной группе с обычным освещением. Через 15 мин после бега избыток оснований во внеклеточной жидкости в группе НН достоверно повышался более чем в 2 раза по сравнению с контрольной группой.

В таблице 2 приведены полученные результаты исследования показателей кислородтранспортной функции крови экспериментальных животных.

Таблица 2 – Значения показателей кислородтранспортной функции цельной крови экспериментальных животных

Показатель	ДН		ДД		НН	
	п/бега	через 15	п/бега	через 15 мин	п/бега н	через 15 ми
Hb	14,98±0,21	16,62±1,19	15,57±0,32	15,32±0,142	15,92±0,35	16,98±0,44
pO ₂ ,	64,56±1,58	52,85±1,29#	61,13±1,51	55,78±2,20#	57,44±1,31*	55,58±2,67
sO ₂ , %	79,98±2,26	67,14±2,46#	81,42±1,06	76,72±1,58*#	78,40±0,81	72,6±4,02#
HbO ₂ , %	79,60±2,21	70,80±1,54#	80,92±1,06	76,28±1,56*	77,90±0,81	72,22±4,03
HbCO %	0,267±0,026	0,250±0,039	0,300±0,000	0,220±0,035#	0,283±0,013	0,240±0,042
MetHb %	0,183±0,042	0,250±0,026	0,300±0,000	0,260±0,028*	0,267±0,026	0,320±0,072
NNb %	22,50±2,83	31,32±2,42#	19,30±1,28	27,44±2,97#	21,50±0,81	22,05±1,79*
VO ₂ ml\dl	22,67±1,51	24,13±1,73	21,38±0,50	21,10±0,20*	22,00±0,49	24,18±0,44
O ₂ ml\dl	20,85±1,07	20,9±1,70	20,06±0,38	18,9±0,55	19,8±0,46	22,18±0,31
* - достоверные различия между группой ДН и группами ДД, НН						
# - достоверные различия внутри группы						

Исследование кислородтранспортной функции крови показало, что концентрация гемоглобина изменялась незначительно, как через 15 минут после бега, так и при сравнении между группами.

Парциальное давление кислорода после забега в группах экспериментального десинхроноза было ниже по сравнению с контрольной группой. В группе НН pO₂ было ниже на 13,91% (p<0,05). Через 15 мин после бега pO₂ снижалось во всех группах: в контрольной группе на 18,14% (p<0,05), в группе с депривацией темноты на 8,75% (p<0,05). Сравнительный анализ значений данного показателя между группами выявил тенденцию к увеличению парциального давления кислорода в группах с экспериментальным световым десинхронозом.

Анализ значений показателя насыщения кислородом крови непосредственно после бега показал отсутствие статистически достоверных изменений в экспериментальных группах по сравнению с контрольной группой. Через 15 мин сатурация кислородом крови во всех группах достоверно снижалась: в контрольной группе на 16,05%, в группе ДД на 5,77%, в группе НН на 6,75%. Сравнительный анализ данного показателя через 15 мин

после бега между группами показал более выраженное его снижение в контрольной группе. Так, в группе с депривацией темноты показатель sO_2 был достоверно выше на 14,27% по сравнению с группой, находившейся при обычном освещении.

Изменение относительного содержания оксигемоглобина носило сходный характер с динамикой sO_2 . По сравнению с контрольной группой в группах со световым десинхронозом статистически значимых изменений значений данного показателя непосредственно после бега не произошло. Через 15 мин после бега количество оксигемоглобина во всех группах снижалось, достигая значимого отличия в контрольной группе (11,06%). Сравнение между группами данного показателя выявило, что через 15 мин после бега в контрольной группе происходило максимальное его снижение. Так, в группе ДД показатель HbO_2 был достоверно выше на 7,74% по сравнению с группой, находившейся при обычном освещении. Изменение относительного содержания дезоксигемоглобина носило противоположный характер. Через 15 мин после бега его количество во всех группах возрастало, причем в контрольной группе на 8,82% ($p < 0,05$), а в группе ДД на 8,14% ($p < 0,05$). Минимальный рост относительного содержания дезоксигемоглобина наблюдался в группе НН, в которой данный показатель был ниже на 9,27% по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$).

Изменение относительного содержания карбоксигемоглобина в группах с экспериментальным десинхронозом после бега носило статистически недостоверный характер по сравнению с контрольной группой. Через 15 мин после бега количество карбоксигемоглобина во всех группах снижалось. В группе ДД данный показатель достоверно снизился на 16,7%. Относительное содержание метгемоглобина в группах с экспериментальным десинхронозом после бега по сравнению с контрольной группой повышалось. В группе, которая находилась при постоянном освещении, содержание метгемоглобина повышалось в 1,64 раза ($p < 0,05$).

В таблице 3 приведены полученные результаты исследования биохимических показателей крови у экспериментальных животных.

Проведенное экспериментальное исследование выявило некоторые существенные изменения показателей электролитного и углеводного обмена. Концентрация ионов калия в цельной крови животных из групп ДД и НН непосредственно после бега в по сравнению с контрольной группой была достоверно ниже, на 11,70% и 7,45%, соответственно. Через 15 мин после физической нагрузки содержание ионов калия в группе ДД было достоверно ниже на 6,96% по сравнению с контрольной группой.

Концентрация ионов кальция через 15 мин после бега во всех экспериментальных группах снижалась по сравнению с показателями, измеренными сразу после бега, но статистически значимое снижение отмечалось лишь в группе ДД. Между группами с измененным световым режимом концентрация ионов кальция изменялась незначительно.

Таблица 3 – Значения биохимических показателей в цельной крови экспериментальных животных

Показатель	ДН		ДД		НН	
	п/бега	через 15 мин	п/бега	через 15 мин	п/бега	через 15 мин
K ⁺ mmol/l	4,70±0,13	4,60±0,09	4,15±0,09*	4,28±0,09*	4,35±0,14*	4,49±0,07
Ca ²⁺ mmol/l	1,17±0,01	1,14±0,02	1,17±0,01	1,14±0,01#	1,16±0,02	1,15±0,01
глюкоза mmol/l	8,78±0,29	6,20±0,29#	8,63±0,16	8,72±0,19*	7,54±0,41*	7,96±0,36*
лактат mmol/l	2,31±0,36	10,82±0,54#	6,52±0,44*	6,03±0,43*	7,06±0,56*	6,46±0,51*
* - достоверные различия между группой ДН и группами ДД, НН						

Концентрация глюкозы в контрольной группе через 15 мин после бега достоверно снижалась на 29,38% по сравнению с уровнем, измеренным непосредственно после физической нагрузки. В группах с экспериментальным десинхронозом через 15 мин после бега содержание глюкозы сохранялось на уровне, измеренном после бега. По сравнению с контрольной группой в группах ДД и НН концентрация глюкозы через 15 мин после бега была значительно выше, соответственно, на 40,65% и 28,39%.

Концентрация лактата сразу после бега у животных группы ДД была достоверно выше в 2,83 раза по сравнению с контрольной группой, а в группе НН – в 3,06 раза. Через 15 мин отдыха в контрольной группе отмечалось увеличение содержания лактата в 4,68 раза ($p < 0,05$), а в группах с экспериментальным десинхронозом – незначительное снижение. По сравнению с контрольной группой данный показатель был достоверно ниже в группе ДД на 44,27%, а в группе НН – на 40,30%.

Интегральным выражением результатов проведенного экспериментального исследования являются значения показателей контрольных тестирований на беговой дорожке «тредбан», представленные в таблице 4.

Проведенный эксперимент показал, что через 1 неделю экспериментального десинхроноза наблюдается значительное снижение физической работоспособности. Так, у животных, находящихся при постоянном освещении, активность бега достоверно снизилась по сравнению с фоновым тестированием на 17,1%, а по сравнению с контрольной группой – на 17,2%. Животные, находившиеся в условиях постоянной темноты, снизили активность бега по сравнению с фоновым тестированием на 54,2%, а по

сравнению с контрольной группой – на 56,2%.

Таблица 4 – Активность бега экспериментальных животных в условиях светового десинхроноза

№	Световой режим	Бег, активность в %, фон (через	Бег, активность в %
1	контроль (ДД)	92,9±3,8	94,1±2,6
2	день (ДН)	94,0±2,0	77,9±6,7*#
3	ночь (НН)	90,0±1,8	41,2±11,6* #
* - достоверные различия между группой ДН и группами ДД, НН			

Обсуждение полученных результатов

Анализ полученных результатов показал, что переносимость физической нагрузки у особей, находившихся в обычных световых условиях, была существенно выше. На фоне увеличения активности бега у животных контрольной группы непосредственно после окончания бега и через 15 минут водородный показатель был ниже, чем у животных с экспериментальным десинхронозом.

Результаты исследований убедительно подтверждают зависимость между степенью адаптированности животных к двигательной активности и величиной изменений внутренней среды организма. Это проявилось в том, что более высокую физическую работоспособность показали животные, находившиеся при обычном световом режиме. У них были выявлены более глубокие ацидотические сдвиги в крови после тестовых забегов. Способность выполнять большую мышечную работу животными данной группы по сравнению с группами экспериментального светового десинхроноза происходила на фоне повышенного парциального давления CO_2 и концентрации HCO_3^- . Более низкий показатель избытка оснований в группе с обычным освещением может свидетельствовать об оптимальном использовании резервных возможностей организма для выполнения тяжелой физической нагрузки [10, 11, 12].

Снижение адаптивных возможностей при нарушении режима освещения подтверждает анализ значений показателей кислородтранспортной функции крови. Парциальное давление кислорода сразу после бега было ниже в группах с экспериментальным десинхронозом, наиболее выраженное при полной темноте. Данный факт свидетельствует, что в состоянии десинхроноза при физической нагрузке происходит более выраженное развитие гипоксии. Возможно, десинхроноз приводит не только к снижению кислородсвязывающих свойства крови, но и нарушению утилизации кислорода тканями. Анализ pO_2 в процессе восстановления после бега показал, что через 15 мин

после физической нагрузки в группе с обычным освещением произошло более выраженное снижение данного показателя по сравнению с другими экспериментальными группами. Это связано с усилением анаболических процессов и более эффективным использованием кислорода [13, 14, 15].

Накопление молочной кислоты в организме во время выполнения физических нагрузок является основным лимитирующим фактором повышения работоспособности и выносливости в спорте. Содержание лактата у животных с нарушением режима освещения непосредственно после тестирования было выше, чем в группе с обычным освещением и находилось на уровне порога анаэробного обмена (ПАНО 4-6 ммоль/л). Высокий уровень молочной кислоты вызывает снижение сократительной способности мышц, повреждение структурных белков миофибрилл, что и проявилось в данных группах выраженным снижением активности бега при тестовых забегах. В процессе восстановления через 15 мин после тестирования уровень глюкозы в группе с обычным освещением по сравнению с группами экспериментального десинхроноза значительно снижался. Это свидетельствует о более активной ее утилизации для восстановления запасов гликогена, синтеза АТФ, активации процессов глюконеогенеза [8].

Таким образом, изменение режима освещения приводит к снижению уровня тренированности и нарушению процессов восстановления. Качество и количество изменений КОС, кислородтранспортной функции крови и углеводного обмена при физических нагрузках в условиях светового десинхроноза показывают нарушение механизмов компенсации метаболических нарушений, что представляет интерес к поиску средств целенаправленного воздействия для их коррекции.

Литература

1. Карпищенко А.И. Медицинская лабораторная диагностика: программы и алгоритмы / под ред. [А.И. Карпищенко](#). – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 696 с.
2. Воложин А.И., Румянцев В.Ф. Патофизиология кислотно-основного состояния // Патофизиология: учебник / Под ред. А.И. Воложина, Г.В. Порядина. – М.: Медицина, 2010. – Т. 2. – 256 с.
3. Горн М. М., Хейтц У.И., Сверинген П.Л. Водно-электролитный и кислотно-основной баланс: пер. с англ. – СПб. – М.: Невский диалект – Бином, 1999. – 320 с.
4. Рябов Г.А. Гипоксия критических состояний / Г.А. Рябов. – М.: Медицина, 1988. – 288 с.
5. Нарушения кислотно-основного организма (патофизиологические аспекты): метод. рекомендации / Т.Н. Афанасьева, Ф.И. Висмонт, О.Г. Шуст. – Минск: БГМУ, 2005. – 27 с.
6. Billat V.L., Sirvent P., Py G. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science / Sports. Med. – 2005. – № 33. – P. 407-426.
7. Жилиева Е.Х., Батоцыренова Е.Г., Кострова Т.А., Кашуро В.А. Фармакологическая модуляция уровня катехоламинов при десинхронозе // Эксперим. и клин. фармакол. – 2018.–Т.81., № 5 – С.83.
8. Батоцыренова Е.Г., Кашуро В.А., Иванов М.Б. Маркеры энергетического обмена в условиях нарушения циркадианных ритмов // [Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии](#). – 2017. – Т. 20., [№ 11](#). – С. 39-42.
9. Карпищенко В. Н., Карпищенко Н. Н. Методы доклинических исследований в спортивной фармакологии. // Спортивная медицина: наука и практика. – 2013. – Т.1. – С.7–17.
10. Кашуро В.А., Батоцыренова Е.Г., Кашина Т.В. Влияние десинхроноза на изменения активности фосфоенолпируваткарбоксикиназы/ Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы диагностики, профилактики и лечения профессионально обусловленных заболеваний», Сочи, 15-16 октября 2015 г. – Сочи, 2015. – С. 154-156
11. Батоцыренова Е.Г., Кашуро В.А., Иванов М.Б., Степанов С.В., Скоморохова Е.Б. Изменение показателей энергетического обмена в условиях десинхроноза / Научные

труды V Съезда физиологов, V Съезда биохимиков России. – АСТА NATURE/ спецвыпуск том 2; под ред. Григорьева А.И., Наточина А.И., Сепиашвили Р.И., Габибова А.Г., Иванова В.Т., Савицкого А.П. – 2016. – С.182.

12. Зарубина И.В. Современные представления о патогенезе гипоксии и ее фармакологической коррекции // Обз. по клин. фармакол. и лек. терапии. – 2011. – Т.9., № 3. – С. 31-48.

13. Хенесси А.А.М., Джапп А.Дж. Анализ газов артериальной крови: пер. с англ. – М.: Практическая медицина. – 2010. – 136 с.

14. Чернышева М.П. Циркадианные осцилляторы и гормоны. // Цитология. – 2013. – Т.55., № 1. – С. 761-777.

15. Колешко С.В. Динамика показателей кислородтранспортной функции крови и нитрат/нитритов при остром экспериментальном панкреатите у крыс // Журнал Гродненского ГМУ. – 2009. – № 2. – С. 203-205.