

На правах рукописи



БАИШНИКОВА
Ирина Валерьевна

Возрастная и сезонная динамика
витаминов А и Е у песцов (*Alopex lagopus* L.)
и лисиц (*Vulpes vulpes* L.)

03.03.01 – физиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Петрозаводск – 2012

Работа выполнена в лаборатории экологической физиологии животных
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институ-
та биологии Карельского научного центра Российской академии наук
(ИБ КарНЦ РАН)

Научный руководитель – доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, заслуженный деятель науки РК
Тютюнник Николай Николаевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Карпенко Лариса Юрьевна

доктор медицинских наук, профессор
Мейгал Александр Юрьевич

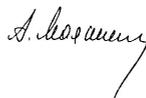
Ведущая организация – ГНУ Всероссийский НИИ охотничьего хо-
зяйства и звероводства им. профессора
Б.М.Житкова

Защита состоится «16» марта 2012 года в 12 часов на заседании диссертаци-
онного совета ДМ 212.087.02 при Карельской государственной педаго-
гической академии по адресу: 185035, Республика Карелия, г. Петрозав-
водск, ул. Пушкинская, 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Карельской государ-
ственной педагогической академии.

Автореферат разослан «__» февраля 2012 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
кандидат медицинских наук, доцент



А. И. Малкиель

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Изучение в тканях высших животных уровня витаминов как компонентов, необходимых для жизнедеятельности организма, представляет существенный интерес. Важную роль в процессах обмена веществ играют витамины А и Е, которые необходимы для нормального роста, развития, размножения животных и обладают антиоксидантными свойствами (Надилов, 1991; Меньшикова и др., 2006; Ребров, Громова, 2008; Blomhoff, Blomhoff, 2006). Закономерности накопления и расходования этих витаминов в организме при влиянии различных факторов изучены у человека и многих видов животных, тогда как в отношении хищных млекопитающих имеются лишь фрагментарные данные. Представители отряда хищных отличаются рядом биологических особенностей, связанных с питанием, размножением, сменой волосяного покрова (Туманов, 2003), которыми может определяться и специфика обмена жирорастворимых витаминов (Schweigert, Raila, 2002). Исследование уровня витаминов А и Е в онтогенезе и при различных физиологических состояниях у хищных животных имеет большое значение для предупреждения нарушений обменных процессов, возникающих при их недостатке (Brandt et al., 1989). Известно, что содержание витамина А в крови не всегда отражает обеспеченность организма этим витамином (Горбачев, Горбачева, 2002), поэтому важно изучение закономерностей формирования его уровня в различных органах и тканях в процессе роста, развития и размножения. Кроме того, изучение воздействия на организм высоких доз витаминов А и Е позволит дополнить знания об их участии в физиологических процессах у пушных зверей, а также оценить соответствие установленных в опытах по кормлению норм физиологическим потребностям исследуемых видов млекопитающих.

Введенные в зоокультуру песцы и лисицы сохранили многие биологические особенности своих диких сородичей (Берестов, Кожевникова, 1981) и могут служить модельными объектами для изучения процессов, происходящих с представителями данных видов в естественной среде обитания. Оба вида относятся к одному семейству и обладают рядом сходных физиологических и биохимических характеристик, однако являются выходцами из различных экологических зон, что обуславливает особенности их метаболизма. В связи с этим представляется целесообразным сравнение содержания витаминов А и Е в органах и тканях данных видов пушных зверей при различных условиях.

Работа выполнена в рамках госбюджетных тем № 37 (ном. гос. рег. 01200700997), № 48 (ном. гос. рег. 01201052926) и проекта № 65 сотрудничества между Польской академией наук и Российской академией наук.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы было изучение эндогенного фона витаминов А и Е в постнатальном онтогенезе у представителей семейства собачьих, различающихся по экогенезу. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать уровень витаминов А и Е в сыворотке крови, органах и тканях песцов и лисиц в постнатальном онтогенезе;
2. Изучить сезонные изменения концентрации витаминов А и Е в сыворотке крови и органах песцов и лисиц;
3. Оценить влияние высоких доз витаминов А и Е и голодания на содержание изучаемых витаминов в сыворотке крови, органах и тканях у животных исследуемых видов.

Научная новизна. Впервые изучено содержание витаминов А и Е в тканях и органах песцов и лисиц в различные возрастные и биологические периоды. Показано, что уровень витаминов А и Е зависит от периода индивидуального развития, физиологического состояния организма и алиментарных факторов. Обнаружено сходное распределение витаминов А и Е в тканях и органах двух видов одного семейства. Установлено, что у песцов преобладание витамина А в почках по сравнению с печенью проявляется уже в 50-дневном возрасте и достигает соотношения, свойственного взрослым животным в 5 месяцев. Наиболее высокий уровень витамина А в крови песцов зафиксирован в 3-х, тогда как у лисиц в 9-месячном возрасте.

Практическая значимость работы. Результаты исследования расширяют знания о роли витаминов А и Е в организме хищных млекопитающих. Полученные данные могут быть использованы в практике пушного звероводства для коррекции рационов животных с учетом возраста и биологического периода. Сведения, полученные при изучении влияния высоких доз витаминов А и Е, могут быть применены для оценки физиологической потребности в них песцов и лисиц.

Апробация работы. Материалы работы представлены и обсуждены на Международном симпозиуме «Современные проблемы и методы экологической физиологии и патологии млекопитающих, введенных в культуру» (Петрозаводск, 2009); Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения проф. Е.Д.Ильиной «Достижения науки и

практики в клеточном пушном звероводстве» (Москва, 2009); 13-й и 14-й Международной Пущинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пушино, 2009, 2010); Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Вятской государственной сельскохозяйственной академии и 45-летию подготовки биологов-охотоведов «Биологические ресурсы» (Киров, 2010); International Scientific Conference “Scientific Achievements and the Breeding Practice” (Krakow, 2011).

Положения, выносимые на защиту:

1. Содержание витаминов А и Е в организме песцов и лисиц зависит от периода постнатального онтогенеза и сезона года.
2. Эндогенный уровень витаминов А и Е у песцов характеризуется устойчивостью к нагрузке витамином А и голоданию.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 22 работы, в том числе 6 статей в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит 6 таблиц и 21 рисунок. Работа состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, 4 глав результатов собственных исследований, обсуждения, заключения, выводов и списка литературы, который включает 265 наименований, из них 161 иностранных.

Благодарности. Выражаю глубокую и искреннюю признательность моему научному руководителю д.с.-х.н., профессору Н.Н. Тютюннику, к.б.н. Т.Н. Ильиной и д.б.н. В.А. Илюхе за ценные советы и рекомендации, сотрудникам лаборатории экологической физиологии животных за всестороннюю помощь при проведении экспериментальных исследований, а также трудовым коллективам зверохозяйств «Кондопожский зверовод» и ОАО «Пряжинское» за помощь при сборе материала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены в лаборатории экологической физиологии животных Института биологии Карельского научного центра РАН, на базе зверохозяйств Республики Карелия «Кондопожский зверовод» и ОАО «Пряжинское». Объектами исследований являлись представители семейства собачьих (*Canidae*) – вуалевые и серебристые песцы (*Alopex lagopus*)

L.) и серебристо-черные и рыжие лисицы (*Vulpes vulpes* L.). Животные содержались в стандартных условиях в открытых шедах и получали сбалансированный по содержанию питательных веществ и энергии рацион (Перельдик и др., 1981; Паркалов, 2006). Всего было исследовано 179 песцов, 95 лисиц. Работа выполнена с соблюдением международных принципов Хельсинкской декларации о гуманном отношении к животным, принципов гуманности, изложенных в директиве Европейского Сообщества (86/609/ЕС), «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных», «Биоэтических правил проведения исследований на человеке и животных».

Методы исследования. Кровь для анализа брали из плантарной вены утром до кормления животных. Для получения сыворотки кровь центрифугировали дважды при 3000g по 15 минут. Образцы тканей (печень, почки, сердечная и скелетная мышцы, легкие и селезенка) отбирали в исследуемый возрастной период или во время планового забоя животных на звероферме, замораживали и хранили до проведения анализа при температуре -25°C .

Гомогенаты тканей и органов (навеска 100 мг) готовили в 0,25 М растворе сахарозы (рН=7,4), содержащей 0,001 М этилендиаминтетрауксусной кислоты. Для анализа содержания витаминов к 0,25 мл сыворотки или гомогената добавляли 0,25 мл 0,025% раствора бутилокситолуола (БОТ) в этаноле, тщательно перемешивали, затем добавляли 0,5 мл 0,0125% раствора БОТ в н-гексане. Для экстрагирования витаминов пробирки энергично встряхивали в течение 5 минут, центрифугировали 10 мин. при 3400g (анализ сыворотки) или 3000g (анализ тканей и органов), затем образцы оставляли на холоде на 40 мин. В гексановом слое на микроколоночном жидкостном хроматографе «Милихром 4» с ультрафиолетовым детектором (Скурихин, Двинская, 1989) определяли концентрации ретинола – метаболически активной формы витамина А, и α -токоферола – изомера витамина Е, обладающего, по сравнению с другими, наивысшей биологической активностью и наиболее широко представленного в тканях животных. Элюентом служила смесь гексана с изопропанолом (98,5:1,5). Для построения калибровочных кривых использовали стандартные растворы ретинола и α -токоферола («Sigma»). Концентрацию ретинола определяли при длине волны 324 нм, α -токоферола – 292 нм.

Схемы постановки экспериментов.

Изучение возрастной динамики витаминов А и Е у вуалевых песцов обоего пола проводили в течение двух последовательных лет в возрасте

1, 5, 20, 35 и 50 дней в сыворотке крови (n=22) и органах (n=27), а также в сыворотке крови в 3, 6, 8 и 9-месячном возрасте (n=42). Кроме того, исследовали органы и ткани у самок песцов в возрасте 5, 18 и 54 месяцев (n=14). У серебристо-черных лисиц обоего пола анализировали сыворотку крови в возрасте 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 месяцев (n=53). Количество животных в каждой возрастной группе составляло 5–12 особей. Для сравнения возрастной динамики витаминов у животных двух видов изучали неполовозрелых 7-месячных (n=5) и взрослых половозрелых самок серебристых песцов и серебристо-черных лисиц. Возраст взрослых песцов составлял 3,5 года (n=5), лисиц – 2,5 – 4,5 года (n=4).

Влияние физиологического периода на уровень витаминов А и Е изучали в сыворотке крови самок вуалевых песцов (n=34, 5–12 животных в каждой группе) в различные сезоны года, связанные с определенной стадией репродуктивного цикла. Кроме того, сравнивали концентрацию витаминов в печени, почках и сердце самок вуалевых песцов (n=10) и рыжих и серебристо-черных лисиц обоего пола (n=15) осенью (ноябрь, 5 песцов и 10 лисиц) и весной (март, апрель, по 5 песцов и лисиц). Самки, исследованные весной, были непокрытыми в период гона.

Исследование влияния разных доз витаминов А и Е проводили на 6-месячных самках вуалевых песцов и серебристо-черных лисиц в ноябре. У песцов изучалось влияние двух доз витаминов. Для этого животные были разделены на 5 групп: К – контроль, А1 – 5000 ИЕ витамина А, А2 – 10000 ИЕ витамина А, Е1 – 50 мг витамина Е, Е2 – 100 мг витамина Е на животное в сутки. Лисицы были разделены на 3 группы: К – контроль, А – 10000 ИЕ витамина А, Е – 100 мг витамина Е на животное в сутки. Каждая группа состояла из 6 особей. Животные контрольных групп получали рацион зверохозяйства, подопытные животные дополнительно к нему в течение 14 дней получали с утренней порцией корма витамин А в виде масляного раствора ретинола ацетата или витамин Е в виде порошка (“Сухавит Е 50” производства Германии). В основной рацион в зверохозяйстве добавляли 15 мг витамина Е на голову в сутки, что является принятой нормой для зверей осенью, дополнительного витамина А животные в этот период не получали. В другие периоды норма витамина А, применяемая в хозяйстве, составляет 500 ИЕ.

Эксперимент по голоданию проводили на 6-месячных самках вуалевых песцов в ноябре. Животных разделили на 2 группы по 6 особей: К – контрольная (основной рацион), О – подопытная (полное голодание в течение 8 суток без ограничения доступа к воде).

Полученные данные обрабатывали с использованием пакетов программ MS Excel и Statgraphics общепринятыми методами вариационной

статистики, сравнение проводили с применением непараметрического критерия (U) Вилкоксона-Манна-Уитни (Коросов, Горбач, 2007). Для оценки степени функционального напряжения антиоксидантной системы (АОС) тканей органов при нагрузке витаминами А и Е использовали корреляционный анализ. Напряженность работы системы антиоксидантов характеризовали с помощью показателя индекса скоррелированности: $I = \sum |r_{ij}|$, где r_{ij} – коэффициенты корреляции между признаками, достоверно отличающиеся от 0 при $p < 0,01$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Уровень витаминов А и Е в сыворотке крови, органах и тканях у песцов и лисиц в постнатальном онтогенезе

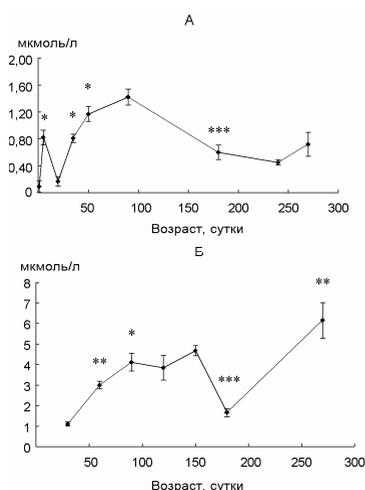


Рис. 1. Содержание витамина А в сыворотке крови песцов (А) и лисиц (Б) в постнатальном онтогенезе, $M \pm m$. Условные обозначения: звездочки – различия достоверны по сравнению с предыдущим возрастом (при $p < 0,05$; $p < 0,01$ и $p < 0,001$, соответственно).

Витамин А. У песцов и лисиц на протяжении первого года жизни, в периоды интенсивного роста, развития, полового созревания и становления фенотипа, изменения уровня витамина А в сыворотке крови носили сходный характер (Рис. 1). У 1-дневных песцов концентрация витамина А была минимальной по сравнению с другими возрастными периодами, затем к 5-дневному возрасту его уровень увеличился в 9 раз, что связано с тем, что они в это время получали богатое витаминами молозиво, а к 20-му дню жизни снижался почти в 5 раз. После 30-дневного возраста происходило повышение содержания витамина А до 3-месячного (90 дней) возраста у песцов и 5-месячного (150 дней) у лисиц, после чего у обоих видов его уровень значительно снижался. К 5 – 6 месяцам

завершается интенсивный рост щенков, а также происходит стабилизация обмена белка, с которым связан транспорт ретинола в крови (Жожевникова, Берестов, 1987; Чернухи на и др., 1979). В 6-месячном возрасте (180 дней) происходит формирование зимнего опущения (Берестов, 1971;

Михайлова, 1977), в связи с чем увеличивается потребность в белке и витамине А (Григович, Руоколайнен, Петрова, 1994).

К 9 месячному возрасту (270 дней), когда у песцов и лисиц начинается период проэструса (подготовка к размножению) и повышается уровень обмена веществ, концентрация ретинола в крови увеличивалась. Следует отметить, что у песцов уровень витамина А в крови достигал самого высокого значения уже в возрасте 3 месяцев, тогда как у лисиц – только в 9 месяцев. Установлено, что иммунная система, на работу которой витамин А оказывает существенное влияние (Плецитый, Лидак, 1984; Weisel, 1982) у песцов также развивается быстрее, чем у лисиц (Березина, 2006). Эти различия могут быть обусловлены особенностями экогенеза двух видов: песец является выходцем северных, а лисица – умеренных широт. Половых различий в концентрации витамина А у песцов и лисиц первого года жизни обнаружено не было.

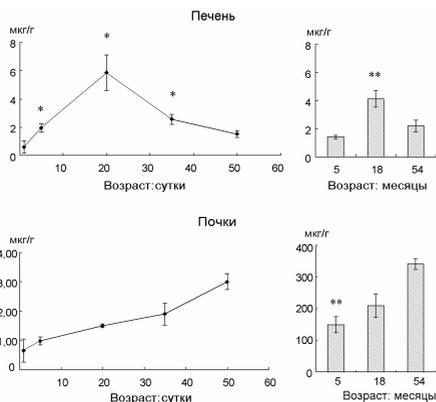


Рис. 2. Динамика концентрации витамина А в органах песцов в постнатальном онтогенезе, $M \pm m$.

Условные обозначения: звездочки – различия достоверны по сравнению с предыдущим возрастом (при $p < 0,05$ и $p < 0,01$, соответственно).

У щенков содержание витамина увеличивалось постепенно от 1 к 50 дню жизни с $0,65 \pm 0,39$ до $3,00 \pm 0,27$ мкг/г, а у 5-месячных животных было выше, чем у 50-дневных в 49,7 раза и составило $149,09 \pm 25,67$ мкг/г. Самая высокая концентрация наблюдалась у 54-месячных песцов ($340,80 \pm 16,80$ мкг/г). До 35-го дня жизни содержание ретинола в печени превышало та-

В печени и почках, как и в сыворотке крови, содержание витамина А было минимальным у 1-дневных песцов (Рис. 2). Затем в печени его уровень увеличивался к 20-му дню почти в 10 раз (с $0,6 \pm 0,43$ до $5,87 \pm 1,26$ мкг/г), а к 50-дневному возрасту снижался в 4 раза ($1,53 \pm 0,25$ мкг/г) и был на таком уровне до 5-месячного возраста. У 1,5-годовалых песцов (18 месяцев) концентрация витамина А в органе была в 2,9 раза выше по сравнению с 5-месячными, а у 4,5-летних животных (54 месяца) ниже в 2 раза по сравнению с 1,5-годовалыми.

В отличие от печени, уровень витамина А в почках песцов повышался на протяжении всего исследованного периода.

ковое в почках (за исключением 1-го дня), в 50 дней и более старшем возрасте его концентрация в почках была самой высокой по сравнению с другими исследованными органами, что является характерной особенностью видов из семейства собачьих и зафиксировано у енотовидных собак и серебристо-черных лисиц (Raila et al., 2000).

Неполовозрелые (7-месячные) песцы и лисицы не различались по уровню витамина А в сыворотке крови ($1,47 \pm 0,16$ и $1,63 \pm 0,21$ мкмоль/л, соответственно). У взрослых песцов содержание витамина было почти вдвое ниже, чем у неполовозрелых ($p < 0,05$), а у лисиц данный показатель с возрастом снижался незначительно.

В органах у 7-месячных и взрослых песцов и лисиц самый высокий уровень витамина А зафиксирован в почках, более низкий выявлен в печени, селезенке и сердце, в легких он был обнаружен только у лисиц. В позднем постнатальном онтогенезе в большинстве органов отмечалась тенденция к увеличению концентрации витамина А, но в то же время наблюдалось снижение в печени у песцов и селезенке у лисиц. Необходимо отметить, что межвидовых различий в концентрации ретинола в органах песцов и лисиц разного возраста обнаружено не было, за исключением селезенки у взрослых животных ($p < 0,05$).

Таким образом, динамика содержания витамина А в сыворотке крови у песцов и лисиц в течение первого года жизни была сходной, максимальная концентрация витамина у песцов была зафиксирована раньше, чем у лисиц. Распределение витамина А в органах у представителей двух видов было аналогичным. С возрастом прослеживалась общая тенденция к увеличению его уровня в органах, снижение наблюдалось в сыворотке крови и печени у песцов и селезенке у лисиц.

Витамин Е. В сыворотке крови у песцов в течение первого месяца жизни были обнаружены фазные изменения содержания витамина Е, связанные с определенными этапами развития животных в раннем постнатальном онтогенезе: созреванием, прорезыванием зубов, переходом от молочного к смешанному питанию. В ранний период развития у обоих видов зафиксирован самый высокий уровень витамина Е, по сравнению с остальными периодами (Рис. 3), что связано, вероятно, с его активным участием в обменных процессах (Надилов, 1991; Schneider, 2005), которые у незрелорождающихся млекопитающих наиболее интенсивны в течение первого месяца жизни (Махинько, Никитин, 1975). К 2-месячному возрасту содержание витамина снижалось и стабилизировалось на уровне, близком к взрослым животным. Как у песцов, так и у лисиц наблюдалось снижение концентрации токоферола (ТФ) в 6-месячном возрасте, что может быть связано, с адаптацией к низким температурам (сентябрь–октябрь).

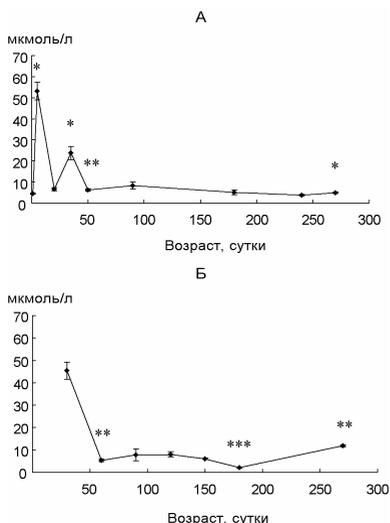


Рис. 3. Содержание витамина Е в сыворотке крови песцов (А) и лисиц (Б) в постнатальном онтогенезе, $M \pm m$.

Условные обозначения: звездочки – различия достоверны по сравнению с предыдущим возрастом (при $p < 0,05$; $p < 0,01$ и $p < 0,001$, соответственно).

которая происходит в 35 – 45-дневном возрасте. У 5-месячных животных содержание витамина в органе практически не отличалось от 50-дневных, а у 1,5-годовалых – было выше в 1,6 раза, чем у 5-месячных. Самое высокое значение зафиксировано в возрасте 4,5 года ($143,50 \pm 27,10$ мкг/г).

В почках песцов в период раннего постнатального онтогенеза содержание витамина Е изменялось незначительно, за исключением небольшого подъема к 20-му дню, что может быть связано с усилением метаболизма в связи с увеличением двигательной активности щенков. У 5-месячных песцов количество витамина в почках было в 3 раза выше, чем у 50-дневных ($32,30 \pm 6,19$ и $95,20 \pm 7,59$ мкг/г соответственно). Самое высокое значение, как и в печени, зафиксировано в возрасте 4,5 года ($159,30 \pm 29,10$ мкг/г).

У 9-месячных животных содержание витамина Е увеличивалось в 1,3 раза у песцов и 5,7 раза у лисиц по сравнению с предыдущим возрастным периодом. В это время (январь – февраль), происходит увеличение продолжительности светового дня, у животных повышается интенсивность обменных процессов и активизируется деятельность половых желез в связи с приближением периода размножения, поэтому потребность в витамине Е повышается. Половых различий в концентрации витамина Е у песцов и лисиц первого года жизни обнаружено не было.

В печени песцов в период раннего постнатального онтогенеза уровень витамина Е постепенно снижался с $65,68 \pm 22,20$ мкг/г у 1-дневных до $15,03 \pm 4,06$ мкг/г у 50-дневных животных (Рис. 4). Значительное понижение данного показателя в 50 дней может быть связано с отсадкой щенков от матери,

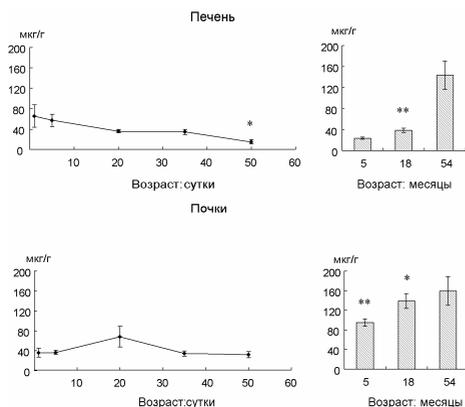


Рис. 4. Динамика уровня витамина Е в органах песцов в постнатальном онтогенезе, $M \pm m$.

Условные обозначения: звездочки – различия достоверны по сравнению с предыдущим возрастом (при $p < 0,05$ и $p < 0,01$, соответственно).

Межвидовые различия в концентрации витамина Е были обнаружены в печени и селезенке у 7-месячных животных ($p < 0,05$).

Таким образом, динамика содержания витамина Е в сыворотке крови у песцов и лисиц в течение первого года жизни была сходной, максимальным его уровень был у 1-месячных животных. В органах и тканях песцов в основном происходило увеличение концентрации витамина Е с возрастом, тогда как у лисиц такая динамика наблюдалась только в печени и скелетной мышце.

Сезонная динамика содержания витаминов А и Е у песцов и лисиц

Песцы и лисицы являются моноэстричными животными и физиологические периоды у них тесно связаны с определенным временем года. Строгая сезонная цикличность размножения хищных пушных зверей закреплена длительной эволюцией видов в условиях, обеспечивающих выживаемость только при рождении весной, быстром и интенсивном росте и развитии в период короткого лета и полном созревании к зиме (Ильина,

1975; Берестов, Кожевникова, 1981; Fuglei, Øritsland, 1999). Содержание витаминов анализировали в периоды физиологического покоя (октябрь, ноябрь), подготовки к гону (февраль), после гона (март у лисиц и апрель у песцов, поскольку период размножения у лисиц наступает на месяц раньше, чем у песцов), беременности (апрель) и лактации (май).

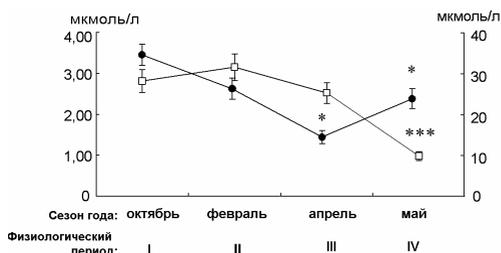


Рис. 5. Уровень витаминов А (левая шкала, круги) и Е (правая шкала, квадраты) в сыворотке крови самок песца, $M \pm m$.

Условные обозначения: по оси абсцисс – периоды физиологического покоя (I), подготовки к гону (II), беременности (III), лактации (IV); звездочки – различия достоверны по сравнению с предыдущим периодом (при $p < 0,05$ и $p < 0,001$, соответственно).

Сезонные изменения содержания витамина А наблюдались и в органах животных. Концентрация ретинола в печени песцов весной была почти в 3 раза выше, чем осенью ($p < 0,05$), тогда как у лисиц практически не изменялась. В почках животных двух видов сезонные изменения уровня ретинола были разнонаправленными: у песцов весной наблюдалось более низкое его содержание, а у лисиц осенью витамин в органе был обнаружен в незначительном количестве ($0,68 \pm 0,14$ мкг/г), тогда как весной, в период размножения, его содержание было выше в 35 раз ($24,32 \pm 7,36$ мкг/г, $p < 0,01$). Обращает на себя внимание то, что осенью у лисиц содержание ретинола в печени было в 2 раза выше, чем в почках, тогда как весной это соотношение изменилось в пользу почек, что характерно для представителей семейства собачьих. Одной из причин может быть низкая обеспеченность лисиц витамином А осенью, в период перед забоем, когда в рацион не добавляют витаминов, в то время как весной, в период размножения, животных кормят в соответствии с нормами. В сердечной мышце песцов концентрация ретинола весной была меньше, чем осенью

Витамин А. В сыворотке крови самок песца уровень витамина А в период физиологического покоя в октябре был максимальным (Рис. 5). Снижение его концентрации в периоды подготовки к гону (в 1,3 раза) и беременности (в 1,8 раза) связано с активным использованием в процессах эмбрионального развития и подготовки к нему (Azaïs-Braesco, Pascal, 2000; Ross, 2000). В лактационный период уровень витамина А увеличивался в 1,6 раза, по сравнению с периодом беременности.

в 1,5 раза, а у лисиц витамин был зафиксирован только весной. Достоверных различий в уровне витамина в органах рыжих и серебристо-черных лисиц разного пола в пределах одного сезона обнаружено не было. Образцы тканей весной были взяты от непокрытых самок и самцов после гона, поэтому изменения у них уровня витамина А в том или ином органе отражают, вероятно, его перераспределение, связанное с усилением обменных процессов.

Витамин Е. Концентрация витамина Е в сыворотке крови самок песца в период подготовки к гону несколько повышалась по отношению к периоду физиологического покоя (Рис. 5), что обусловлено, вероятно, усилением обмена веществ и активным перераспределением ТФ. Затем происходило снижение его содержания в периоды беременности (в 1,3 раза) и лактации (в 2,6 раза), что может свидетельствовать об уменьшении внутренних резервов витамина Е, которое связано с его интенсивным использованием в процессах размножения (Надилов, 1991; Brigelius-Flohe et al., 2002).

О перераспределении внутренних запасов витамина в разные сезоны года свидетельствует изменение его уровня в органах животных. Так в печени, которая поддерживает гомеостаз витамина Е в организме и депонирует его, концентрация ТФ в апреле у песцов и в марте у лисиц была выше по сравнению с ноябрем в 1,8 ($p < 0,05$) и 7,6 ($p < 0,01$) раза, соответственно. Увеличение уровня витамина в печени связано, вероятно, со снижением нагрузки на организм исследованных животных после периода размножения. Отмечена видоспецифичность изменения содержания витамина Е в почках животных: у песцов оно снизилось в 2,2 раза ($p < 0,05$), а у лисиц – увеличилось в 3,3 раза ($p < 0,01$). В сердце у обоих видов не зафиксировано сезонных изменений ТФ, что, вероятно, свидетельствует о необходимости его стабильного уровня в сердечной мышечной ткани. Следует отметить, что если в ноябре, в период физиологического покоя распределение витамина Е в органах у животных двух видов различалось: у песцов его уровень был максимальным в почках, затем в сердце, а у лисиц наоборот, то весной, после гона, у обоих видов концентрация витамина уменьшалась в ряду печень – почки – сердце.

Таким образом, у песцов и лисиц зафиксированы сезонные изменения концентрации витаминов А и Е, связанные, вероятно, с процессами размножения. В сыворотке крови самок песца уровень витамина А значительно снижался в период беременности, а витамина Е – в лактационный период. Сезонные изменения содержания витаминов А и Е были обнаружены в печени и почках животных обоих видов, тогда как в сердце концентрация витаминов практически не изменялась.

Влияние нагрузки витаминами А и Е на организм песцов и лисиц

Нагрузка витамином А. Представители семейства собачьих обладают толерантностью к большим количествам витамина А в пище (Cline et al., 1997; Raila, 2000), токсической для них считается доза 70000 ИЕ (Перельдик, Милованов, Ерин, 1981). В наших исследованиях установлено, что увеличение количества витамина А в рационе вызвало значительный подъем его концентрации в сыворотке крови песцов и лисиц подопытных групп. Так, у песцов групп А1 и А2 его уровень был выше в 7,3 и 7,6 раза соответственно ($p < 0,01$), причем не наблюдалось зависимости от дозы витамина, а у подопытных лисиц в 4,6 раза ($p < 0,01$).

Исходный уровень витамина А в организме песцов и лисиц был невысоким. Так, в печени, которая считается индикатором обеспеченности организма этим витамином (Olson, 1984; Blomhoff, 1994), у песцов контрольной группы ретинол зафиксирован не был, а у лисиц соответствующей группы был обнаружен лишь у 3-х особей и его уровень был довольно низким, что отражает невысокое содержание витамина в корме животных. Увеличение количества витамина А в пище животных способствовало его депонированию в печени. Введение 10000 ИЕ витамина А в рацион привело к увеличению концентрации ретинола в почках (в 2,8 раза, $p < 0,01$) и селезенке (в 2,6 раза, $p < 0,05$) лисиц, такая же тенденция наблюдалась в почках у песцов группы А2. В сердце ретинол был зафиксирован лишь у лисиц, получавших дополнительно витамин А, в легких – у некоторых песцов и лисиц подопытных групп.

В организме млекопитающих между витаминами А и Е отмечаются взаимовлияния (Терруан, 1969; Tesogiere et al., 1996) – высокие дозы витамина А в рационе повышают потребность в витамине Е (Sklan, Donoghue, 1982), а витамин Е способствует всасыванию витамина А в кишечнике и тем самым улучшает обеспеченность организма этим витамином (Терруан, 1969; Kusun et al., 1974; Napoli et al., 1984). Витамин А в дозе 5000 ИЕ у песцов и 10000 ИЕ у лисиц привел к значительному снижению уровня витамина Е в сыворотке крови ($p < 0,05$ и $p < 0,01$, соответственно). У песцов, получавших максимальную дозу витамина А, этот показатель был практически на том же уровне, что и у контрольных. У песцов подопытных групп статистически значимых изменений концентрации витамина Е в исследуемых органах и тканях не наблюдалось, тогда как у лисиц подопытной группы уровень ТФ был выше, чем в контрольной в сердце ($p < 0,01$) и селезенке ($p < 0,05$). Увеличение в тканях уровня витамина Е может быть связано с его перераспределением в организме на фоне высокой дозы витамина А.

Добавление к рациону витамина А повлияло на количество и направленность корреляционных связей между уровнем витаминов и другими показателями антиоксидантной системы: активностью супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы, уровнем глутатиона и концентрацией белка (Калинина, 2009). У животных обоих видов дополнительный витамин А вызвал увеличение количества корреляционных связей между компонентами АОС в печени и не повлиял на них в легких. В других органах изменения зависели от вида животного и дозы витамина.

Нагрузка витамином Е. Концентрация ТФ в сыворотке крови контрольных песцов и лисиц была практически одинаковой, у подопытных животных его уровень существенно не изменился. В печени песцов, получавших 50 мг витамина Е, содержание ТФ повысилось незначительно, тогда как в группе с максимальной дозой его уровень снизился в 2,1 раза по сравнению с контролем ($p < 0,01$), что может быть связано с увеличением функциональной нагрузки на орган на фоне применения высокой дозы витамина и перераспределением к другим тканям и органам. Концентрация ТФ в печени лисиц подопытной группы увеличилась в 2,3 раза.

В результате эксперимента нами были выявлены однонаправленные изменения в содержании витамина Е в почках и сердце животных обоих видов. У песцов в почках его концентрация выросла в подопытных группах в 1,5 и 1,6 раза соответственно ($p < 0,05$). В сердце у песцов группы Е1 содержание ТФ увеличилось незначительно, в то время, как у животных с максимальной дозой витамина разница с контролем составила 7,3 раза ($p < 0,01$). В почках лисиц, получавших дополнительно витамин Е, уровень ТФ увеличился в 2,5 раза ($p < 0,01$), а в сердце в 2,2 раза ($p < 0,01$). В скелетной мышце у животных обоих видов также наблюдалась тенденция к повышению уровня ТФ, в других органах изменения были незначительными и их направленность у песцов и лисиц различалась.

Увеличение уровня витамина Е в рационе привело к повышению концентрации витамина А в сыворотке крови песцов группы А2, у песцов другой группы и подопытных лисиц наблюдалась такая же тенденция. На содержании витамина А в органах песцов данная нагрузка практически не сказалась, тогда как у лисиц этот показатель увеличился почти в 2 раза в почках ($p < 0,05$) и селезенке, а также был обнаружен в сердце и легких у отдельных особей, в то время, как у контрольных животных в этих органах ретинол зафиксирован не был.

Количество корреляционных связей между компонентами АОС органов и тканей при нагрузке витамином Е было органоспецифичным и зависело от дозы (Калинина, 2009). У обоих видов скоррелированность показателей системы антиоксидантной защиты при нагрузке витамином Е

увеличивалась в печени и оставалась неизменной или снижалась в почках и скелетной мышце. В других органах изменения этого показателя зависели от вида животного и дозы витамина. Реакция АОС была связана с компенсаторными взаимоотношениями между антиоксидантами, поскольку повышение в организме концентрации одного антиоксиданта, как правило, индуцирует изменение содержания других (Меньщикова и др., 2006).

Таким образом, высокие дозы витамина А в рационе повлияли на исследуемые показатели в сыворотке крови у животных обоих видов, тогда как в органах значительные изменения наблюдались только у лисиц. Добавление к рациону высоких доз витамина Е оказало, в основном, сходное действие на исследуемые показатели у животных двух видов.

Влияние кратковременного голодания на уровень витаминов А и Е у песцов

Песец достаточно хорошо адаптирован к неблагоприятным условиям окружающей среды, среди которых отсутствие пищи встречается довольно часто (Prestrud, 1991). Известно, что при голодании организм переключается на эндогенное питание и основным поставщиком энергии наряду с углеводами становятся липиды (Зайчик, Чурилов, 2001; Mustonen et al., 2006).

Исследование показало, что существенных изменений уровня витаминов А и Е при 8-дневном голодании в тканях и органах песцов не происходит. Отмеченное снижение в сыворотке крови концентрации витамина Е в 1,8 раза ($p < 0,05$), сопровождалось тенденцией к увеличению его содержания в тканях большинства исследованных органов. Исключение составили почки и селезенка. Голодание стимулирует мобилизацию из жировых депо жирных кислот с разной степенью насыщенности (Mustonen et al., 2007), а также витамина Е, запасы которого в жировой ткани значительны и обеспечивают защиту липоцитов от окислительных повреждений (Ребров, Громова, 2008). При этом использование в качестве источника энергии внутренних резервов у песцов сопровождается усиленным окислением жира (Tauson, Chwalibog, Ahlström, 2002). Поэтому снижение содержания витамина Е в крови связано, вероятно, с его интенсивным расходом, а также перераспределением в тканях. Витамин А был зафиксирован лишь в сыворотке крови и в почках, вероятно, из-за низкой обеспеченности им животных. Некоторое повышение его содержания в почках может быть обусловлено важной ролью органа в обмене этого витамина (Raila, Willnow, Schweigert, 2005).

Таким образом, при 8-дневном голодании у песцов не происходило значительных изменений в тканях и органах концентрации витаминов А и Е. Снижение уровня витамина Е в сыворотке крови связано с перестройкой метаболизма в организме при адаптации к прекращению экзогенного поступления питательных веществ.

ВЫВОДЫ

1. В постнатальном онтогенезе у песцов и лисиц наблюдается сходная динамика изменений содержания витаминов А и Е в сыворотке крови. Для витамина А характерно увеличение концентрации после рождения на протяжении периода роста. Наиболее высокое содержание витамина А у песцов обнаружено в 3-месячном возрасте, а у лисиц в 9-месячном. Максимальный уровень витамина Е в сыворотке крови у обоих видов отмечен в первый месяц жизни, а с 2-месячного возраста его содержание приближается к уровню взрослых животных.

2. Распределение витаминов А и Е в органах песцов и лисиц было сходным. Наиболее высокое содержание витамина А выявлено в почках, что является характерной особенностью видов из семейства собачьих. В большинстве органов у исследованных животных содержание витамина А с возрастом увеличивается. Уровень витамина Е в онтогенезе повышается в органах и тканях у песцов, тогда как у лисиц такая динамика прослеживается только в печени и скелетной мышце.

3. Сезонные изменения содержания витаминов А и Е связаны со стадиями репродуктивного цикла. Низкий уровень витамина А в сыворотке крови самок песца наблюдается в период беременности, а витамина Е в лактационный период. У песцов и лисиц сезонные изменения концентрации витаминов А и Е были обнаружены в печени и почках и отсутствовали в сердце.

4. Выявлены видовые особенности и тканевая специфика влияния высоких доз витаминов А и Е на организм песцов и лисиц. Более чувствительными к высокому уровню витамина А в рационе оказались лисицы. Дополнительные дозы витамина Е оказали сходное действие на животных двух видов, а некоторые различия могут определяться экологическими особенностями песцов и лисиц и действием витамина на метаболизм органа или ткани.

5. Выявлено снижение уровня витамина Е в сыворотке крови песцов при 8-дневном голодании. Отсутствие значительных изменений концентрации витаминов А и Е в органах и тканях свидетельствует о высокой устойчивости их эндогенного фона к воздействию голодания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АОС – антиоксидантная система
БОТ – бутилокситолоул
ИС – индекс скоррелированности
СОД – супероксиддисмутаза
ТФ – токоферол

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах

1. Ильина Т.Н., *Баишникова И.В.* Закономерности распределения витаминов А и Е в организме пушных зверей // Кролиководство и звероводство.– 2010.– №2.– С. 13–15.
2. *Баишникова И.В.*, Сергина С.Н. Влияние высокой дозы витамина А на антиоксидантную систему песцов и лисиц // Естественные науки. Астраханский государственный университет.– 2010.– № 1 (30).– С. 55–69.
3. *Баишникова И.В.*, Свечкина Е.Б., Унжаков А.Р., Тютюнник Н.Н. Влияние нагрузки витамином Е на активность ферментов у песцов и лисиц // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2010.– № 4.– С. 212–215.
4. Ильина Т.Н., Руоколайнен Т.Р., Белкин В.В., *Баишникова И.В.* Токоферол в физиологических адаптациях млекопитающих различного экогенеза // Труды КарНЦ РАН.– 2011.– С. 49–56.
5. *Баишникова И.В.*, Сергина С.Н., Ильина Т.Н., Тютюнник Н.Н., Илюха В.А. Влияние витамина Е на антиоксидантную систему песцов и лисиц // Труды КарНЦ РАН.– 2011.– С. 3–11.
6. Тютюнник Н.Н., Илюха В.А., Ильина Т.Н., Узенбаева Л.Б., Унжаков А.Р., Рендаков Н.Л., *Баишникова И.В.*, Кижина А.Г., Свечкина Е.Б., Сергина С.Н. Адаптационные изменения метаболизма у животных различного экогенеза // Проблемы биологии продуктивных животных. Боровск, 2010.– С. 5–22.

Работы, опубликованные в сборниках трудов, в материалах региональных, российских и международных конференций

7. Иyина Т.Н., *Baishnikova I.V.* Vitamins A, E and B1 during the postnatal ontogenesis of polar fox // Scientifur.– 2003.– V. 26, N 4.– P. 112–114.
8. Ильина Т.Н., Белкин В.В., *Баишникова И.В.*, Якимов А.В., Федоров Ф.В. Уровень витаминов А и Е в тканях млекопитающих различного экогенеза // Материалы VII съезда териологического общества.– М.– 2003.– С. 142–143.
9. Ильина Т.Н., Белкин В.В., *Баишникова И.В.* Витамины А и Е в тканях млекопитающих различного экогенеза // Проблемы экологической физиологии пушных зверей. Вып.3, Петрозаводск: КарНЦ РАН.– 2004.– С. 38–45.
10. Ильина Т.Н., *Баишникова И.В.* Уровень витаминов А, Е и В₁ у песцов при

- кратковременном голодании. Материалы 3-го Международного симпозиума «Современные проблемы ветеринарной диетологии и нутрициологии», Санкт-Петербург, 2005.– С. 15–16.
11. *Баишникова И.В.* Влияние физиологического периода на уровень витаминов А и Е у самок песца // Материалы докладов I Всероссийской молодежной научной конференции «Молодежь и наука на Севере» (в 3-х томах). Том III. XV Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии», Сыктывкар, 2008.– С. 17–19.
 12. *Баишникова И.В.*, Ильина Т.Н., Тютюнник Н.Н. Влияние высокой дозы витамина А на эндогенный уровень ретинола и α -токоферола у песцов и лисиц // Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных. Материалы II Международной научной конференции Саранск, 2009.– С. 19–21.
 13. *Баишникова И.В.*, Ильина Т.Н., Тютюнник Н.Н. О влиянии кратковременной нагрузки витамином Е на распределение ретинола и токоферола в организме песцов и лисиц // Современные проблемы и методы экологической физиологии и патологии млекопитающих, введенных в зоокультуру. Материалы Международного симпозиума.– Петрозаводск, 2009.– С.13–18.
 14. Ильина Т.Н., *Баишникова И.В.* Закономерности распределения витаминов А и Е в организме пушных зверей // Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения проф. Е.Д. Ильиной «Достижения науки и практики в клеточном пушном звероводстве». Москва, 2009.– С. 122–125.
 15. Тютюнник Н.Н., Унжаков А.Р., *Баишникова И.В.*, Свечкина Е.Б., Голубева А.Г. Физиологическое состояние лисиц в период подготовки к гону // Там же, 2009.– С. 148–152.
 16. *Баишникова И.В.* Витамины А и Е у песцов и лисиц в постнатальном онтогенезе // Сборник тезисов 13-й Международной Пушинской школы-конференции молодых ученых «Биология наука XXI века».– Пушино, 2009.– С. 91–92.
 17. *Баишникова И.В.* Влияние голодания на содержание витаминов А и Е в тканях млекопитающих разных видов // Сборник тезисов 14-й Международной Пушинской школы-конференции молодых ученых «Биология наука XXI века».– Пушино, 2010.– С.104.
 18. Илюха В.А., Калинина С.Н., Ильина Т.Н., *Баишникова И.В.*, Белкин В.В., Яковлева А.Е., Хижкин Е.А., Барабаш Б. Участие антиоксидантной системы в адаптациях млекопитающих к различному уровню кислорода: ныряние, слячка и высокогорное происхождение // Материалы III Международной конференции с элементами школы для молодых ученых, аспирантов и студентов «Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов».– Петрозаводск, 2010.– С. 65–66.
 19. *Баишникова И.В.*, Ильина Т.Н., Тютюнник Н.Н. Влияние нагрузки витамином Е на содержание ретинола и токоферола в тканях песца // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Вятской государственной сельскохозяйственной академии и 45-летию подготовки биологов-охотоведов «Биологические ресурсы».– Киров, 2010.– С. 16–18.
 20. Тютюнник Н.Н., Илюха В.А., Ильина Т.Н., Узенбаева Л.Б., Унжаков А.Р., Рен-

- даков Н.Л., *Баишникова И.В.*, Кижина А.Г., Свечкина Е.Б., Сергина С.Н. Адаптационные изменения метаболизма введенных в зоокультуру животных различного экогенеза // Материалы V Международной конференции «Актуальные проблемы биологии в животноводстве», посвященной 50-летию ВНИИФБиП. Боровск, 2010.– С. 233–234.
21. Plyina T.N., *Baishnikova I.V.* The influence of short-time starvation on vitamins A and E content in polar fox and mink // International Scientific Conference “Scientific Achievements and the Breeding Practice”. Krakow, 2011.– P. 74.
 22. Илюха В.А., Сергина С.Н., Ильина Т.Н., *Баишникова И.В.*, Белкин В.В., Якимова А.Е., Хижкин Е.А., Лапински С., Недбала П. Адаптивные перестройки антиоксидантной системы сердца млекопитающих к дефициту кислорода: ныряние, спячка // XIV Международное совещание и VII школа по эволюционной физиологии. Тезисы докладов и лекций. СПб, 2011.– С. 90.

Формат 60x84 ¹/₁₆ Бумага офсетная. Гарнитура «Times».
Уч.–изд. л. 1,0. Усл. печ. л. 1,1. Подписано в печать 6.02.2012
Тираж 100 экз. Изд. № 272. Заказ № 22.

Карельский научный центр РАН
Редакционно–издательский отдел
185003, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50