От переводчика:

Перевод данной диссертации выполнен мной на добровольных началах. Я не преследовал цели получить выгоду в результате этого. Распространение данного перевода возможно **только в безвозмездной форме.** Любые деньги и иные материальные ценности, заплаченные за этот перевод, будут являться нарушением авторских прав Ш. Ганзен-Штинеккер и принципа взаимопомощи, руководствуясь которым я взялся за перевод.

Эта работа является логическим продолжением диссертации Д.А. Кроссли (2003 г.) о стоматологических заболеваниях шиншилл, которую я перевел в 2018 году. В ней доктор ветеринарной медицины Д.А. Кроссли описал проявления болезней зубов и их возможные причины. Ш. Ганзен в своей диссертации рассмотрела, как влияют на резцы шиншилл различные по содержанию кальция корма, дерево и известковый камень.

Выражаю благодарность всем, кто оказал помощь в работе над текстом и редактировании, отдельное спасибо автору диссертации, Ш. Ганзен-Штинеккер, любезно давшей мне разрешение на выполнение перевода, а также Е. К. Климочкиной, которая оказала наибольшую помощь в редактировании.

Д.В. Михайлов, 2019 г.

Высшая ветеринарная школа Ганновера

Исследование метаболизма кальция, а также роста зубов шиншилл при различном содержании кальция в питании и наличии материала для погрызания

ИНАУГУРАЛЬНАЯ ДИССЕРТАЦИЯ на соискание степени
Доктор ветеринарной медицины - Doctor medicinae veterinariae - (Dr. med. vet.)

Представлено
Штефани Ганзен
г. Эркеленц

Ганновер 2012

Научная поддержка: профессор университета доктор Й. Камфуэс
Институт питания животных

Рецензент 1: профессор университета доктор Й. Камфуэс

Рецензент 2: профессор университета доктор М. Фер

Дата устной защиты: 16 мая 2012 года

Посвящается моим родителям

Части этой диссертации были представлены на следующих конференциях:

14-я конференция Европейского общества ветеринарного и сравнительного питания. Цюрих, Швейцария, 06.-08.09.2010

HANSEN, S., P. WOLF u. J. KAMPHUES (2010):

Basic data on calcium metabolism in the chinchilla

Proc. 14th ESVCN Conference, S. 71

Съезд объединений заводчиков шиншилл земли Шлезвиг-Гольштейн и Гамбурга.

Шуби, Германия, 12.09.2010

HANSEN, S., P. WOLF u. J. KAMPHUES (2010):

Fütterung von Chinchillas – unter besonderer Berücksichtigung von Calciumstoffwechsel und Zahngesundheit

65-я сессия Общества физиологии питания

Геттинген, 15.-17.03.2011

HANSEN, S., P. WOLF u. J. KAMPHUES (2011):

Basic data on calcium metabolism in chinchillas – with special regard to incisors'

composition

Proc. Soc. Nutr. Physiol. 20, S. 63

3-й меллерский съезд по вопросам мелких млекопитающих

Мелле, 07.05.2011

HANSEN, S., P. WOLF u. J. KAMPHUES (2011):

Chinchillas: Grunddaten zur Fütterung sowie zum Ca-Haushalt und zur

Zahngesundheit

Содержание

Список сокращений
Введение 1
Обзор предшествующей литературы
1. Систематика, история и биология шиншилл 3
2. Естественный образ жизни, а также содержание и питание в качестве домашнего животного 6
3. Потребление пищи 8
3.1. Пищевое поведение 8
3.2. Процесс пищевого поведения 9
3.3. Продолжительность и скорость потребления пищи 9
3.4. Потребление пищи (масса сухого вещества) 10
4. Водообмен 11
5. Общие физиологические основы пищеварения 12
5.1. Структура и функции пищеварительной системы 12
5.2. Цекотрофия, копрофагия 14
5.3. Текстура и консистенция фекалий 15
6. Усвояемость питательных веществ 15
7. Потребности в энергии и питании 17
7.1. Потребности в энергии 17
7.2. Потребности в питании 17
7.2.1. Протеин 18
7.2.2. Жиры 18
7.2.3. Сырая клетчатка 18
7.2.4. Минеральные вещества 18
8. Метаболизм кальция и фосфора 19
9. Значение витамина D 22
10. Экскреция кальция 23
11. Клиническая значимость уролитов у шиншилл 25
12. Челюсти шиншилл 27
12.1. Строение челюсти 27
12.2. Строение зуба 28
12.3. Химический состав зубов 31
12.4. Рост и истирание зубов 32
12.5. Значимость и частота стоматологических заболеваний 33
12.6. Зависимость стоматологического здоровья от питания 33

Собственное исследование 38
A. Материалы и методы 38
1. Цель эксперимента 38
2. Животные, участвовавшие в эксперименте 38
2.1. Происхождение животных 38
2.2. Отбор животных 38
2.3. Состояние здоровья животных 39
2.4. Содержание животных 39
2.5. Разделение на группы 40
3. Дизайн эксперимента 40
4. Питание животных 42
5. Потребление пищи 47
6. Потребление воды 48
7. Определение усвояемости 48
8. Изменение массы тела 48
9. Отбор проб 48
9.1. Корм 48
9.2. Фекалии 49
9.3. Моча 49
9.4. Забор крови 50
10. Методы исследования образцов 50
10.1. Анализ корма по методу Веенде 50
10.1.1. Содержание сырых питательных веществ 50
10.1.2. Безазотистые экстрактивные вещества 52
10.2. Крахмал 52
10.3. Сахар 53
10.4. Макро- и микроэлементы 53
10.4.1. Макроэлементы 54
10.4.2. Микроэлементы 54
10.5. Мокрый ситовой анализ 55
10.6. Исследование крови 55
10.6.1. Ионизированный кальций, общий кальций 55
10.6.2. Неорганический фосфат 56
11. Оценка грызущей активности 56
12. Рост и истирание резцов 57
13. Определение цвета зубов 58
14. Вскрытие 59
15. Извлечение резцов 59
16. Химический анализ материала зубов 59
17. Статистическая оценка результатов эксперимента 60
B. Результаты 61

1. Состояние здоровья животных 61

2. Потребление корма и воды 61
2.1. Потребление корма при балансовом исследования 61
2.2. Потребление материала для погрызания и характеристика грызущей активности 64
2.3. Потребление воды 66
3. Структура фекалий 67
4. Объем и состав мочи 67
5. Отбор предложенного сена 70
6. Усвояемость рационов 71
6.1. Усвояемость органических веществ 71
6.2. Поглощение / выделение / усвояемость кальция и фосфора 72
7. Изменение массы тела молодых животных 81
8. Измерения резцов (на живом животном) 83
8.1. Общие наблюдения 83
8.2. Рост и истирание 83
8.3. Пигментация эмали 90
9. Химическое исследование крови 100
10. Данные, полученные при вскрытии 106
11. Исследование резцов после извлечения 108
11.1. Размер зубов 108
11.2. Масса зубов 110
11.3. Химический анализ материала зубов 111
Обсуждение 114
1. Критика методов 114
1.1. Потребление корма, пищевое поведение 114
1.2. Сбор мочи 116
1.3. Рост зубов 116
1.4. Цвет зубов 116
2. Исходные данные с точки зрения физиологии питания и баланса кальция 117
2.1. Потребление корма 117
2.2. Кормление молодых шиншилл исключительно сеном 118
2.3. Усвояемость органических веществ 119
2.4. Усвояемость кальция 120
2.5. Характеристика баланса кальция по параметрам кала, мочи и крови 122
3. Рост и истирание резцов шиншилл 129
4. Значимость содержания кальция в корме для выбранных параметров зубов 132
4.1. Содержание кальция в пище, рост и истирание зубов 132
4.2. Содержание кальция в пище и состав зубов 133

4.3. Влияние питания на цвет зубов 135
5. Влияние материала для погрызания на длину зубов и их истирание 138
Резюме 141
Библиография 145
Приложения с таблицами и рисунками 175

Список сокращений

Ø – сечение

α – уровень значимости

Σ - сумма

Ca↓ - пониженное содержание кальция

Ca↑ - повышенное содержание кальция

Ca≈ - среднее содержание кальция

R^2 – мера определенности

± S – стандартное отклонение

VDLUFA - ассоциация немецких сельскохозяйственных научных и исследовательских институтов

БЭВ - безазотистые экстрактивные вещества

ГПК - гранулированный полнорационный корм

ИВ – исходное вещество

Изд. – издатель

КГПК – коммерческий гранулированный полнорационный корм

КУ – кажущаяся усвояемость

МТ – масса тела

НИС – национальный исследовательский совет

Рисунок – рисунок

СВ – сухое вещество

С.И. – международная система единиц

См. стр. – смотреть страницу

Табл. – таблица

Введение

5,3 миллиона мелких животных живут в немецких домохозяйствах (IVH 2011). В последние несколько десятилетий шиншиллы также становятся все более популярными в качестве домашних животных (BRENNER 2005, BARTL 2006, JEKL et al. 2011). В дополнение к растущей популярности в качестве домашнего животного и сокращающемуся использованию меха в промышленности (MERRY 1990) возрастает их значение для человеческих медицинских исследований. Например, они используются в качестве модели для изучения заболеваний органов дыхания и слуха в педиатрии (Fulghum 1982, AUL et al., 1998, McFadden et al., 2002). Анатомические особенности уха, легкий хирургический доступ к улитке и порог слухового восприятия, близкий к человеческому, делают шиншиллу популярным экспериментальным животным в отологии (HEFFNER и HEFFNER 1991, BOERSMA 1994).

Шиншиллы принадлежат к отряду Rodentia, грызуны (BERGHOFF 1989, BRUGGEMANN 2001). В течение всей жизни у них растут резцы и щечные зубы (EGEN и ERNST 1998). Поэтому, в частности, может быть важно обеспечить соответствующую форму питания для поддержания физиологической длины зубов и предотвращения появления малокклюзии (CROSSLEY 1997, CROSSLEY 1998, CROSSLEY 2001, VERSTRAETE 2003, BRENNER 2005). Нарушения поведения из-за несоответствия потребностям в погрызании, а также проблемы с зубами различного рода и происхождения являются частыми причинами обращения хозяев шиншилл к ветеринарном специалисту (CROSSLEY 2001, BRENNER 2005). В дополнение к генетически обусловленным факторам корм (его способ изготовления и ингредиенты) рассматривается как этиологически интересный фактор данных стоматологических заболеваний (CROSSLEY 2001). В частности, за чрезмерный рост, а также за изменения структуры и цвета резцов, согласно литературным данным, несут ответственность несвойственная и не основанная на потребностях животного диета. Эта информация имеет небольшое количество экспериментальных подтверждений. В дополнение к недостатку грубых кормов и материалов для погрызания, содержание минералов в рационе - особенно кальция - играет важную роль (JEKL et al., 2011). При этом баланс кальция у этих мелких грызунов не имеет научно обоснованных данных.

На этом фоне настоящее исследование было предназначено для проверки и сбора отчасти противоречивых или неполных базовых данных о балансе Ca в

литературе, а также о некоторых параметрах зубов (например, увеличение длины, состав) с проведением соответствующих экспериментов по кормлению.

В нашей работе мы сфокусировались на следующих аспектах экспериментальных исследований:

- Регистрация базовых данных, основанных на физиологии питания шиншиллы, в частности, характеристики метаболизма Ca с помощью параметров фекалий, мочи и крови.

- Влияние содержания Ca в корме на рост и истирание зубов, а также на химический состав резцов шиншилл.

- Влияние на рост и истирание резцов при предложении различных материалов для погрызания или при отказе от любого такого материала.

Обзор предшествующей литературы

1. Систематика, история и биология шиншилл

Шиншиллы относятся к млекопитающим (Mammalia) к отряду грызунов (Rodentia), крупнейшему отряду млекопитающих. В подотряде Hystricomorpha они относятся к подотряду Caviomorpha (родственникам морских свинок), который можно встретить исключительно в Южной Америке. Они принадлежат к семейству Chinchillidae (шиншилловых) и образуют подсемейство Chinchillinae (BERGHOFF 1989, BRUGGEMANN 2001, OSGOOD 1943). В рамках этого подсемейства выделяются два вида: C. lanigera и C. brevicaudata. C. lanigera также обозначают как длиннохвостую или чилийскую шиншиллу, C. brevicaudata - как короткохвостую, королевскую, боливийскую или перуанскую шиншиллу (JIMÉNEZ 1996, SPOTORNO et al., 2004, WOODS and KILPATRICK 2005). Считается, что название «шиншилла» происходит из языка кечуа. У них слова «чин стилл» и «чинчи» означают «сильный» или «мужественный», с уменьшительно-ласкательным «lla». Вместе слово «шиншилла» может означать сильный, тихий малыш (GRAU 1986). ISENBÜGEL (1985) же предположил, что название происходит от шведского чин-чили, что означает «мех из Чили», в то время как HERMANN (1983) сообщает о происхождении названия от аргентинского «чинчи» - скунс.

Шиншиллы первоначально происходят из Анд в Перу, Боливии, Аргентине и Чили. Некогда широко распространенные, сегодня они встречаются в северной части Чили вдоль предгорий Анд и прибрежных гор на юг до Тальки (GRAU 1986, WOODS and KILPATRICK 2005). JIMÉNEZ сообщал о диких колониях в 1995 году исключительно в Ауко, в Национальном заповеднике шиншилл и окрестностях, а также к северу от Кокимбо, с плотностью популяции 4,37 животных / га (JIMÉNEZ 1990, JIMÉNEZ et al., 1992). В дикой природе шиншиллы живут в пещерах и расселинах скал в горных пустынных районах с крутыми склонами (BICKEL 1977, JIMÉNEZ 1995). Среда обитания C. lanigera расположена на высоте от 400 до 1700 м (SPOTORNO et al., 2004). C. brevicaudata встречается на больших высотах - до 5000 м (MUNOZ и JÁNEZ 2000).

Во времена испанских завоевателей шиншиллы все еще жили в их изначальной зоне распространения в значительном количестве (BERGHOFF 1989, BEYNON and COOPER 1997). Они образуют так называемые колонии, состоящие из самца-осеменителя, нескольких самок и их детенышей (BOERSMA

1994, GABRISCH and ZWART 2008). ALBERT сообщал в 1900 году о колониях, состоящих из примерно 100 животных. Их тонкий, плотный мех защищает от сурового климата высот Анд, вызванного значительными колебаниями температуры в течение дня и года, но также делает их популярным объектом охоты среди индейцев (BERGHOFF 1989, GABRISCH и ZWART 2008). Шерсть шиншиллы вплеталась инками в одеяла и драгоценные ткани. Иезуитский священник из Чили Хуан Игнацио Молина (1740-1829) был первым, кто настаивал на коммерческом разведении шиншилл. При этом он больше думал об их "шерсти", чем о меховых шкурах (BICKEL 1977). Он опубликовал свои записи обо всей чилийской фауне и флоре в 1782 году в виде книги «Saggio sulla storia naturale del Chili». В своих заметках Молина упоминал длиннохвостую шиншиллу как «Mus laniger», «шерстяную мышь» (OSGOOD 1943), позднее в честь священника-иезуита она получила прозвище «Chinchilla lanigera» Molina, 1782. В 1829 г. BENNETT предложил вместо «Mus laniger» название вида Chinchilla и иизменил Laniger на женскую форму Lanigera (BENNETT 1829), не зная, что Laniger предполагается, скорее, как существительное, а не прилагательное. На сегодняшний день, однако, оба названия приняты и продолжают использоваться (WOODS и KILPATRICK 2005).

Охота на шиншилл среди инков и индейцев продолжилась в 1524 году европейцами и была усилена из-за коммерциализации в 19 веке. На рубеже веков шкурки шиншилл в Северной Америке и Европе стали символом статуса, и началось истребление шиншилл. «Чинчильеро» (охотники за шкурками) получали больше денег, чем приносила работа на местных шахтах (MILLER 1980). В 1894 году из Чили было вывезено около 400 000 шкур (BICKEL, 1977), а с 1900 по 1909 годы официально полмиллиона в год (JIMÉNEZ, 1996). Первая успешная попытка размножения в неволе относится к 1895 году (BICKEL 1977).

Из-за безжалостной охоты и отлова диких животных шиншиллы в дикой природе вскоре почти вымерли. В 1910 году правительства Боливии, Чили, Аргентины и Перу совместно издали запрет на охоту, отлов и торговлю (BICKEL 1977). Из-за высоких цен на мех в двадцатые годы 20 века американский горный инженер Матиас Ф. Чэпмен выступил с идеей коммерческого разведения шиншилл. В 1923 году он импортировал одиннадцать пойманных диких животных в Калифорнию. Они считаются племенными животными-основателями для разведения шиншилл в Северной Америке (BERGHOFF 1989, BEYNON and COOPER 1997, GABRISCH and ZWART 2008). Так как одежда из

меха становится все менее модной, ожидания получить прибыль от разведения шиншилл для получения меха сегодня вряд ли оправдаются (BERGHOFF 1989). В 1977 году шиншилла была включена в Приложение I к Конвенции СИТЕС, а в 1983 году в Чили для защиты этого вида в Ауко, недалеко от Ильяпеля, был создан Национальный заповедник Las Chinchillas (JIMÉNEZ, 1996). Охраняемая территория охватывает 4229 га. В 1996 году в дикой природе можно было насчитать лишь 42 самостоятельных колонии (JIMÉNEZ 1996). С 2008 года длиннохвостая шиншилла занесена в Красный список Всемирной организации охраны природы (МСОП) в категории «находящихся под угрозой исчезновения».

Длиннохвостые шиншиллы (Chinchilla lanigera), обычно встречающиеся у владельцев домашних животных, достигают длины тела до 26 см и длины хвоста от 14 до 18 см (BERGHOFF 1989, GABRISCH и ZWART 2008) при массе тела от 400 до 800 г (NEIRA et al. 1989, BEYNON и COOPER 1997). Передние лапы, каждая с пятью пальцами, гораздо меньше задних (YARRELL 1831). На каждом из них есть три полностью сформированных пальца и один рудиментарный. Большеберцовая кость длиннее бедренной кости (SCHAEFFER and DONNELLY 1997). У шиншилл большие круглые уши, особенно длинные вибриссы и шерсть разных оттенков. Наиболее распространенным является голубовато-серый (дикий) окрас, но встречаются также белый, серебристый, бежевый и черный (BEYNON and COOPER 1997). Официальные названия окрасов: стандартный, белый, бежевый, черный бархатный, чаркоал (древесный уголь), эбони, сапфир, фиолетовый, голубой бриллиант и их разновидности. Шерсть очень плотная и мягкая. У шиншилл нет когтей и сальных или потовых желез (GABRISCH и ZWART 2008). Из одного корня волоса растет 50-75 отдельных волосков. Сами шерстяные волосы в 30 раз тоньше человеческих волос, диаметром 5-11 мкм (WILCOX 1950). Пушистый хвост покрыт длинными грубыми волосами (ALBERT 1900).

Ожидаемая продолжительность жизни шиншилл в качестве домашних животных составляет до 20 лет (BERGHOFF 1989, GABRISCH и ZWART 2008). В дикой природе они достигают возраста шести лет (JIMÉNEZ 1990). Примерно через восемь месяцев животные мужского пола, а некоторые самки уже в возрасте от четырех до пяти месяцев, становятся половозрелыми (WEIR 1974, BERGHOFF 1989). Шиншиллы – животные с сезонным полиэструсом. Продолжительность цикла от 28 до 30 дней. Течка длится 3-4 дня, короткий акт покрытия обычно происходит ночью. Копуляция вызывает спонтанную

овуляцию. У самки дуплексная матка с двойной шейкой (GABRISCH и ZWART 2008). После 110-120 дней беременности рождается в среднем два (от одного до шести) щенков (BEYNON and COOPER 1997, HILLYER et al., 1997). Детёныши рождаются сродни выводковым птицам, очень хорошо развитые с открытыми глазами и весом от 30 до 60 г. В первые дни жизни они потребляют только материнское молоко. Хотя у матери есть три пары сосков, обычно только верхние одна или две пары дают молоко. В возрасте от шести до восьми недель молодняк отсаживается (BEYNON и COOPER 1997, GABRISCH и ZWART 2008). Они вырастают примерно в возрасте 12-18 месяцев (SCHWEIGART 1995).

2. Естественный образ жизни, а также содержание и питание в качестве домашнего животного

Шиншиллы активны в сумерках и ночью (JIMÉNEZ 1995, WEISS 2005). В течение дня должна соблюдаться их естественная потребность в отдыхе (GABRISCH и ZWART 1998). По причинам, связанным с благосостоянием животных, следует отказаться от одиночного содержания. Для пары шиншилл клетка должна иметь минимальный размер 100 x 100 x 100 см и быть оборудована средствами для лазания, дощечками для отдыха и спальными местами (GABRISCH и ZWART 2008). Шиншиллы - искусные скалолазы и обладают значительными прыжковыми способностями, поэтому в клетке можно обустроить разные уровни (QUESENBERRY et al., 2004). Для ежедневного ухода за мехом, чтобы удалять влагу и жир, а также для хорошего самочувствия им нужна пылевая или песчаная ванна. В продаже имеются специальные круглые и мелкозернистые типы песка (например, песок для купания Attapulgus), которые не разрушают тонкую структуру волос (HILLYER и др., 1997, GABRISCH и ZWART 2008). Температура окружающей среды должна составлять от 17 до 25 °C (GRAU 1986). Шиншиллы гораздо менее чувствительны к холоду, чем к теплу, и предпочитают сухой воздух (предпочтительна влажность около 40%, QUESENBERRY et al., 2004). Как подстилка хорошо себя зарекомендовала древесная стружка (GABRISCH и ZWART 2008).

В природе шиншиллы питаются растительными материалами. Прежде всего, в их естественной среде обитания растут степные травы и Parastrephia quadrangularis. (KRAFT, 1994). JIMÉNEZ et al. (1992) охарактеризовали растительность Национального заповедника и его окрестностей. Принимая во внимание разнообразие растений с севера на юг, травы (в основном Nassella chilensis и Stipa plumosa) и кактусы (Echinopsis chilensis, Opuntia ovata), бромелии

(Puya berteroniana) и кустарники лиственных пород (такие как Adesmia spp., Porlieria chilensis, Colliguarous Pdorrara spp., Bahia ambrosioides, Cordia decandra, Bridgesia incisaefolia и Flourensia thurifera) относятся к типичной флоре. CORTÉS et al. (2002) изучали экскременты диких шиншилл в чилийском заповеднике и обнаружили большие вариации найденных частей растений в течение года, а также в зависимости от количества осадков. Высокое содержание клетчатки в кале может быть связано с сильно одревеневшими компонентами, такими как кора и стебли кустарников, а также с бромелией Puya berteroniana. P. berteroniana также, по-видимому, является доступным источником жидкости для шиншиллы в течение всего года (CORTÉS et al., 2002). Помимо этого, охотно употребляются водянистые плоды кактуса (JIMÉNEZ 1990). SPOTORNO et al. (2004) предполагают, что шиншиллы не пьют воду в дикой природе в ином виде. На основании состава фекалий авторы CORTÉS et al. (2002) сделали выводы о составе кормового рациона. После трудно идентифицируемых волокнистых компонентов следовали травы и кустарники. Суккуленты и семена составляли лишь очень небольшую долю в общем составе фекалий. Среди зарегистрированных кустарников были: Heliotropium stenophyllum, Lobelia polyphylla, Proustia cuneifolia, Ephedra andina, Colliguaja odorifera, Bridgesia incisifolia, Lycium chilense и Porlieria chilensis. Травами были в основном Nassella chilensis, Oxalis carnosa и Adiantum chilense (CORTÉS et al., 2002). Согласно исследованию, основным кормом для шиншиллы является многолетний вид злаковых Nassella chilensis. Другие ученые резюмируют естественную диету следующим образом: дикие шиншиллы в основном питаются степными травами, их семенами и богатыми питательными веществами частями коры деревьев (AITKEN 1963, MERRY 1990). Цветы, листья, плоды кактуса и корни также должны быть в рационе в родном биотопе (HOLLMANN 1997). WENZEL (1990) утверждает, что натуральная пища в основном содержит мало питательных веществ, богата клетчаткой и суха. JIMÉNEZ (1990) обнаружил в эксперименте выбора с дикими шиншиллами, что при предложении свежих и сушеных побегов разных видов растений, они предпочитают сухие травы. Животные, однако, не проявляли интереса к семенам и стручкам местных растений.

В продаже есть много кормов для шиншилл промышленного производства. В зависимости от состава корма, масса около 30 г покрывает суточную потребность животного (BERGHOFF 1989). Рацион можно дополнить небольшим количеством одуванчика, крапивы, стеблей топинамбура или приправ, таких как петрушка, а иногда и фруктами и овощами, такими как

виноград, яблоки или морковь. Принципиально сено должно быть доступно ad libitum (без ограничений) (BERGHOFF 1989, QUESENBERRY et al., 2004). В качестве угощения можно давать с руки кусочки шиповника, лепестков розы, рожкового дерева, изюма или фундука. Ветви и сучья орешника и плодовых деревьев служат для занятия шиншиллы и удовлетворения потребности в погрызании (CREMER 2002, KAUTZ и KÜPFER 2008). В последнее время большую популярность приобретает так называемая «естественная», «безгранульная» диета для шиншилл, содержащихся как домашних животных. В дополнение к предлагаемому сену ad libitum основу кормления часто составляют травяные смеси (KAUTZ и KÜPFER 2008). На различных интернет-форумах рассказывается об употреблении, например, смесей листьев крапивы, яблони, березы, ежевики, орешника, клубники, малины, смородины, листьев и корней одуванчика, ромашки, гинкго, маргаритки, гибискуса, розы, хмеля, цветков василька, листьях и цветах мальвы, мелиссе, мяте, петрушке, календуле, цветах подсолнечника, шалфее, тысячелистнике, красном клевере, топинамбуре и многих других, возможно, с учетом их предполагаемых медицинских эффектов. В то же время индустрия кормов для животных предлагает различные травяные смеси для беззерновой диеты кроликов, морских свинок и шиншилл. Некоторые владельцы добавляют смеси семян (около 1% от суточного рациона), из которых в основном 60% крахмалистых семян, таких как гречка, просо, спельта, ячмень, пшеница и овес, и 40% жирных семян, таких как рапс, сурепка, подсолнечник, чертополох и черных семян. Однако до сих пор нет научно обоснованных сообщений на эту тему.

Питьевая вода всегда должна быть в свободном доступе, даже если предлагаются сочные корма (COENEN и SCHWABE 1999).

3. Потребление пищи

3.1. Пищевое поведение

Шиншиллы активны в сумерках и ночью (RÖDER-THIEDE 1990, KRAFT 1994, HARTMANN 1994, HOLLMANN 1997). Поэтому потребление корма в основном происходит в темной фазе суток (KAMPHUES et al., 1999, WOLF et al., 2003). Если предлагается полнорационный гранулированный корм, можно наблюдать более 70% общего потребления корма в темную фазу с максимумом в период с 21 до 3 часов (WENGER 1997, SCHRÖDER 2000). В качестве еще одной особенности пищевого поведения можно отметить то, что мелкие грызуны

обычно демонстрируют явную способность выбирать, когда предлагаются смешанные корма с большим разнообразием компонентов (RABEHL and KAMPHUES 1997, KAMPHUES 1999). Согласно BICKEL (1962), у шиншилл хорошо развиты обоняние и чувство вкуса, и они выбирают пищу с умом, если это возможно. Согласно HOLLMANN (1997), пища подвергается анализу, но прежде всего проверяется на вкусовые качества путем пробного откусывания. Шиншиллы проявляют интерес, а не скептицизм в отношении незнакомых пищевых компонентов (WENGER 1997).

3.2. Процесс пищевого поведения

Модифицированные для грызения резцы (KRAFT 1994) выполняют разные функции при приеме пищи. Верхние резцы служат, по сути, как упор, вгрызаясь в пищу и удерживая ее, в то время как резцы нижней челюсти выполняют непосредственно разгрызание (HEROLD 1950, COHRS et al 1958, WOLF et al., 1995). Моляры используются для измельчения (KUNSTYR et al. 1977, ANDERSON 1987). Однако, у шиншилл, как и у морских свинок, не происходит подвывиха височно-нижнечелюстного сустава во время физиологических жевательных движений нижней челюсти, в отличие от кроликов (CROSSLEY 1995).

В качестве видоспецифичной особенности при потреблении пищи можно отметить, что шиншиллы удерживают более крупные частицы еды (такие как гранулы корма и стебли сена) в лапе и откусывают их. В то время как карликовые кролики и морские свинки полностью потребляют выбранные компоненты пищи, шиншиллы часто прерывают процесс потребления корма. При этом они бросают компоненты корма, которые только что держали в передних лапах, на землю, чтобы вскоре после этого снова начать отбор и прием пищи (SCHRÖDER 2000).

3.3. Продолжительность и скорость потребления пищи

WENGER (1997) приводит данные в 20,2 минуты для шиншиллы при потреблении сена (38,4% сырой клетчатки) и 3,86 минуты для полнорационного гранулированного корма (16,8% сырой клетчатки) на 1 грамм сухого вещества. Шиншиллы тратят значительно больше времени на потребление корма, чем, например, кролики и морские свинки. Для сравнения, WENGER (1997) определил у кролика норму потребления корма 12,2 мин / г СВ для сена и 1,40 мин / г СВ для полнорационного гранулированного корма. SCHRÖDER (2000) провел сопоставимые измерения: 14,0 мин / г СВ для сена (24,9% сырой клетчатки) и 3,79 мин / г СВ для гранулированного полнорационного корма

(содержание сырой клетчатки 16,0%). В результате, шиншиллы тратят на потребление сена почти в четыре-пять раз больше времени, чем на гранулированный полнорационный корм. Видоспецифичное пищевое поведение (удержание в лапах, кусание, падение и оставление корма) приводит к значительно большей продолжительности приема корма, чем у других видов (SCHRÖDER 2000), независимо от интенсивности процесса жевания. В целом, SCHRÖDER (2000) обнаружил, что среднее время потребления корма составило около полутора часов (99 минут) в день с одним гранулированным кормом или почти три часа (171 минута) в день при кормлении исключительно сеном.

На основании размера частиц и структуры фекалий исследования SCHRÖDER (2000) должны были косвенно дать понять, коррелирует ли изменение времени, необходимого для приема пищи, у разных видов животных (ГПК: морские свинки> шиншилла> кролик, сено: шиншилла> морская свинка> кролик; WENGER 1997 и SCHRÖDER 2000) с более высокой интенсивностью жевания. Когда предлагался лишь гранулированный корм, между видами не было различий, в то время как при предложении сена в фекалиях кроликов была обнаружена значительно более высокая доля частиц с большим диаметром. Таким образом, автор пришла к выводу, что, несмотря на дальнейшие варианты объяснения, такое различие структуры фекалий говорит о более интенсивном измельчении или более высокой эффективности процесса жевания у морских свинок и шиншилл. Для полноты были приведены абсолютные значения размеров частиц в фекалиях шиншилл. Согласно записям, при выдаче ГПК доля частиц диаметром> 0,5 мм составляла 5,30%, а <0,5 мм составляла 94,7%, когда предлагалось сено, 1,80%> 0,5 мм и 98, 2% <0,5 мм (SCHRÖDER 2000).

3.4. Потребление пищи (масса сухого вещества)

На потребление корма влияют различные факторы. Потребление пищевой массы животного определяется его потребностью в энергии, которая зависит от массы тела, возраста и дополнительных ее затрат. В дополнение к этим факторам, зависящим от животного, на потребление корма также влияют внешние причины, такие как условия содержания и температура, а также состав корма, способ его приготовления и форма выпуска (PIATKOWSKI et al., 1990).

В литературе повсеместно приводится рекомендация по кормлению шиншиллы «столовой ложкой» корма на одно животное в день (BICKEL 1983, KRUG 1983, RÖDER-THIEDE 1990, HARTMANN 1994, KRAFT 1994). При этом ни вес, ни возраст животного, ни состав корма не принимаются во внимание.

Конкретные, экспериментально определенные значения потребления корма шиншиллами приведены в следующей таблице.

Таблица 1. Ежедневное потребление пищи шиншиллами (на грамм СВ)

Ежедневное потребление СВ		Тип питания	Автор
г/животное	г/100 г массы тела		
30,0	Нет данных	Нет данных	ZIMMERMANN (1961)
Нет данных	5,21	Полнорационный гранулированный корм	SCHWABE (1995)
22,3	4,78		WENGER (1997)
26,0	5,51		SCHRÖDER (2000)
12,9	3,47	Сено	WENGER (1997)
12,2	2,60		SCHRÖDER (2000)

4. Водообмен

Поглощенная масса питьевой воды - аналогично потреблению пищи - определяется типом и составом пищи, массой тела и возрастом животного, а также внешними условиями, такими как температура окружающей среды (KAMPHUES 2000).

В литературе имеются разные данные о потребности в воде при предложении гранулированного комбикорма. ZIMMERMANN (1961) наблюдал ежедневное потребление воды 10-15 мл / животное со средним значением массы тела 500 г. KRAFT (1994) обнаружил, что ежедневное потребление воды составляет 20-25 мл на животное (масса тела 440 г).

SPOTORNO et al. (2004) сообщают, что ежедневное потребление воды составляет 25-50 мл на животное в день, но без дальнейшего указания характеристик потребляемого корма. ISENBÜGEL (1985) установил, что потребность в воде составляет 40-60 мл на животное в день. Предлагая сочный корм, автор предположил, что никакой дополнительной питьевой воды не требуется. Подобно наблюдениям ZIMMERMANN, SCHWEIGART (1995) получил потребление жидкости 5-15 мл / животное / сут. SCHWABE (1995), с другой стороны, обнаружил, что, когда предлагался гранулированный комбикорм, потребление питьевой воды составляло 64,9 г / кг массы тела / сут, а экскреция с мочой - 32,4 г / кг массы тела / сут. При потреблении воды шиншиллой 20-30 мл / кг массы тела/ день ZIMMERMANN (1961) приводит количество мочи 9-12 мл / кг массы тела/ день. С другой стороны, если в течение 24 часов питьевой воды не было, GUTMAN и BEYTH (1970) определили объем мочи в 10,5 ± 1,7 мл / животное / 24 ч для восьми шиншилл (средняя масса тела 435 г). WENGER (1997) обнаружил, что потребление воды составляет 9,63 мл /

100 г массы тела / день при кормлении исключительно сеном и 7,86 мл / 100 г массы тела / день при кормлении ГПК. На каждый добавленный грамм сухого вещества это дает 2,92 мл воды для сена и 1,62 мл воды для ГПК. В более новом исследовании SCHRÖDER (2000) обнаружил, что при потреблении ГПК потребление воды составляло 31,3 мл / животное / день (при добавлении сухого вещества еще 1,2 мл/г) или 37,1 мл / день при кормлении сеном / животное / день (при добавлении сухого вещества еще 3,2 мл / г).

Эти результаты высоки по сравнению с результатами McMANUS (1972). Биологи определили среднее потребление воды 5,96 ± 3,02 мл / 100 г массы тела / день при лабораторном питании (без точного описания), при этом относительно высокое стандартное отклонение указывает на огромные индивидуальные различия. Из экспериментов с различными концентрациями NaCl в питьевой воде он пришел к выводу, что шиншилла может сама относительно эффективно поддерживать массу тела даже при употреблении концентрированных солевых растворов (до 0,6 моль). McMANUS пришел к выводу, что шиншилла (C. lanigera) почти так же эффективно действует в использовании солевого раствора, как и питьевой воды, по типу и физиологии почек она схожа с некоторыми пустынными грызунами, такими как пустынные суслики (C. leucurus и C. tereticaudatus) и песчанки (M. unguiculatus). Приблизительно двумя годами ранее GUTMAN и BEYTH (1970) описали расхождение между относительно низкой способностью к выделению концентрированной мочи у шиншилл, о чем свидетельствуют их собственные эксперименты с лишением животных питьевой воды, и данными анатомической структуры почек. В частности, объемистый длинный сосочек в почках шиншиллы сравним с таковым у грызунов, у которых была выявлена очень высокая способность к выделению концентрированной мочи (например, кенгуровая крыса, Dipodomys). После 24 часов лишения воды авторы обнаружили значительно более низкую концентрацию мочи у шиншилл по сравнению с белыми крысами и установили, что шиншиллы имеют сравнительно более низкую чувствительность к АДГ (антидиуретическому гормону) и минералокортикоидам (GUTMAN and BEYTH 1970).

5. Общие физиологические основы пищеварения

5.1. Структура и функции пищеварительной системы

Шиншиллы - это травоядные животные с однокамерным желудком и длинным кишечником. В частности, очень выражены слепая кишка и толстая кишка (AITKEN 1963, BERGHOFF 1989, KRAFT 1994, HILLYER et al., 1997), причем объем слепой кишки (содержащий только около 23% общего количества

сухого вещества толстого кишечника) относительно невелик по сравнению с толстой кишкой (HOLTENIUS и BJÖRNHAG 1985). Для сравнения, у морской свинки слепая кишка содержит около 44% общей массы сухого вещества толстого кишечника, а у кролика даже 57% (HOLTENIUS and BJÖRNHAG 1985). Кишечник шиншиллы может достигать общей длины 3,5 метра (HILLYER et al., 1997). Проксимальный отдел толстого кишечника соединен со «скурченным» тонким отделом кишечника отогнутым отростком (JENKINS 1992). Две продольные складки с бороздой, проходящей посередине, создают форму проксимального отдела толстого кишечника (GORGAS 1967).

На следующем рисунке показан пример посмертного изъятого разложенного желудочно-кишечного тракта шиншиллы. В нижней части рисунка вы можете увидеть желудок, за которым следует тонкая кишка и толстая кишка (слепая кишка сфотографированного образца слегка наполнена газом, примерно в середине рисунка).

Рисунок 1: Желудочно-кишечный тракт шиншиллы (взят при вскрытии, примерно через три часа после приема пищи, собственная фотография)

Среда с умеренной кислотностью и преимущественно грамположительной кишечной флорой, состоящая в основном из молочнокислых бактерий (Lactobacillus, Bifidobacterium) (WORTHINGTON и FULGHUM 1988,

SCHWEIGART 1995), характеризует кишечную флору шиншилл, как сравнимую с таковой у кроликов и морских свинок. Растительный волокнистый материал в основном разлагается в конечных отделах кишечника (слепая кишка и толстая кишка) в результате бактериальной ферментации (UNSHELM и ZRENNER 1960, HOLTENIUS and BJÖRNHAG 1985, MERRY 1990). Время прохождения пищи через желудочно-кишечный тракт, согласно JOHNSON-DELANEY (2006) и HARKNESS et al. (2010) около 12-15 часов.

5.2. Цекотрофия, копрофагия

Шиншиллы производят два вида фекалий с различным содержанием белка: мягкие фекалии (цекотрофы), которые повторно поедаются и перевариваются, и твердые фекалии, которые выделяются без повторного прохождения желудочно-кишечного тракта (BJÖRNHAG и SJÖBLOM 1977, BJÖRNHAG 1981, HOLTENIUS и BJÖR , JENKINS 1992). Оба типа макроскопически неразличимы (BJÖRNHAG 1981), но преимущественно дневные периодически выделяемые цекотрофы содержат гораздо больше азота, чем выделяемые в основном ночью (17: 00–4: 00 часов) болюсы фекалий (HOLTENIUS и BJÖRNHAG 1985).

BJÖRNHAG и SNIPES (1999) установили, что у мелких травоядных животных время, необходимое для размножения микроорганизмов (время генерации) в желудочно-кишечном тракте, намного больше, чем среднее время удерживания потребляемого корма. Однако у шиншилл и морских свинок нет механизма разделения жидкости и частиц, как в случае с кроликами (SAKAGUCHI et al., 1986, 1987). HOLTENIUS и BJÖRNHAG (1985) пишут, что шиншиллы скорее применяют механизм разделения, аналогичный тому, что имеется и у морских свинок. В толстом кишечнике этих двух видов имеется механизм ретроградного транспортирования пищи (HOLTENIUS и BJÖRNHAG 1985). Здесь слизистая канавка в проксимальном отделе толстого кишечника имеет особое значение. С помощью антиперистальтических сокращений часть принятой пищи сохраняется в слепой кишке и проксимальной части толстого кишечника, а бактерии переносятся обратно в слепую кишку. Микроорганизмы в кишечнике благодаря этому механизму разделения могут удерживаться в слепой кишке в течение более длительного времени и, таким образом, обеспечивают более эффективное использование питательных веществ (HAGEN и ROBINSON 1953, BJÖRNHAG 1981, SAKAGUCHI et al., 1985).

Шиншиллы практикуют копрофагию (SPOTORNO et al., 2004). Другие авторы (HOLTENIUS и BJÖRNHAG 1985, SCHWEIGART 1995, GABRISCH и ZWART 2008) говорят о поглощении «цекотрофов». BJÖRNHAG и SNIPES (1999) обнаружили, однако, что «цекотрофы» состоят не из химуса слепой кишки, а из содержимого слизистой канавки на обратном пути в слепую кишку. Цекофагия служит для лучшего использования белков и макроэлементов, таких как кальций, фосфор и магний (более высокая абсорбция при более длительном времени пребывания), а также для обеспечения витаминами, которые образуются собственной кишечной флорой (KAMPHUES 1983, 1999a). Цекотрофы берутся непосредственно из ануса и разжевываются перед глотанием. Микробный протеин высокой биологической ценности и витамины группы B, продуцируемые бактериями, становятся таким образом доступны животному (BJÖRNHAG and SNIPES 1999).

5.3. Текстура и консистенция фекалий

Свою типичную форму («зернышко риса») гранулы фекалий получают только в нисходящей ободочной кишке (GABRISCH и ZWART 2008). Размер составляет в среднем 8,6 x 3,9 мм и варьируется в зависимости от размера животного (JIMÉNEZ 1990). Их поверхность гладкая (GABRISCH и ZWART 2008).

У шиншилл очень сухие экскременты (WEIR 1967). JIMÉNEZ (1990) также описал, что даже только что произведенные фекалии кажутся «сухими». Содержание сухого вещества в фекалиях шиншилл может быть очень высоким. KRAFT (1994) определил содержание сухого вещества 90,0% при массе экскрементов 3,0-5,0 г / кг массы тела/ день. SCHWABE (1995) сообщает о содержании сухого вещества в фекалиях в 80-84% с общей массой 10,0-17,3 г СВ/ кг массы тела / день.

6. Усвояемость питательных веществ

SCHWABE (1995) пишет, что сухое вещество имеет кажущуюся усвояемость 65,7%, при предложении шиншилле гранулированного комбикорма.

При предложении гранулированного полнорационного корма WENGER (1997) определил кажущуюся усвояемость органического вещества (sV_{oS}) в 60,0% по сравнению с 35,6% для сена. Существовала четкая связь между содержанием сырого волокна в съеденном корме и усвояемостью органических

веществ. В зависимости от содержания сырой клетчатки в рационе WENGER (1997) установил следующее уравнение регрессии для кажущейся усвояемости органического вещества у шиншилл:

sV_{oS} % = 90,8 – 1,56 x x = содержание клетчатки в рационе (в % сухого вещества)

SCHRÖDER (2000) определил кажущуюся усвояемость органического вещества 62,7% для шиншиллы при потреблении ГПК (160,2 г сырой клетчатки / кг сухого вещества в фактическом потреблении). При 56,5% рассчитанная усвояемость органических веществ из сена (205,6 г сырой клетчатки / кг сухого вещества) была значительно ниже.

SCHWABE (1995) обнаружил кажущуюся усвояемость сырого белка у шиншилл 72%. По усвояемости жира для шиншилл нет доступных данных в литературе.

SCHWABE (1995) установил кажущуюся усвояемость 33% для сырой клетчатки в рационе. WENGER (1997) определил кажущуюся усвояемость сырой клетчатки в 29,8% при предложении ГПК, тогда как для сена она составляла 25,4%.

Усвояемость макроэлементов, в частности кальция, будет более подробно рассмотрена ниже.

В целом кальций очень хорошо поглощается в виде карбоната кальция. Однако, оксалат кальция в качестве источника кальция могут использовать только несколько видов, например обыкновенный хомяк и пышнохвостый лесной хомяк (SHIRLEY und SCHMIDT-NIELSEN 1967). Некоторые исследования показывают, что крысы и кролики не могут использовать Ca-оксалат в качестве источника Ca (например, FAIRBANKS и MITCHELL 1938, CHEEKE и AMBERG 1973).

В целом, в литературе имеются очень большие различия и частичные противоречия в отношении усвояемости кальция. KENNEDY в 1965 году определил для кролика при потреблении Ca 533,8 мг / кг массы тела / день усвояемость 89,6%, при суточной дозе 850,4 мг / кг массы тела по крайней мере 63,0%. Эти результаты показали, что в работе KENNEDY (1965) снижается усвояемость кальция с увеличением его потребления. KAMPHUES et al. (1986) обнаружили кажущуюся усвояемость кальция 49% у взрослых кроликов при

содержании Ca 8,56 г / кг сухого вещества корма (потребление 196 мг Ca / кг массы тела в сутки) по сравнению с 71% при потреблении 40,3 г. Ca / кг сухого вещества корма (1092 мг Ca / кг массы тела / сутки). С возрастанием содержания Ca в рационе результаты усвояемости кальция у кроликов в работах SCHRÖDER (1985) а также KAMPHUES et al. (1986) увеличиваются. Кроме того, у лошадей, также переваривающих пищу в толстом кишечнике, наблюдается увеличение усвояемости Ca при принудительном его потреблении (TELEB 1984), за исключением того, что в этом случае из-за частичного выведения избытка кальция в толстой кишке, кажущаяся усвояемость не изменяется в той же степени, что и у кроликов.

HANSARD и CROWDER (1957) обнаружили связь между возрастом крысы и кажущейся усвояемостью Ca, рассчитанной как: 100 - (выделение Ca с фекалиями / потребление Ca * 100). В то время как молодняк имел усвояемость 40-93%, взрослые животные демонстрировали значения лишь от -2 до 28%.

Дополнительная добавка витамина D у кроликов положительно влияла на усвояемость кальция только при очень низком содержании Ca в рационе (KAMPHUES et al., 1986). KAMPHUES et al. также подтвердили, что увеличение потребления Ca кроликами приводит к значительному увеличению усвояемости Mg и заметному снижению кажущейся усвояемости фосфора. Причиной пониженной усвояемости фосфора считается образование тяжело растворимых соединений Ca-P в кишечном канале, поскольку, согласно исследованиям CHEEKE и AMBERG (1973), при замене $CaCO_3$ на Ca-оксалат, такое снижение усвояемости P не происходит. Кроме того, MATEOS и de BLAS (1998) обнаружили, что при гиперкальциемии, помимо уменьшения резорбции фосфора, резорбция цинка также уменьшается.

7. Потребности в энергии и питании

7.1. Потребности в энергии

WENGER (1997) установил, что для поддержания постоянной массы тела требуется потребление энергии 0,496 МДж DE / кг массы тела / сут. Согласно WOLF и KAMPHUES (1999a), полнорационный корм для взрослых шиншилл при условии поддержания обмена веществ должен содержать 10-12 МДж DE / кг.

7.2. Потребности в питании

7.2.1. Протеин

WENZEL (1990) считает, что содержание сырого белка в корме должно составлять 15%. SCHWEIGART (1995) рекомендует 13% сырого белка в рационе. WOLF и KAMPHUES (1999a) приводят в качестве ориентировочных значений в полнорационном корме для взрослых шиншилл 14-16% в первоначальном веществе.

7.2.2. Жир

WOLF и KAMPHUES (1999a) рекомендуют 2-4% сырого жира на кг корма (исходное вещество) для взрослых шиншилл. WENZEL (1990) и SCHWEIGART (1995) считают, что 4% жира в рационе хорошо усваиваются шиншиллами.

7.2.3. Сырая клетчатка

В этом вопросе мнения приблизительно согласуются. KRAFT (1994) рекомендует 16-18%, WOLF и KAMPHUES (1999a) - 14-16% сырой клетчатки в исходном веществе (полноценный рацион для взрослых животных с содержанием сухого вещества около 90%). SCHWEIGART (1995) использовал самодельную смесь с 14,4% сырой клетчатки для своих животных в долгосрочной перспективе.

7.2.4. Минеральные вещества

Требования к макроэлементам

Для морской свинки, родственной шиншиллам, согласно NRC (1995) значения для поддержания метаболизма составляют 8 г кальция, 4 г фосфора, 1-3 г магния и 5 г калия на кг рациона. SCHWEIGART (1995) утверждает, что в одном килограмме рациона шиншилла должно содержаться 6 г кальция и 5 г фосфора. Для хлоридов ADOLPH (1994) рекомендует 2,5 г для морской свинки, 0,5 г натрия и 1,4-1,7 г калия на кг сухого вещества. WOLF и KAMPHUES (1999a), в качестве ориентировочных значений для полнорационного корма взрослых шиншилл определили 6-8 г кальция, 4-7 г фосфора и 0,5-1,0 г натрия на кг рациона.

Требования к микроэлементам

Для морских свинок рекомендуются следующие количества микроэлементов на килограмм рациона: 6 мг меди, 50 мг железа, 40 мг марганца, 20 мг цинка, 150 мкг йода, 150 мкг молибдена и 150 мкг селена (NRC 1995). WOLF и KAMPHUES (1999a) приводят ориентировочные значения для полнорационного корма взрослых шиншилл: 5-6 мг меди, 30-60 мг цинка и 100-300 мкг селена на килограмм.

8. Метаболизм кальция и фосфора

Кальций участвует во многих физиологических процессах организма, таких как свертывание крови, активность ферментов, нервная возбудимость, сокращение мышц и проницаемость мембран (BAMBERG 1987).

99% кальция, содержащегося в теле животного, хранится в костях и зубах (WIESNER 1970), оставшийся кальций находится в крови частично в ионизированной, частично в связанной форме (MÄNNER and BRONSCH 1987).

Около 30-35% потребленного с пищей кальция всасывается в кишечнике (в основном, в тонкой кишке). Тем не менее, чистое потребление составляет всего 20-25%, так как кальций одновременно с этим также выделяется в кишечнике (FROMM и GÄBEL 2005). При активной транспортировке кальций резорбируется только в тонкой кишке и проксимальной части тощей кишки. Кислая среда двенадцатиперстной кишки способствует растворению потребленных с пищей солей кальция в просвете кишечника и резорбции кальция. Однако, кальций в дистальной части тощей кишки и подвздошной кишки даже парацеллюлярно секретируется в просвет кишечника. Эффективность всасывания активного Ca зависит от потребления Ca и P с пищей и потребности в Ca (WOLFFRAM и SCHARRER 2010). Скорость усвоения кальция в кишечнике может варьироваться от 20 до 90%, в зависимости от вида или возраста. Поскольку около 40% кальция в плазме крови связано с белками, лишь около 60% кальция фильтруется клубочками (FROMM и GÄBEL 2010).

Экскреция обычно составляет 80-90% в кишечном тракте большинства домашних млекопитающих (KETZ 1989) и 10-20% через почки (FROMM и GÄBEL 2005), но известны значительные различия между животными.

Для поддержания стабильного уровня кальция в крови различные гормоны организма реагируют на падение или повышение его уровня. Паратгормон,

вырабатываемый паращитовидной железой, вызывает повышение уровня кальция в крови за счет мобилизации резервов из скелетной системы. Кальцитриол, метаболит витамина D, увеличивает задержку кальция в организме. Кальцитонин, который вырабатывается в С-клетках щитовидной железы, снижает уровень кальция в крови при гиперкальциемии (ERBEN 2010). У кроликов регуляция гомеостаза уровня кальция в крови с помощью кальцитонина и паратиреоидного гормона в литературе описывается противоречиво. LANG (1981a) установил, что такая регуляция существует только у кроликов, тогда как WARREN et al. (1989) выяснил, что быстро происходящая секреция гормона паращитовидной железы и кальцитонина призвана регулировать концентрацию ионизированного кальция в сыворотке крови. Кроме того, LAJEUNESSE et al. (1994) продемонстрировали чувствительность системы транспорта ионов Ca в дистальных сегментах почечной коры кролика к паратиреоидному гормону, при этом паратиреоидный гормон не влияет на транспортировку ионов Ca через люминальную мембрану проксимального канальца.

Кроме того, некоторые авторы на примере кроликов смогли продемонстрировать прямую зависимость уровня кальция в крови от его потребления с пищей (CHAPIN and SMITH 1967, CHEEKE 1976). В отличие от других видов, кролики не всасывают кальций из тонкой кишки (MEN и BRONSCH 1987), но делают это пассивно, пропорционально содержанию в корме (CHEEKE 1987). EWRINGMANN и GÖBEL (1998) сообщают о среднем значении кальция в крови 3,4 ммоль / л для домашних кроликов.

Референсные уровни кальция для шиншиллы составляют 1,4-3,01 ммоль / л (что соответствует 5,6-12,1 мг / дл, SPANNL и KRAFT 1988, цитируется по GABRISCH и ZWART 2008) и 1,87- 2,96 ммоль / л (WUCK 2010). Для взрослых самцов шиншилл DE OLIVEIRA SILVA et al. (2005) обнаружили содержание кальция в сыворотке крови 8,1 ± 1,1 мг / дл (пункция сердца под наркозом) при содержании Ca в рационе 1,5%.

Если имеется дефицит кальция, гипокальциемия может привести к явной остеодистрофии, особенно в области черепа. Тонкие и неустойчивые, деминерализованные кости могут привести к тому, что зубы больше не будут крепко удерживаться в альвеолах, таким образом они станут расшатанными и подвижными (HARCOURT-BROWN 1996, 1997, ARNOLD and GAENGLER 2007). Подобная симптоматика может также иметь место в случае явного дефицита фосфора (CROSSLEY 2001, JAROSZ et al., 2004).

Около 75-80% фосфора в организме хранится в костях и зубах и является важным структурным компонентом в дополнение к кальцию (WIESNER 1970, SONE et al., 2005, SULIK et al., 2007). Фосфор важен в организме, особенно в энергетическом балансе в качестве строительного блока аденозинтрифосфата и присутствует в крови в виде органического или неорганического соединения (CHEEKE 1987, MEN и BRONSCH 1987). EWRINGMANN и GÖBEL (1998) обнаружили, что у кроликов, содержащихся как домашних питомцев, средняя концентрация неорганического фосфора в крови 1,44 ммоль на литр. Для шиншиллы в литературе указан референсный диапазон 1,29-2,58 ммоль / л (соответствует 4-8 мг / дл) (SPANNL и KRAFT 1988, цитируется по GABRISCH и ZWART 2008). В более актуальном исследовании WUCK (2010) определила немного более широкий референсный диапазон 0,59-3,71 ммоль / л. Резорбция неорганического фосфата при активной транспортировке происходит в тонком кишечнике, особенно в тощей кишке. В результате совместного транспорта с натрием фосфат всасывается через мембрану щеточной каймы в эпителий ворсинок (WOLFFRAM and SCHARRER 2010).

Взаимосвязь между кальцием и фосфором особенно важна в отношении скелетного развития молодняка и костного метаболизма у взрослых животных (GLÖCKNER 2002). CHEEKE (1987) считает целесообразным поддерживать стабильное соотношение Ca-P у кроликов с помощью соответствующего режима кормления, в то время как LOWE (1998) также считает соотношение 1: 1 безвредным для здоровья (цитируется у GLÖCKNER 2002), поскольку оба элемента присутствуют в покрывающей спрос дозировке.

Например, при метаболизме Ca у кроликов есть некоторые особенности по сравнению с другими видами (такими как крупный рогатый скот или свиньи). Среди прочего, содержание Ca в плазме крови варьируется в зависимости от поглощения Ca с кормом (CHAPIN и SMITH 1967), а почечная экскреция кальция имеет важнейшее значение (CHEEKE и AMBERG 1973). В 1959 году HENNEMAN показал, что экскреция Ca с мочой, по-видимому, меняется в зависимости от концентрации Ca в сыворотке. В отличие от крупного рогатого скота, овец (ARC 1980) или собак (GERSHOFF et al 1958), в случае избыточного поступления кальция в рацион, приток Ca из пищеварительного тракта не уменьшается при необходимости. Еще в 1967 году CHAPIN и SMITH смогли установить, что содержание Ca в крови взрослых кроликов увеличивается в зависимости от его потребления (в случае чрезмерного потребления Ca содержание его в плазме может достигать значений до 20 мг / дл). KAMPHUES et al. смогли подтвердить эти исследования в 1986 году для взрослых кроликов:

увеличение поступления Ca приводит к значительному увеличению содержания Ca в плазме крови. При содержании Ca 8,56 г / кг сухого вещества в корме было измерено содержание Ca 15,7 мг / дл в плазме кроми, тогда как при содержании 40,3 г кальция на кг сухого вещества корма значения составляли около 18 мг кальция на дл плазмы. KAMPHUES подозревает, что на регуляцию уровня Ca в крови кроликов оказывает решающее влияние почечная экскреция и что уровень его в крови увеличивается с уменьшением скорости выделения (KAMPHUES et al., 1986). У молодняка эта зависимость не была выявлена ни TAHER (1979), ни KAMPHUES et al. (1986). Возможной причиной такой различной реакции молодых и возрастных животных является, по-видимому, зависящий от возраста различный гипокальциемический эффект кальцитонина, который COPP и KUCZERPA (1966) смогли обнаружить у крыс. У кролика удалось обнаружить регуляцию метаболизма Ca с помощью кальцитонина LEE et al. (1969).

Концентрации фосфора и магния в плазме крови не показывают четкой связи с потреблением Ca. Согласно CHEEKE и AMBERG (1973), в основном, фосфор выделяется как у кроликов, так и у крыс с фекалиями. Остается неизвестным, в какой степени эти особенности кроликов и крыс подтверждаются для шиншилл. Морская свинка (более родственная шиншилле) по метаболизму Ca больше похожа на кролика, чем на крысу. Таким образом, все еще неясно, с какими видами шиншилла сопоставима по метаболизму Ca.

9. Значение витамина D

Витамин D может поступать в организм в виде витамина D3 (холекальциферол) животного происхождения или в виде витамина D2 (эргокальциферол) из растительных источников с пищей (всасывание в тонкой кишке) или образовываться в эпидермисе под действием ультрафиолетового излучения из 7-дегидрохолестерола. В печени и почках в результате двух гидроксилирований активируется гормон витамина D 1,25(OH)2-D3 (кальцитриол). Наиболее важным биологическим действием его является стимуляция всасывания кальция и фосфора в кишечнике (ERBEN 2010). Кальцитриол способствует созданию кальциевых каналов в мембране щеточной каймы и кальциевых ионных насосов в базолатеральной мембране кишечных эпителиальных клеток. Поглощение фосфатов увеличивается за счет увеличения совместного транспорта Na-P в мембрану щеточной каймы (SCHARRER and WOLFFRAM 2010). Также он способствует всасыванию кальция в почечных канальцах (ERBEN 2010).

Для шиншилл имеется мало литературы, касающейся потребности в витаминах. WENZEL (1990) просто постулировал, что витамин D должен в больших количествах предлагаться молодым животным. Для морских свинок, крыс и мышей рекомендация NRC составляет 0,025 мг / кг рациона (NRC 1995). GABRISCH и ZWART (2008) принимают в качестве ориентировочного значения для полнорационного питания шиншиллы <1000 I.E. D3 на кг (эквивалентно <0,025 мг / кг; 1 ед. Вит. D3 соответствует 0,025 [г вит. D3]).

Еще в 1965 году KENNEDY утверждал, что более высокое потребление витамина D у кроликов приводит к более высокой экскреции Ca и значительно влияет на содержание Ca в сыворотке крови. Из исследований KAMPHUES и соавт. (1986) на кроликах, однако, следует, что только при низком содержании Ca, равном 4,5 г / кг, добавление в рацион витамина D приводит к несколько более высокой усвояемости Ca. При более высоком содержании Ca добавление витамина D не влияло на усвояемость Ca (Schroeder 1985). SCHRÖDER (1985) также показал, что добавление витамина D не влияет на величину почечной экскреции. BROMMAGE и соавт. (1988) подтвердили, что абсорбция Ca в кишечнике не зависит от витамина D, когда в рационе содержится достаточное количество кальция. В этом контексте KAMPHUES (1999) в связи с личным сообщением J. HARMEYER обсуждал, будет ли у видов, в естественной среде живущих в подземных пещерах в течение дня и, по существу, активных только ночью, иметь место "нормальная потребность в витамине D" вообще. Необходимое ультрафиолетовое излучение для преобразования поглощенного с растительным кормом витамина D2 (эргокальциферол) в этих условиях в любом случае отсутствует.

10. Экскреция кальция

В то время как у большинства видов животных экскреция через желчевыводящие пути является основным способом выведения кальция, кролик выделяет кальций преимущественно с мочой (KENNEDY 1965, CHEEKE и AMBERG 1973). Выделение Ca с мочой происходит, например, у свиней (HANSARD et al., 1961), крыс (BENSON et al., 1969) и у жвачных животных (MITCHELL, 1964) в очень ограниченной степени.

TELEB (1984) смог продемонстрировать, что экскреция Ca через почки у лошадей значительно увеличивается при избыточным поступлении Ca с кормом. KENNEDY (1965) показал корреляцию для кроликов между потреблением Ca и выделением его с мочой. При среднем ежедневном приеме 600 мг / день в среднем с мочой выделялось 52,2 мг кальция в течение дня, а при среднем

ежедневном потреблении 1640 мг кальция через почки выводилось 101,0 мг. KENNEDY обосновал высокую экскрецию Ca с мочой высокой долей фильтруемого кальция в плазме крови и низкой скоростью реабсорбции в канальцах. Дикие и одомашненные родственные кроликам лагоморфы, такие как американская пищуха (Ochotona princeps) и заяц-беляк (Lepus timidus), выделяют избыток кальция с мочой (REDROBE 2002). Перевариваемый кальций, согласно KAMPHUES et al. (1986), у кроликов преимущественно также выводится почками. Почечная экскреция кальция у взрослого кролика составляет около 75% от кажущегося усвоения, независимо от содержания Ca в корме. Однако выведение Ca через кишечный канал не играет существенной роли у этого вида. Согласно KAMPHUES (1983, неопубликованное), твердые фекалии кроликов имеют содержание Ca 25 г / кг сухого вещества, тогда как в мягких фекалиях (цекотрофах) было измерено значение 18 г / кг сухого вещества. CHEEKE и AMBERG (1973) выяснили, что крысы выделяли с мочой только два процента поступившего кальция, в то время как кролики, находившиеся на той же экспериментальной диете (10% CaCO3 в рационе, что соответствует 36 г Ca / кг рациона), выделяли с мочой около 60% потребленного кальция. Другие параллели можно увидеть у хомяков и морских свинок. У хомяков, согласно BIDDULPH et al. (1970), почечная экскреция Ca имеет особое значение для гомеостаза метаболизма Ca. Морская свинка (O'DELL et al. 1957) также выводит значительные массы кальция (до 75% потребленного кальция) с мочой. При содержании Ca 8,56 г / кг сухого вещества в рационе (суточное потребление Ca составляет 196 мг / кг массы тела), выводится 2,72 г Ca / л мочи, тогда как при предложении 40,3 г кальция на кг сухого вещества рациона (потребление 1092 мг / кг массы тела / сут), концентрация Ca в моче может измеряться значениями 13,1 г / л (KAMPHUES et al., 1986). Эти результаты подтверждают обнаружение KENNEDY (1965) корреляции между потреблением Ca с пищей и экскрецией Ca с мочой.

У крыс HANSARD и CROWDER в 1957 году обнаружили выделение Ca с фекалиями, зависящее от возраста. У взрослых животных в возрасте 106 недель была определена экскреция с фекалиями радиоактивного кальция (кальций-45) в количестве 82%, принятого перорально. Что касается общего количества потребленного кальция, 102% выводится из организма с калом. В возрасте четырех недель выводилось только около 3% поглощенного радиоактивного кальция или же 7% от общего потребленного кальция.

11. Клиническая значимость уролитов у шиншилл

KIENZLE (1991) обобщил условия формирования камней мочевой системы в своей обзорной работе. По сути, есть три теории, которые могут служить объяснением образования мочевых камней:

1) Согласно теории кристаллизации, перенасыщение мочи потенциальными образующими конкремент базисными веществами, и, в частности, pH мочи оказывает решающее влияние на растворимость.
2) Согласно матричной теории, органический матрикс (клеточный детрит, слизь, бактериальные массы) по мере накопления образуют конкремент.
3) Теория дефицита ингибиторов говорит о том, что в нормальном состоянии в моче присутствуют определенные ингибиторы, которые предотвращают накопление конкрементных веществ. Согласно данной теории, при отсутствии таких ингибиторов в моче, это должно привести к образованию камней.

Обобщая, KIENZLE (1991) утверждает, что ни одна из этих трех теорий сама по себе не объясняет разную частоту образования мочевых камней у разных видов и особей, и, помимо диеты, дополнительные влияния содержания (двигательная активность, частота мочеиспускания) влияют на процесс образования мочевых камней. WHARY и PEPER (1994) также поддержали гипотезу о том, что физиологически высокий уровень pH мочи увеличивает риск преобразования кальция мочи в кристаллические накопления (осадок) или возникновения мочекаменной болезни (мочевые камни). Считается, что агрегация кристаллов является основным механизмом образования мочевых камней у кроликов (REDROBE 2002).

Из ветеринарной практики известно, что при увеличении потребления Ca у кроликов может наблюдаться повышение отложения кальцийсодержащих конкрементов или мочевых камней в мочевом пузыре. По данным HICKING (1981), 75% составляют камни из карбоната кальция (кальцита). Чрезмерное потребление Ca представляет риск для здоровья; высокие концентрации нерастворенных минералов при видоспецифическом щелочном pH мочи могут быть предрасположенностью к образованию и отложению камней в путях накопления и выделения мочи (HICKING et al., 1981). KAMPHUES и FEHR (FEHR 1989, KAMPHUES 1999) проанализировали химический состав мочевых конкрементов у кроликов и морских свинок. Все исследованные конкременты

показали очень высокую зольность (57-91%) с низким содержанием азота. Содержание Са варьировалось от 235 до 364 г / кг сухого вещества. Содержание магния достигало гораздо более низких значений (от 7 до 143 г / кг сухого вещества). Содержание фосфора продемонстрировало значительную вариацию 9-116 г / кг сухого вещества. Уровни натрия и калия изменялись на гораздо более низком уровне (натрий: 2,5-10 г / кг СВ, калий: 2,9-36 г / кг СВ). По данным кристаллографических исследований, у кроликов преобладали кальцитовые камни. Кроме того, были описаны камни из $CaCO_3$-моногидрата, а также камни из оксалата Са, которые, однако, показали значительное содержание магния и фосфора согласно химическому анализу. По данным FEHR и RAPPOLD (1997), у морских свинок преобладают Са-камни (CaCO3 в 18 из 20 исследованных камней), причем обнаруживаются фосфаты Са (у 12 из 20) и оксалаты Са (у трех из 20).

Согласно KAMPHUES и соавт. (1986), особая склонность кроликов к отложению содержащих кальций конкрементов в основном вытекает из следующего фактора: когда потребление кальция увеличивается, усвояемость кальция увеличивается. Устранение избытка кальция в основном осуществляется через почки. По мере того, как концентрация минералов в моче у кроликов и щелочной уровень pH увеличиваются, растет риск осаждения конкрементов и образования камней. По данным KAMPHUES и соавт., усвояемость магния, возрастающая с увеличением потребления Са. (1986) играет еще одну роль, поскольку избыток поглощенного магния также выводится почти исключительно с мочой.

У маленьких грызунов, таких как крысы, мыши и хомяки, склонность к образованию мочевых камней, по-видимому, очень низкая (RAPPOLD 2001). Автор собрала индивидуальные отчеты о таких случаях из литературы: KUHLMANN и LONGNECKER (1984) обнаружили струвитные мочевые камни с содержанием апатита у пяти из 1080 обследованных крыс. HUERKAMP и DILLEHAY (1991) описали случай струвитного камня мочевого пузыря у шестимесячной мыши, а SCHMIDTKE и SCHMIDTKE (1976) сообщили об уролите у золотистого хомяка, который содержал магний, кальций, фосфат и небольшую часть аммония.

Что касается шиншиллы, в литературе имеется лишь несколько указаний на возникновение уролитов. HICKING (1981) сообщил о формировании Са-содержащих мочевых камней (апатита, кальцита) у шиншилл, а в недавних

примерах для отдельных животных (JONES et al 1995, SPENCE и SKAE 1995) кальциевые камни ($CaCO_3$) находятся на переднем плане.

В медицине человека в недавних исследованиях обнаружили Oxalobacter formigenes. Эта бактерия живет в кишечнике человека и способна разрушать оксалаты. Отсутствие этой бактерии в кишечнике может быть связано с появлением оксалатных конкрементов в почках у людей (SIDHU et al., 2001). На примере крыс SIDHU et al. показали, что пробиотическое замещение O. formigenes значительно снижает содержание оксалатов в моче. Хотя мочевые камни, встречающиеся у кроликов, в основном состоят из других солей Ca, существуют интересные предположения относительно того, может ли быть схожая связь между образованием мочевого камня и бактериальной микрофлорой желудочно-кишечного тракта у кроликов (REDROBE 2002), или о том, возможно ли доказать такие взаимосвязи у других видов животных.

12.Челюсти шиншилл

12.1 Строение челюсти

В отличие от зайцеобразных грызуны являются монофиодонтами. Все зубы уникальны и используются непрерывно как постоянные зубы (WIGGS и LOBPRISE 1990). Челюсть шиншилл имеет анизогнатию, характерную для грызунов. Нижняя челюсть шире верхней челюсти (RENSBERGER 1973, OSOFSKY and VERSTRAETE 2006). Зубной ряд имеет формулу I 1/1, C 0/0, P 1/1 и M 3/3 (CAPELLO 2004, QUESENBERRY et al., 2004, EICKHOFF 2005, REITER 2008, JENKL et al., 2011) и, таким образом, включает 20 зубов. Как резцы, так и премоляры и моляры демонстрируют непрерывный рост в течение всей жизни и перманентное прорезывание (LÖLIGER 1970, HARRIS 1987, JENKINS 1992, SCHWEIGART 1995, HOLLMANN 1997, EGEN и ERNST 1998, CROSSLEY 2003b).

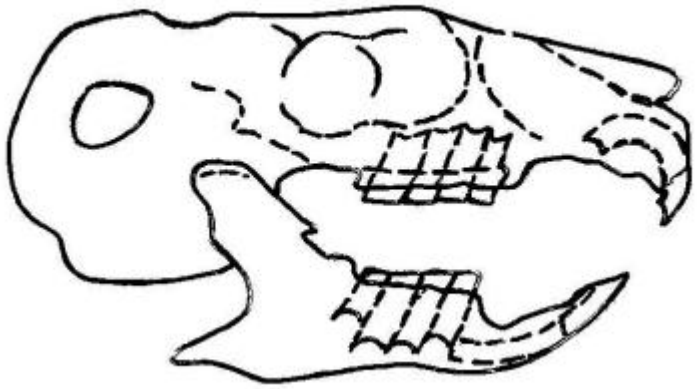


Рисунок 2: Череп и зубной ряд шиншиллы (модифицировано в соответствии с LEWIS и REITER 2011)

12.2. Строение зуба

Структура зубов млекопитающих обыкновенно делится на коронку зуба (corona dentis), шейку зуба (cervix dentis) и корень зуба (radix dentis). Зубная коронка выступает за десну как свободная дистальная часть зуба, а шейка зуба кольцеобразно окружена ею. Корень зуба - это проксимальная часть зуба в костных альвеолах верхней или нижней челюсти. Полость пульпы включает пульпу зуба, которая сужается к корневому каналу направлении к верхушке зуба и заканчивается в корневом зазоре. Через это отверстие кровеносные сосуды и нервы входят или выходят из пульпы зуба (LIEBICH 1998).

Минерализованные части стенок эмали, дентин и цемент окружают полость пульпы. Эмаль покрывает коронку зубов в качестве самого верхнего наружного слоя. Эмаль является самой твердой тканью в организме, не содержит клеток и состоит из шестиугольных или полигональных эмалевых призм (диаметр 5-9 мкм). Они содержат кристаллы гидроксилапатита (90%) и остатки органического матрикса, расположены группами по дуге или спирали. Эмалевые призмы связаны органическим веществом (LIEBICH 1998). У большинства грызунов эмаль более выражена на лабиальной поверхности зуба, чем на лингвальной (OSOFSKY and VERSTRAETE 2006). Некоторые авторы утверждают, что эмалью покрыта только лабиальная поверхность резцов (KORVENKONTIO 1934, WAHLERT 1968, BOYDE 1978). MACHOY и соавт. (2005, цитируются в MUSZCZYŃSKI et al., 2010) определили

минеральный состав эмали: органические компоненты составляют только 3,5%, в то время как Са-фосфат является основным компонентом с 89,0%.

Дентин окружает полость пульпы и лежит в области эмали коронки, в области корня находится цемент. Он тверже кости, мягче эмали и содержит около 70% неорганических веществ (кристаллы гидроксилапатита из кальция и фосфата) и органических компонентов (главным образом, коллагена и основного вещества) (LIEBICH 1998). Цемент напоминает по своему типу сплетенное из волокон костное вещество и откладывается в результате аппозиционного роста зуба снаружи в области корня. Он образуется из цементных клеток, коллагеновых волокон и минерализованного основного вещества (LIEBICH 1998). Коллагеновые волокна Шарпея заполняют пространство между костной альвеолярной стенкой и цементом, образуя надкостницу (periodontum). В верхней части альвеолы пучки коллагеновых волокон проходят горизонтально, пересекаются по спирали в середине, а по краю альвеолы проходят в основном вертикально. Они соединяются с зубом, служат для его закрепления в альвеоле и оказывают демпфирующее воздействие. Для постоянного обновления удерживающего аппарата фибробласты включаются в надкостницу. Как плюрипотентные клетки, они могут трансформироваться в цементобласты, цементоциты, остеобласты и остеокласты. Периодонтальная мембрана васкуляризирована и включает свободные нервные окончания в качестве рецепторов давления и боли (LIEBICH 1998). Альвеолярная кость плотно соединена с надкостницей волокнами Шарпея. Они перфорированы и позволяют проходить сосудам и нервам в пульпу зуба. Пульпа зуба имеет мезенхимально-студенистую структуру и включает кровеносные сосуды и пучки нервных волокон. Лимфатические сосуды отсутствуют. Сеть волокон коллагена (коллаген III типа) образует каркас, который включает фибробласты, клетки ретикулума и одонтобласты (LIEBICH 1998).

Зубы шиншилл демонстрируют некоторые характерные для грызунов особенности (показано на рисунке 3).

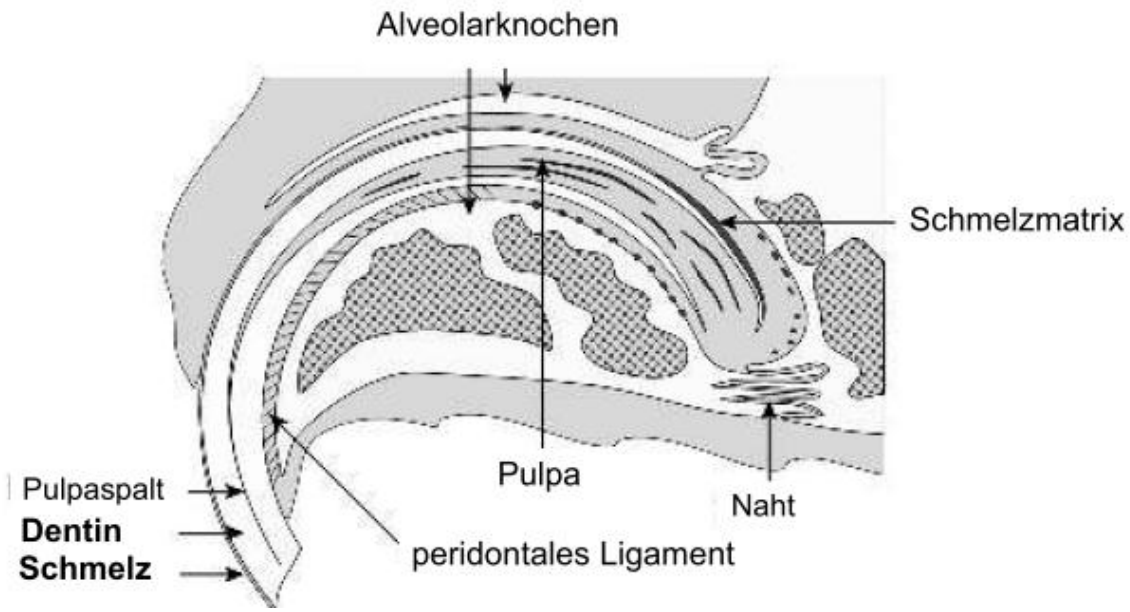


Рисунок 3: Поперечное сечение верхнего резца шиншиллы и окружающих структур (изменено в соответствии с CROSSLEY 2003).

Прим. переводчика к рисунку 3: Alveolarknochen – альвеолярная кость, Schmelzmatrix, - эмалевый матрикс, Pulpaspalt – полость пульпы, Denitin - дентин, Schmelz - эмаль, Pulpa - эмаль, Naht - шов, periodontales Ligament – периодонтальная связка.

Часть зуба в костях верхней и нижней челюсти можно рассматривать как резервную коронку, которая после входа в полость рта становится «клинической» коронкой. Анатомический корень отсутствует. По этой причине их зубы называются арадикулярными, гипсодонтными (CROSSLEY 2003b, EICKHOFF 2005). Вместо кончика корня на конце апекса находится открытая система пульпы. Пульпа связана с апикальной зародышевой тканью, которая обеспечивает выработку твердых тканей зуба (эмали, дентина и цемента). Зубы не проявляют обновления по отношению к системе пульпы (EICKHOFF 2005).

Резцы относительно длинные (элодонты) и более изогнуты в верхней челюсти, чем в нижней (BÖHMER 2001). С помощью трубчатого периодонта (так называемое промежуточное сплетение, как особенность десмодонта) зубы закрепляются в кости челюсти, посредством чего сетчатые переплетенные периодонтальные волокна фиксируются либо на альвеолярной кости, либо в цементе (EMMEL 1938, цит. В BÖHMER 2003, KEIL 1966). Такое соединение обеспечивает легкое открепление и повторное прикрепление для корональнo направленного роста (EICKHOFF 2005).

Резцы имеют слой эмали только с лабиальной стороны. Вместе с нижним слоем мягкого дентина они образуют самозатачивающуюся кромку в процессе грызения (KORVENKONTIO 1934). Эта долотообразная остроконечная режущая кромка, опускающаяся от неба к языку, позволяет разрезать еду (EICKHOFF 2005). В связи с высокой специализацией резцов грызунов, их микроструктура эмали проявляет наибольшую степень сложности среди млекопитающих (WAHLERT 1968, BOYDE 1978). Кавиоморфы имеют полностью развитую многоступенчатую структуру эмали, состоящую из внутреннего слоя с полосами Гунтера-Шрегера, остроконечного интерпризматического матрикса (не связанные с призмой кристаллы гидроксилапатита) и явно выраженного внешнего радиального слоя эмали (MARTIN 1993). Все четыре резца проявляют типичное желтое окрашивание зубов, характерное для грызунов (CROSSLEY 1995, BÖHMER 2003, LEGENDRE 2003, REITER 2008).

Щечные гипсодонтные зубы также имеют складчатую эмаль. На их почти горизонтально ориентированной окклюзионной поверхности (CROSSLEY 2003a, BRENNER et al., 2005, REITER 2008) эмаль, дентин и цемент находятся рядом. Из-за разной скорости износа твердых веществ зуба с различной устойчивостью, возникает гармоничный окклюзионный контакт рельефа, который превосходно подходит для измельчения пищи, богатой клетчаткой (EICKHOFF 2005).

12.3. Химический состав зубов

HANSARD и CROWDER (1957) проанализировали химический состав резцов у крыс разного возраста и обнаружили содержание Ca 114 ± 5 мг / г исходного вещества у животных в возрасте 1,5 недели, 197 ± 33 мг/ г исходного вещества у животных четырехнедельного возраста и у 12-недельных крыс значения 208 ± 18 мг / г исходного вещества. Инъекция радиоактивного кальция-45 дала возможность выявить кальцификацию резцов как у молодых, так и у взрослых в возрасте до 106 недель.

У сирийских хомяков BURNETT и ZENEWITZ (1957) проанализировали химический состав эмали и дентина с помощью КОН-этиленгликоля. Материал эмали состоял из 35-36% кальция, 17-18% фосфора и 0,14-0,15% магния. Определенное соотношение Ca-P составило 2,0-2,1: 1. Для дентина был получен следующий состав: 30-33% кальция, 16-17% фосфора и 1,46-

1,89% магния с соотношением Ca-P 1,91-1,94: 1. Следует отметить, что образцы, исследованные методом экстракции КОН-этиленгликоля содержали немного больше кальция и меньше фосфора, чем после озоления при 900 ° С.

SELVIG и HALSE (1975) также обнаружили, что пигментированная поверхностная эмаль резцов крыс содержит до 30% железа. Однако их результаты показывают, что железо присутствует не в виде отдельных частиц, а, вероятно, связано с наружной поверхностью кристаллов гидроксилапатита. Это связанное с кальцием железо авторы считают ответственным за специфическую для грызунов пигментацию эмали.

12.4. Рост и истирание зубов

Темпы роста резцов показывают значительные различия между верхней и нижней челюстью (WOLF 1996). Следующие значения могут быть определены для резцов с различным питанием (полнорационный гранулированный корм, смешанный корм, сено, морковь): зубы верхней челюсти имели средний рост от 1,3 до 1,7 мм в неделю, а зубы нижней челюсти от 1,1 до 2,2 мм в неделю (WOLF и др., 1995, KAMPHUES, 1999, WOLF и др., 2003). JENKINS (1992) пишет, что ежегодный рост резцов у шиншиллы составляет 5-7 см (соответствует примерно 0,96-1,35 мм / неделя).

Согласно BUCHER (1994) и WOLF et al. (1995) имеется четкая взаимосвязь между темпами роста нижних резцов и истиранием верхних резцов: за увеличенным ростом нижних резцов с задержкой около семи дней следует увеличение истирания верхних резцов (WOLF and KAMPHUES 1996). Поскольку истирание верхних резцов предположительно ускоряется с ростом нижних резцов, KAMPHUES et al. (1995) рекомендуют, чтобы избежать чрезмерно длинных резцов верхней челюсти, такой корм, как, например, морковь, зелень и т. д. Они придают особый стимул для роста нижним резцам. Согласно KAMPHUES (1999), зубы изнашиваются, в основном, при контакте с противоположными зубами, а не, как предполагалось ранее, «твердой пищей». Такие износ и истирание резцов, важны не только для поддержания определенной длины зуба, но и для формирования дистальных, долотообразных концов зуба для разгрызания и откусывания пищи (SHADLE 1936).

12.5. Значимость и частота стоматологических заболеваний

В литературе нет информации о частоте стоматологических заболеваний во всей популяции шиншилл. Компьютерное томографическое исследование шиншилл CROSSLEY et al. (1998) в Великобритании показало частоту в 35% случаев чрезмерного роста зубов у клинически здоровых животных. У животных с заболеваниями зубов поражено почти 100% особей. MUSZCZYŃSKI et al. (2010) сообщают, что чрезмерное удлинение зубов является распространенной проблемой в польском шиншилловодстве. Другие авторы, такие как CAPELLO (2008), также упоминают о частом возникновении стоматологических заболеваний у шиншилл, при этом понятие частоты не определено. Предрасположенные к росту зубов на протяжении всей жизни, шиншиллы с малокклюзией особенно распространены в ветеринарной практике (LEGENDRE 2002). В отдельных случаях сообщалось о процессах кариеса и резорбции зубов у шиншилл (CROSSLEY et al., 1997).

12.6. Зависимость стоматологического здоровья от питания

Благодаря физиологическим грызущим и жевательным движениям зубы естественным образом изнашиваются (HARRIS 1987, HOLLMANN 1997). Важнейшим фактором здесь является истирание противоположных резцов друг об друга (SHADLE 1936, KAMPHUES 1999). Наклонная острая кусающая поверхность резца затачивает сама себя в процессе грызения, так как только на передней части зуба лежит слой очень твердой эмали, задняя же часть состоит только из более мягкого дентина (SCHWEIGART 1995). Для роста и истирания зубов решающее значение имеет не содержание сырой клетчатки в самой диете, а скорее структура и свойства этой клетчатки. Это определяет тип и продолжительность потребления пищи (BUCHER 1994, FEKETE и WIESEMÜLLER 1993, HOLLMANN 1997, SCHRÖDER 2000).

Проблемы с зубами - это значимая в ветеринарии тема для грызунов, а также и шиншилл. В исследовании CROSSLEY (2001) 35% клинически здоровых шиншилл показали "стоматологические аномалии", особенно чрезмерное удлинение зубов. Изменения резцов были обнаружены у 55% животных, представленных по клиническим симптомам. Чрезмерный рост резцов также является распространенной проблемой у шиншилл, содержащихся как дома, так и при разведении на мех, согласно работе SULIK (2007). В качестве возможной причины автор рассматривает несоответствующую диету (SULIK et al., 2007), из-

за чего неясно, подразумевается ли недостаточный износ резцов или действительно чрезмерный рост зубов. Дефицит минералов довольно часто встречается у шиншилл, содержащихся как домашних животных. Клинический симптом этого зачастую называют «обесцвечиванием» зубов. В то время как нормальная окраска зубов темно-оранжево-желтая (BRENNER et al., 2005, OSOFSKY and VERSTRAETE 2006, SCHWEIGART 2008, SULIK et al., 2007), зубы у животных с дефицитом минералов выглядят желтоватыми, иногда пятнистыми или даже почти белыми (SCHWEIGART 2008). Неравномерное окрашивание, отсутствие пигментации, а также структурные изменения вещества зуба (утолщение, отслаивание, аномальная кривизна зуба, шероховатость поверхности зуба, образование бороздок) также указывают на нарушения метаболизма минералов или хронические воспаления в области корня зуба, согласно BÖHMER (2003). Плохая минерализация зубов может привести к неправильному прикусу, отламыванию зубов или проблемам с щечными зубами (SCHWEIGART 2008). В частности, пораженные резцы более мягкие в результате гипоплазии эмали и дентина и чаще подвержены переломам (BÖHMER 2003). В 1957 году BRYER пришел к выводу, что недостаточное потребление энергии в сочетании с дефицитом кальция или витамина D оказывает минимальное влияние на рост и прорезывание постоянно растущих зубов. Однако в недавних исследованиях результаты показывают обратное. Так, BIELACZYC и GOLEBIEWSKA (1997) обнаружили структурные изменения зубов у молодых крыс, такие как усиление цементолиза и снижение минерализации цемента и дентина, если использовалась диета с низким содержанием кальция и витамина D. У взрослых крыс сообщалось об изменениях в нижней челюсти и зубах с увеличением резорбции и снижением минерализации цемента (GOLEBIEWSKA и BIELACZYC 1997). MUSZCZYŃSKI et al. (2010) пишут, что нельзя исключать нарушения минерального метаболизма зубной ткани у шиншилл, особенно кальция и фосфора, в качестве причин чрезмерного роста зубов.

CROSSLEY (2001) установил, что черепа диких шиншилл имели лишь минимальные признаки зубных заболеваний и все их зубы были короткими (средняя длина щечных зубов 5,9 мм). Щечные зубы шиншилл из зоопарков имели длину в среднем 6,6 мм, у клинически здоровых домашних животных - 7,4 мм, а у животных с зубными проблемами - 10 мм. Животные, разводимые в животноводческих системах, также демонстрировали широкий спектр повреждений зубов. Эти наблюдения подсказали CROSSLEY, что некоторые аспекты содержания в неволе должны быть ответственны за возникновение

проблем с зубами. Он предполагает, что диета (или ее физическая форма и состав) является основным этиологическим фактором. WEIJS и соавт. (1989) показали на кроликах, что физическая структура корма влияет на жевательную активность, а также на истирание зубов. Предоставление пищи, близкой к рациону диких шиншилл, может значительно снизить частоту возникновения заболеваний зубов у животных в неволе (CROSSLEY 2001). CROSSLEY также утверждает, что непрерывный оптимальный состав питательных веществ, который обеспечивает максимальную минерализацию зубов, способствует меньшему износу зубов (следствие слишком большого количества пользы?).

Согласно BRENNER и соавт. (2005) стоматологические заболевания можно отнести к условиям содержания и генетике шиншилл. Относительный вклад обоих факторов недостаточно изучен. Автор заявляет, что многие хозяева шиншилл не обеспечивают своих животных соответствующим питанием для поддержания правильной длины зубов и надлежащих их концов. Еще один момент заключается в том, что эффективность и безопасность игрушек и других предметов для погрызания не была проверена. Автор сообщает, основываясь на своем многолетнем опыте разведения, что материалы для погрызания могут помочь поддерживать адекватную длину зубов (BRENNER et al., 2005). Это ставит принципиальный вопрос о том, какие механизмы потребления пищи могут влиять на скорость роста резцов. WOLF и KAMPHUES (1996) обнаружили минимальное увеличение длины (наименьшее различие между ростом и истиранием) верхних резцов у кроликов и шиншилл, которым предлагали исключительно растительное питание (сено, морковь), нижних резцов – при предложении концентрированного корма (гранулированный полнорационный, а также смешанный корм на основе нативных компонентов). Результаты работы BUCHER (1994) утверждают, что существует значительное влияние кормления на рост и истирание резцов у карликовых кроликов. Прежде всего, не твердость корма (как предполагают FOX и KOMICH 1970, SPANNBRUCKER и др., 1977 и BÖHMER и KÖSTLIN 1988), но характер и продолжительность приёма пищи и интенсивность жевания определяют рост и истирание зубов. Необходимо уточнить, какое влияние оказывает предложенный материал для грызения на развитие длины зуба. Например, у домашних животных широко распространены камни Ytong (пористый бетон). Однако, по словам BUCHER, это очень мягкий материал, который распадается при грызении и не вызывает истирания резцов. Следует также отметить, что кальций может быть добавлен дополнительно, что

может привести к клиническим проблемам (например, мочекаменной болезни), по крайней мере, у кроликов и морских свинок (KAMPHUES et al., 1986).

HARCOURT-BROWN (1996, 1997) установил у кроликов связь между дефицитом минералов и витаминов и возникновением стоматологических заболеваний. В этих исследованиях пеллеты были наиболее часто отвергаемым пищевым ингредиентом у кроликов. Поскольку эти кролики не получали зеленый корм, ученые пришли к выводу, что существует прямая связь между неполноценным питанием и заболеваниями зубов и челюстей. Как правило, большинство витаминов и минералов, в частности витамина D и кальция, смешанного корма содержатся в гранулах, так что кролики, отказывающиеся от гранул, получают дефицит указанных веществ. Согласно HARCOURT-BROWN, в результате качество зубов ухудшается, что приводит к различным заболеваниям в области зубов и челюстей (HARCOURT-BROWN 1996, 1997a и 1997b). HARCOURT-BROWN пишет об остеодистрофических изменениях челюсти и зубов кроликов в пять этапов. Первая стадия – здоровые зубы без проявления клинических признаков. Вторая стадия - у животного с субклиническими заболеваниями сначала происходит образование горизонтальной бороздки на верхнечелюстных резцах, небольшое набухание костей вентрального края нижней челюсти и частично дакриоцистит. При третьей степени заболевания происходят изменения зубных коронок с образованием граней и шипов, которые вызывают повреждение слизистой оболочки. На этом этапе HARCOURT-BROWN также сообщает об обесцвечивании явно аномальных резцов. Четвертая стадия характеризуется сильными деформациями многих зубов с радиологически заметными изменениями в альвеолярной области и иногда прекращением роста зубов. Пятая стадия заболевания характеризуется генерализованным остеомиелитом челюстной кости. При вдавливании зубов в верхнюю или нижнюю челюсть может образоваться абсцесс.

Поэтому в литературе в целом обсуждается возможность того, что заболевания зубов и челюстей могут быть вызваны или ускорены дефицитом минералов (особенно кальция и фосфора и их соотношения друг с другом) и витаминов (особенно витамина D). WIGGS и LOBPRISE (1997) предполагают, что морские свинки, шиншиллы и дегу страдают от сравнимых или одинаковых заболеваний резцов и щечных зубов, растущих всю жизнь. Согласно WENZEL et al. (1980, цитируется GLÖCKNER 2002), шиншиллы реже страдают от смещения

резцов, чем кролики, но демонстрируют значительно более высокую частоту аномалий челюсти и зубного ряда по сравнению с ними. BONUCCI et al. (1994) в своем исследовании на молодых крысах подтвердили, что дефицит кальция (из-за слишком малого его потребления с пищей) вызывает гипоминерализацию эмали, которая, однако, может быть исправлена в дальнейшем потреблением кальция, покрывающим это.

В 2001 году HARCOURT-BROWN и BAKER обнаружили при исследовании кроликов низкий уровень кальция и повышенный уровень гормона паращитовидной железы в сыворотке крови домашних кроликов с прогрессирующим заболеванием зубов, но из этого исследования нельзя сделать вывод, произошли ли изменения крови в результате снижения потребления корма.

Есть некоторые доказательства того, что состав слюны является системным и прежде всего может зависеть от состава сыворотки крови (SHANNON and PRIGMORE 1959). Кроме того, BUTTNER и MUHLER (1958) указывают, что на содержание кальция и фосфатов в слюне может влиять пища. Опять же, изменение соотношения CO_3:PO_4 в слюне может привести к коррелированным изменениям состава видимой поверхности зуба. Кроме того, SOBEL (1960) подтвердил экспериментами на крысах (замена растворимого PO_4 в рационе), что на состав зубов может влиять как состав слюны, так и состав сыворотки крови.

SOTO (1993) принимает во внимание и дополнительную взаимосвязь. Например, части растений, которые естественным образом потребляются шиншиллами в дикой природе, способствуют износу зубов благодаря грубой и жесткой структуре. Кроме того, износ зубов у диких шиншилл усиливается крошечными кварцевыми частицами, которыми загрязнены съеденные части растений (силикаты в качестве загрязняющих веществ возможны также в качестве составных частей питания, то есть ингредиентов).

Собственное исследование

А. Материалы и методы

1. Цель эксперимента

Цель настоящего исследования состояла в том, чтобы подробнее охарактеризовать баланс Ca у домашних шиншилл в условиях разного поступления Ca и проверить влияние различного содержания Ca в рационе и разных материалов для погрызания на выбранные параметры резцов.

Были зарегистрированы следующие параметры:

- Потребление пищи и воды, приемлемость материала для погрызания
- Изменение массы тела
- Усвояемость рационов
- Параметры фекалий и мочи (в частности, кальций, фосфор)
- Рост и истирание резцов, а также пигментация их эмали
- Параметры крови (кальций, фосфор)
- Химический состав резцов, а также масса размеры зубов

Все эксперименты были одобрены ведомством по защите прав потребителей и безопасности пищевых продуктов земли Нижняя Саксония (LAVES) под номером 33.9-42502-04-09 / 1701 от 10.07.2009.

2. Животные, участвовавшие в эксперименте

2.1. Происхождение животных

Эксперименты проводились с 40 самками шиншилл (30 щенков, 10 взрослых животных). Семь взрослых животных были получены из поголовья Института питания животных Университета ветеринарной медицины Ганновера, где они содержались для других исследовательских целей. Остальные животные (30 щенков и трое взрослых) были переданы частными заводчиками.

2.2. Отбор животных

При отборе животных соответствующими селекционерами были приняты меры по обеспечению того, чтобы у родительских животных и их братьев и сестер не было нарушений прикуса для исключения возможных генетически обусловленных нарушений здоровья зубов. В эксперимент были взяты только

животные женского пола, чтобы избежать любых обусловленных полом различий, например, в гормональном балансе.

2.3. Состояние здоровья животных

По прибытии молодых животных были собраны пробы фекалий путем осаждения и флотации. У них не было обнаружено паразитарных стадий.

Тем не менее, некоторые животные были клинически больны грибковой инфекцией кожи, они лечились системно (итрафунгол ® перорально) и местно (раствор Имаверол ®). Это задержало начало эксперимента на несколько недель. В начале эксперимента молодым животным было около 15-24 недель, и их масса тела варьировалась от 323 до 574 г. Взрослым шиншиллам было от 1,5 до 18 лет. Масса тела взрослых животных в начале эксперимента была в диапазоне от 421 до 777 г.

2.4. Содержание животных

Для определения усвояемости и регистрации основных данных о потреблении корма и воды, а также параметров кала и мочи (балансовые тесты) животных ненадолго помещали по одному в специальные метаболические клетки с перфорированной нижней поверхностью, изготовленной из металла (диаметр отверстия = 15 мм). Каждая клетка имела размеры 60 x 50 x 40,5 см (длина x ширина x высота). Под каждым полом клетки над металлическим выдвижным поддоном была натянута пластиковая сетка, чтобы обнаружить разбросанные продукты, а также отделить экскременты от мочи и подсчитать их количество. Чтобы избежать неисчислимого потребления грубых кормов, от подстилки пришлось отказаться. У каждого животного была возможность отступить в неперфорированную область (20 x 20 см, жесткая пластиковая пластина) клетки, чтобы дать отдых лапам. Кроме того, в распоряжении каждого животного была неразгрызаемая металлическая трубка для сна.

Исследования проводились в кондиционируемом помещении со средней относительной влажностью воздуха 43%. Температура окружающей среды в среднем составляла 20,5 ° C (19-24 ° C). При искусственном освещении дневной и ночной ритм создавался с помощью выключателя с часовым механизмом без фазы сумерек, световая фаза длилась с 6.30 до 20.30.

Между отдельными пищеварительными тестами в балансовой клетке животных содержали группами или парами в вольерах, в которых у них был

домик для сна, а также песчаная ванна и площадки для сидения на разной высоте. Четверо животных в этот период жили одни из-за несовместимости, так как они годами привыкли к такому содержанию.

2.5. Разделение на группы

Разделение на группы молодых животных основывалось на массе тела при их прибытии. Животных взвешивали и распределяли по пяти вольерам (соответствующим группам J I-V) по шесть животных, с точки зрения того, чтобы сбалансировать общую живую массу. В течение адаптационного периода отдельные шиншиллы были перегруппированы для равномерного распределения животных с очевидно более светлой пигментацией эмали резцов по отдельным группам.

Возрастные животные содержались в своих привычных парах или по одиночке и были разделены на экспериментальные группы A (с предложением материала для погрызания) и B (без материала для погрызания) по пять животных с учетом массы тела и возраста.

Все изучаемые животные были идентифицированы с помощью пронумерованных ушных бирок и всегда четко идентифицировались.

Таблица 2 показывает среднюю массу тела животных в отдельных группах в начале эксперимента.

Таблица 2: Средняя масса тела (МТ) шиншилл в соответствии с разделением на группы в начале эксперимента (г / животное, n = 5)

Группа	Молодые животные					Взрослые животные	
	J I	J II	J III	J IV	J V*	A	B
МТ (г) ±СКО	432 ± 89,1	453 ± 91,9	467 ± 51,3	434 ± 91,3	477 ± 67,1	519 ± 150 °	536 ± 75,9

* n = 4 ° - В группе A животное с массой тела 777 г значительно отличалось от других животных в группе.

3. Дизайн эксперимента

Эксперимент целиком длился от шести до восьми месяцев, для резцов выполнялись еженедельные непрерывные последовательные измерения в течение всего периода времени. Он был разделен на фазу эксперимента и балансовые тесты.

Фаза эксперимента длилась у взрослых животных (n = 10) восемь недель. В конце экспериментальной фазы для каждого животного проводили балансовый тест. Общая продолжительность эксперимента составила около шести месяцев (три фазы по восемь недель каждая, фазы 1, 2, 3). Между отдельными этапами учитывался период в одну неделю для смены корма и адаптации материала погрызания, в результате чего общий период испытаний составил около восьми месяцев. У щенков (n = 30) общая продолжительность теста также составляла около шести месяцев. Они были формально разделены на три возрастные группы / стадии (a, b, c) по восемь недель без изменений условий. Непосредственно перед началом измерений было отобрано и умерщвлено по одному животному из каждой группы молодняка (J I-V) для удаления зубов (в соответствующем месте текста эти животные указаны как «группа J 0»). В начале, в середине и в конце испытательного периода (в каждом случае через восемь недель / после одной фазы) с каждым из оставшихся животных проводили балансовый тест. После окончания общего периода экспериментов оставшиеся молодые животные также были подвергнуты эвтаназии, резцы были извлечены, тела разрезаны и оценены патологоанатомически.

Балансовое исследование в метаболической клетке занимало десять дней, из которых 5 дней длилась адаптация и пять дней - тесты, в течение которых проводился отбор проб и измерения. При проведении тестов животным каждые 24 часа предлагали свежую еду и воду, а клетки чистили. Потребление корма и воды регистрировались ежедневно, как и показатели фекалий и мочи. После завершения каждого балансового теста у всех животных брали образцы крови. После этого животные возвращались в свое «привычное» вольерное жилище.

		Phase 1	1. Bilanz	Phase 2	2. Bilanz	Phase 3	3. Bilanz	
Adulte	A	$pAF_{Ca\approx}$ + Holz		$pAF_{Ca\uparrow}$ + Holz		$pAF_{Ca\downarrow}$ + Ytong		
	B	$pAF_{Ca\approx}$		$pAF_{Ca\uparrow}$		$pAF_{Ca\downarrow}$		
Jungtiere	J I	$pAF_{Ca\downarrow}$		$pAF_{Ca\downarrow}$		$pAF_{Ca\downarrow}$		Sektion zur Zahnentnahme
	J II	$pAF_{Ca\downarrow}$ + Ytong		$pAF_{Ca\downarrow}$ + Ytong		$pAF_{Ca\downarrow}$ + Ytong		
	J III	Heu		Heu + kpAF		Heu + kpAF		
	J IV	$pAF_{Ca\uparrow}$		$pAF_{Ca\uparrow}$		$pAF_{Ca\uparrow}$		
	J V	$pAF_{Ca\uparrow}$ + Holz		$pAF_{Ca\uparrow}$ + Holz		$pAF_{Ca\uparrow}$ + Holz		

Рисунок 4: Схематическое изображение проекта эксперимента

Примечание переводчика к рисунку 4: Phase 1, 2, 3 – фазы эксперимента 1,2,3, Bilanz 1,2,3 – балансовые тесты 1,2,3, Adulte – взрослые животные, Jungtiere – молодые животные, Sektion zur Zahnentnahme – вскрытие для извлечения зубов, Holz – дерево (материал для погрызания), pAF – гранулированный полнорационный корм (далее – ГПК), Ytong –блок из пористого бетона, kpAF – коммерческий гранулированный полнорационный корм (далее – КГПК), Heu – сено.

4. Питание животных

В зависимости от экспериментальной группы и фазы эксперимента были назначены разные рационы питания:

В фазе 1 животные взрослых групп A и B получали гранулированную полнорационную диету со средним содержанием Ca (pAFCa≈). Кроме того, группа A получила древесину для погрызания (необработанная сосна без коры), которая была доступна неограниченно долго. Рацион группы J I и группы B в фазе 3 состоял исключительно из гранулированной полнорационной диеты с низким содержанием Ca (pAFCa ↓). Группа J II и группа A на этапе 3 получали одинаковое питание. Кроме того, для неограниченного использования были предложены камни для погрызания из пористого бетона Ytong.

Группа J III изначально получала только сено. В конце 8-недельного испытательного периода была установлена определенная прибавка коммерческой гранулированной полнорационной диеты для шиншилл (kpAF; 1 г / 100 г массы тела) для обеспечения достаточного потребления энергии для поддержания массы тела. Однако дальнейшие балансовые тесты были продолжены только при кормлении сеном. В группах J IV и B в фазе 2 была

выдана только гранулированная полнорационная диета с более высоким содержанием Ca (pAFCa ↑). Также данный рацион была предложен группам V и A в фазе 2 (см. выше).

Таблица 3 ещё раз наглядно иллюстрирует описанные условия эксперимента

Таблица 3: Составление рационов для отдельных групп и этапов эксперимента.

Группа	Фаза эксперимента	Питание	Материал для погрызания
J I	a, b, c	ГПК Ca↓	Без материала
J II	a, b, c		Пористый бетон
J III	a	Сено	Без материала
	b, c	Сено + КГПК	Без материала
J IV	a, b, c	ГПКCa↑	Без материала
J V	a, b, c		Дерево
A	1	ГПКCa≈	Дерево
B	1		Без материала
A	2	ГПКCa↑	Дерево
B	2		Без материала
A	3	ГПКCa↓	Пористый бетон
B	3		Без материала

Гранулированный корм предлагался в стоящих на полу керамических или глиняных кормушках. Выдача воды осуществлялась из поилок с ниппельными наконечниками, которые располагались на высоте 15-20 см над полом, чтобы животные могли потреблять воду стоя, в соответствии с их поведением (RÖDER-THIEDE 1990). Чтобы уменьшить потери, сено при балансовых тестах подавалось в лежащем металлическом ящике. Дерево и камни для погрызания были зафиксированы с внутренней стороны клетки на высоте около 20 см с помощью проволоки или винта. Во время балансовых тестов под ними были установлены металлические чаши, чтобы минимизировать потери материала в результате их раскидывания вокруг.

Кормление происходило один раз в день в одно и то же время (07:00) при одном и том же порядке животных. Это время кормления было выбрано потому, что SCHRÖDER (2000) не обнаружил потребления корма в своих исследованиях шиншилл в период с 7 до 11 часов утра (с 6:30 утра начало светлой фазы). Гранулированный полнорационный корм предлагался ad libitum, за исключением гранулированной добавки в группе J III. Питьевая вода всегда была в свободном доступе и обновлялась раз в день.

Три гранулированных полнорационных корма были изготовлены в Институте питания животных, чтобы гарантировать, что они различаются только по содержанию минералов. Для этого отдельные компоненты были проанализированы с точки зрения их состава, измельчены, смешаны и гранулированы с учетом требований. Выбранные компоненты и их пропорции в смешанном корме приведены в таблице 4. Гранулы изготовили партией для всего экспериментального периода, чтобы можно было обеспечить идентичный состав. Никаких добавок витаминов сделано не было. Содержание витамина D3 было исследовано (метод HPLC-VDLUFA, том III, глава 13.8) и составляло около 300 ME / кг CB во всех трех экспериментальных диетах. Гранулы имели диаметр 4 мм и среднюю длину 10 мм (максимум 12 мм).

Таблица 4: Состав приготовленного гранулированного экспериментального корма (ГПК) (части смеси в %)

Часть смеси	ГПК Ca↓	ГПК Ca≈	ГПК Ca↑
Травяная мука	30,04	30,50	30,70
Очищенный овёс	29,50	28,00	25,90
Овсяная лузга	13,50	14,00	15,05
Послеэкстракционный соевый шрот	16,00	16,00	16,00
Кубики моркови	6,80	6,00	4,40
Свекловичная патока	3,20	3,50	3,50
Подсолнечное масло	0,50	0,50	0,50
Карбонат кальция	0,06	1,09	3,50
Монокальцийфосфат	0,25	0,26	0,30
NaCl	0,15	0,15	0,15
Итого	100,00	100,00	100,00

Впоследствии была сделана добавка 25 мг ZnO / кг.

Предлагаемое сено имело умеренную кормовую ценность, но безупречный гигиенический статус. Оно имело низкую долю трав и было частично переспелым, соломовидным (сырая клетчатка 34,6%). Следующая таблица показывает содержание сырых питательных веществ. Сено соответствовало общему среднему качеству, которое есть в продаже.

Уровни сырых питательных веществ различных приготовленных гранулированных экспериментальных кормов также показаны в следующей таблице.

Таблица 5: Содержание сырых питательных веществ в корме (г / кг СВ)

	ГПК Ca↓	ГПК Ca≈	ГПК Ca↑	КГПК	Сено
Сухое вещество (г/кг исходного вещества	902	902	906	877	923
Сырая зола	70,5	78,0	124	87,3	46,2
Сырой протеин	166	164	167	187	101
Сырой жир	30,5	29,3	27,9	25,2	12,0
Сырая клетчатка	161	158	143	190	346
Безазотистые экстрактивные вещества	572	571	538	511	495
Крахмал	123	122	129	125	Не рассмотрено
Сахар	126	131	111	57,8	Не рассмотрено

В следующих таблицах 6 и 7 указано содержание макро- и микроэлементов в использованных экспериментальных кормах.

Таблица 6: Содержание макроэлементов в различных кормах для животных (г / кг СВ)

Макроэлементы	ГПК Ca↓	ГПК Ca≈	ГПК Ca↑	КГПК	Сено
Кальций	4,14	8,09	17,9	13,1	3,83
Магний	1,66	1,62	1,78	2,94	1,66
Фосфор	4,44	4,43	3,68	7,80	2,62
Натрий	1,07	0,95	1,05	2,87	1,66
Калий	13,9	13,8	14,7	11,9	14,5
Хлор	3,74	3,71	4,19	3,55	8,56
Сера	2,14	2,12	2,31	3,61	2,10

Таблица 7: Уровни микроэлементов в экспериментальном рационе (мг / кг СВ)

Микроэлементы	ГПК Ca↓	ГПК Ca≈	ГПК Ca↑	КГПК	Сено
Медь	7,37	6,70	7,74	28,3	3,73
Цинк	54,4	53,7	54,8	185	25,2
Железо	469	487	833*	741	62,1
Марганец	45,0	52,0	72,2	135	142
Селен	0,053	0,051	0,078	0,645	<0,1

*Значение содержания железа проверялось неоднократно.

Анализ методом мокрого сита трех гранулированных экспериментальных кормов позволил выявить размеры частиц, приведенные в следующей таблице.

Таблица 8: Распределение частиц по размерам (массовый %) в гранулированном корме

Размеры частиц (мм)	ГПК Ca↓	ГПК Ca≈	ГПК Ca↑
	Доля в %		
> 3.15	0,18	0,10	0,15
> 2.00	2,68	2,12	2,04
> 1.40	8,74	9,11	8,20
> 1.00	8,36	10,58	7,95
> 0.80	6,62	4,70	6,43
> 0.56	9,09	7,35	8,50
> 0.40	5,73	6,04	6,25
> 0.20	9,62	13,20	13,41
< 0.20	48,98	46,78	47,07

Для гранул одинакового диаметра и с почти одинаковыми исходными компонентами структура гранулированного полнорационного корма, т.е. распределение частиц по размерам, практически идентична.

В группе J III корм был заменен на коммерческий полнорационный гранулят (КГПК «Chinchilla-Gold-Kräuter» от компании Berkel), который содержит, по данным производителя, 17,7% сырого протеина, 3,00% сырого жира, а также 9,50% сырой золы. В качестве добавки на кг корма заявлено 30000 М. Е. витамина А, 2000 М. Е. витамина D 3, 80 мг витамина Е и 15 мг меди.

Предложенный камень для погрызания является типичным на строительном рынке камнем Ytong (пористый бетон). Ytong состоит из кварцевого песка, известняка, цемента и воды. Во время производства для вспенивания добавляется небольшая масса алюминиевого порошка (около 1%). В крупных шиншилловых хозяйствах использование этого материала весьма обычно, поскольку, по мнению заводчиков, он представляет собой дешевую альтернативу материалам для погрызания, продающимся в магазинах.

Предлагаемые известняковые камни были закуплены партией. Первоначально это были стеновые панели с прочностью на сжатие 4. В балансовом тесте у животных были куски камня размером 10 x 7 x 5 см, в то время как в вольерах размер известняковых камней варьировался.

Наши собственные исследования показали следующее содержание минералов и микроэлементов:

Таблица 9: Содержание минералов и микроэлементов в использованных камнях Ytong

Минералы (г/кг сухого вещества)		Микроэлементы (мг/кг сухого вещества)	
Кальций	186	Медь	37,1
Магний	1,56	Цинк	36,3
Фосфор	<0,05	Железо	5370
Натрий	0,69	Марганец	111
Калий	1,91	Селен	0,20
Хлор	<0,5		
Сера	5,86		

До начала эксперимента (фаза адаптации, отсроченное начало эксперимента из-за лечения грибкового поражения) как животные из популяции института, так и купленные животные в течение периода акклиматизации (девяти недель) питались ограниченным количеством обыкновенного гранулированного полнорационного корма для шиншилл (КГПК, см. выше) и сеном ad libitum.

Смена гранулированного экспериментального корма проводилась после трехдневной адаптации путем смешивания с ранее предлагаемым кормом (2:1, 1:1, 1:2).

5. Потребление пищи

При балансовом тесте взвешивание оставшегося корма и определение прибавки в весе для учета потребления в предыдущие 24 часа проводились ежедневно в одно и то же время утром. Анализ гранулированных остатков корма не проводился, поскольку не было возможности селективного потребления отдельных компонентов. Для сена и материала погрызания взвешивание проводилось аналогично гранулированному корму.

Камни и дерево для погрызания также заменялись ежедневно в одно и то же время. Взвешивание производилось после сушки в сушильном шкафу и последующего охлаждения в эксикаторе для устранения разницы в весе из-за загрязнения мочой или слюной. Потребленная масса материала для погрызания (дерево или известняк) была приблизительно определена следующим образом:

Потребление = сухой вес – сухой вес остатка (включая крошку / частицы / пыль)

При кормлении сеном в отдельном эксперименте с шестью взрослыми животными репрезентативный образец предлагаемого сена (первоначальный) и не загрязненные фекалиями или мочой остатки для проверки возможного

селективного потребления определенных компонентов (таких как листья и травы). Однако, ботаническое изучение состава не проводилось.

6. Потребление воды

Определение потребления воды было аналогично определению потребления корма в балансовом тесте. Количество поглощенной воды определялось каждые 24 часа путем взвешивания изначальной и оставшейся дистиллированной воды в ниппельной поилке. Кроме того, для определения испарения в пустой балансовой клетке в аналогичных климатических условиях была подвешена схожая поилка, которая ежедневно взвешивалась и в которую добавляли воду для уравновешивания. При указании количества воды, поглощенной шиншиллами, испарившееся количество жидкости учитывалось путем вычитания.

7. Определение усвояемости

Кажущаяся усвояемость определялась методом сбора и представляет собой разницу между массой потребленных питательных веществ и тех, которые выделяются с калом. Она выражается в процентах от потреблённых питательных веществ и рассчитывается следующим образом:

sV (%) = (F – K)/F*100 (F = содержание питательные веществ в пище, K = содержание питательных веществ в фекалиях)

Балансировка кальция и фосфора проводилась аналогично диссертации BUCHER (1994) в течение пяти дней.

8. Изменение массы тела

Животных взвешивали еженедельно и дополнительно во время балансовых тестов в первый и последний день, примерно в одно и то же время (весы типа EW 2200-2NM, Kern & Sohn GmbH, Balingen, точность измерения 0,01 г).

9. Отбор проб

Взвешивание корма, воды, фекалий и мочи изначально и в конце осуществлялось с помощью прецизионных весов (точность измерения 0,01 г, производства Omnilab, OL3100-P).

9.1. Корм

Для исследования гранулированного тестового корма, сена и камней для погрызания, была взята проба сухого вещества из репрезентативного образца,

затем она была измельчена (номер сита: Ø 0,5 мм), и сохранялась в воздухонепроницаемом пластиковом контейнере для образцов для дальнейшего анализа.

9.2. Фекалии

В балансовых клетках фекалии каждого животного ежедневно собирали, взвешивали и замораживали при -20 ° C. Это выполнялось после отделения фекалий, незагрязненных кормовой пылью, волосами или мочой. Чтобы избежать загрязнения фекалий мочой, сетки с размером ячеи около 2 мм были натянуты на поддоны под перфорированным дном метаболических клеток для отделения фекалий. После взятия образцов клетки были очищены.

Незагрязненные фекалии были представлены для анализа после завершения балансировки в виде выборки из пула каждой особи. После определения сухого вещества и сублимационной сушки образцы измельчали (номер сита Ø 0,5 мм), хранили в герметичном пластиковом контейнере для образцов и использовали для химического анализа.

9.3. Моча

Чтобы определить количество мочи, животных держали в течение четырех дней подряд в течение шести часов (с учетом времени суток) в метаболической клетке без пищи и воды и без соответствующего материала для погрызания, чтобы избежать любого загрязнения мочи кормовой пылью, частицами материала или разбавления разбрызганной питьевой водой. Чтобы охватить в общей сложности 24 часа в сутки, фазы отбора проб составляли с 7 до 13, с 13 до 19, с 19 до 1 и с 1 до 7 часов. В течение этого времени отделенную мочу с интервалом 30-60 минут всасывали стерильной лабораторной пипеткой, взвешивали и немедленно помещали в герметичную пробирку Эппендорфа. Возможное испарение, происходящее в течение 30-60 минут, не учитывалось.

Отдельные пробы мочи каждого животного объединяли в пул проб и хранили в охлажденном виде до анализа. После тщательного встряхивания с помощью воблерной пластины (Genie 2, Vortex) определяли удельный вес и проводили дальнейшие анализы (определение содержания Ca и P в приготовленном зольном растворе после влажного озоления). Для определения удельного веса 1 мл мочи взвешивали с помощью аналитических весов (точность измерения 0,0001 г, Sartorius, CP224 S).

У щенков сбор мочи осуществлялся только при третьем балансовом тесте (фаза C).

9.4. Забор крови

В конце каждого балансового теста примерно в одно и то же время суток (с одинаковым интервалом после кормления) у всех животных брали образцы крови для определения количества кальция и фосфора. Забор крови проводили аналогично способу, описанному HOLTZMANN (1991) для кроликов – пункция Vena saphena lateralis. Для предотвращения свертывания крови использовали канюлю размером 0,7 × 30 мм со сломанным конусом, делая путь потока как можно более коротким и прямым. Кровь собирали по каплям в литий-гепариновую пробирку (объем пробы 0,25-0,75 мл).

10. Методы исследования образцов

10.1. Анализ корма по методу Веенде

Анализ по методу Веенде был разработан в 1864 году HENNEBERG и STOHMANN в Веенде, недалеко от Геттингена. Он служит для определения содержания сырых питательных веществ. Материал анализируемого образца, должен обрабатываться в высушенном состоянии, а размер частиц должен быть <0,5 мм.

10.1.1. Содержание сырых питательных веществ

Определение содержания неочищенных питательных веществ было проведено с помощью анализа Веенде в соответствии с установленными методами химического тестирования корма VDLUFA, Методика III (NAUMANN и BASSLER 1976), включая пятое дополнение от 2004 года.

Сухое вещество

К сухому веществу (СВ) относятся все нелетучие при 103 ° С вещества. Оно включает в себя как неорганические, так и органические вещества. Установленную массу материала образца взвешивали в фарфоровом тигле статичного веса и сушили при 103 ° С до достижения постоянной массы вещества. После охлаждения в эксикаторе образец взвешивали и содержание СВ выражали в г / кг исходного вещества. После измельчения образцы снова высушивали при 103 ° С, и результаты анализа корректировали с учетом этого остаточного содержания воды.

Для незагрязненных образцов фекалий определение СВ проводили с помощью сублимационной сушки (устройство для сублимационной сушки Gamma 1-20, Christ) в течение 48 часов. Кристаллизованная вода из

замороженных образцов испаряется при температуре около 40 ° С в вакууме около 20 Па.

Эти, а также последующие определения, были выполнены с достаточным количеством материала в каждом случае в виде двойного осадка.

Сырая зола

Чтобы определить количество неорганических веществ (макро- и микроэлементы, а также нерастворимую в HCl золу), 3 г материала образца были подвергнуты озолению при 600 ° С в муфельной печи в течение шести часов, а после охлаждения взвешены в эксикаторе.

Органическое вещество

Органическое вещество (ОВ) было рассчитано как разница между сухим веществом (СВ) и сырой золой (СЗ):

ОВ = СВ – СЗ

Сырой протеин

Сырой протеин (СП) содержит чистый белок и азотсодержащие соединения небелковой природы, например, амиды кислот, аммиак, алкалоиды, азотсодержащие гликозиды и мочевину.

Содержание СП определяли путем определения содержания азота с помощью метода Дюма. Для этой цели 0,3 г материала образца взвешивали в фарфоровом тигле и сжигали в анализаторе (Vario Max®, Elementar, Hanau) при температуре около 1000 ° С при подаче кислорода. Образующиеся оксиды азота восстанавливали до молекулярного азота, который отбирали и регистрировали с помощью детектора теплопроводности. С помощью собственного программного обеспечения содержание азота было рассчитано и умножено на коэффициент 6,25. Это показало значение СП в образце.

Сырой жир

Сырой жир (СЖ) включает наряду с жирами эфирные масла, жирные кислоты, стеарины, воски и пигменты.

После кислотного гидролиза была проведена экстракция жира по методу Сокслета. В этом случае материал образца (3 г) кипятили в течение 30 минут в 100 мл воды и 60 мл 30% соляной кислоты, а затем доливали до 300 мл водой. Раствор был отфильтрован через складчатый фильтр (595 ½ D 185 мм, Macherey-Nagel GmbH & Co. KG, Дюрен) и высушен при 80 ° С в течение шести часов.

Затем жир в аппарате Сокслета экстрагировали со 100 мл петролейного эфира в течение шести часов. После дистилляции в роторном испарителе (Rotavapor R-114, Büchi, Швейцария) остаток был высушен в колбе при 80 ° С и взвешен. Рассчитанное содержание сырого жира было определено с учетом веса колбы за вычетом ее веса без сырого жира.

Сырая клетчатка

Не содержащий жира и золы остаток, который после промывки нерастворим в разбавленных кислотах и щелочах, называется сырой клетчаткой (СК). Сырая клетчатка содержит нерастворимые части целлюлозы, лигнина и пентозанов.

Для определения СК 1 г материала образца в стеклянном фильтрующем тигеле смешивали со 100 мл 1,25% серной кислоты и кипятили в аппарате для определения СК (Fibertec 2010 Hit Extractor, Foss, Sweden) в течение примерно 30 минут. После аспирации жидкой фазы было добавлено 100 мл 1,25% раствора гидроксида натрия и снова выполнялось кипячение в течение 30 минут. Затем стеклянный фильтрующий тигель промывали горячей дистиллированной водой и сушили при 103 ° С в течение шести часов. Непосредственно после взвешивания охлажденного в эксикаторе стеклянного фильтрующего тигля с постоянным весом, он помещался для определения содержания части СК в муфельную печь для озоления при 500 ° С в течение двух часов. После этого стеклянный фильтрующий тигль снова взвешивали и рассчитывали количество сырой клетчатки как разницу между двумя взвешиваниями.

10.1.2. Безазотистые экстрактивные вещества

Безазотистые экстрактивные вещества (БАВ) включают в себя полисахариды, такие как крахмал и гликоген, растворимые сахара (глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, мальтоза и олигосахариды), пектин и растворимые части целлюлозы, различные гемицеллюлозы, лигнин и пентозаны. Расчет проводился по следующей формуле:

БАВ = СВ – (СЗ + СП + СЖ + СК)

10.2. Крахмал

Определение содержания крахмала осуществляли поляриметрически после кислотного гидролиза (метод согласно VDLUFA, NAUMANN и BASSLER 1976), при котором его извлекали из общего зарегистрированного оптического вращения растворимых в этаноле веществ. Для определения общего оптического вращения 2,5 г материала образца смешивали с 50 мл 1% раствора HCl и

кипятили на водяной бане в течение 15 минут. После добавления 30 мл дистиллированной воды образец сначала охлаждали до 20 ° С и осветляли 5 мл реагентов CARREZ I и II. Затем его дополняли до 100 мл дистиллированной водой, встряхивали и фильтровали. С помощью поляриметра (Polartronic E, Fa. Schmidt and Haensch GmbH & Co., Berlin) определяли оптическое вращение раствора образца. Определение результатов слепого опыта (оптическое вращение растворимых в этаноле веществ) проводили по тому же принципу со 100 мл 40% спиртового раствора. Содержание крахмала рассчитывали по разнице между значением слепого опыта и значением образца.

10.3. Сахар

Для определения содержания сахара в соответствии с методом связывания VDLUFA (NAUMANN и BASSLER 1976) сначала 2,5 г материала пробы добавляли к 200 мл 40%-ного раствора этанола для растворения сахара и встряхивали в течение одного часа. Раствор осветляли в 5 мл реагентов CARREZ I и II, дополняли до 250 мл 40%-ным спиртом и затем фильтровали через фильтровальную бумагу в мерную колбу. Из 200 мл фильтрата содержащийся спирт выпаривали, а оставшийся фильтрат охлаждали на водяной бане. Исходя из этого, общее содержание сахара определяли посредством инверсии. Метод, используемый согласно LUFF-SCHOORL (1976), приравнивает расход тиосульфата натрия к содержанию сахара.

10.4. Макро- и микроэлементы

Согласно принципу мокрого озоления сначала был изготовлен зольный раствор. Для этого 1 г материала пробы с 15 мл смеси зол, 65% азотной кислоты и 75% хлорной кислоты (соотношение 4: 1) нагревали до усушки и затем кипятили с 5 мл соляной кислоты (7,5%). Полученный раствор пропустили через фильтр из черной ленты в мерную колбу объемом 50 мл и дополнили до калибровочной отметки дистиллированной водой. Для определения содержания минералов 0,5 г материала образца с 10 мл 65% азотной кислоты и 2 мл 30% раствора перекиси водорода в течение примерно 30 минут нагревали в микроволновой печи (mls 1200 mega, Milestone Inc., Shelton, США). После охлаждения раствор образца фильтровали (круглый фильтр 589 Schwarzband, Ø 90 мм, беззольный, IDL GmbH & Co. KG), дополняли до 50 мл тридистиллированной водой и предоставляли для дальнейших измерений.

Для образцов фекалий к 0,5 г материала образца добавляли 15 мл азотной кислоты и 3 мл перекиси водорода. Образцы мочи с достаточным общим объемом пробы пипетировали, взяв 2 мл материала пробы, добавляли 10 мл азотной

кислоты и 2 мл раствора пероксида водорода и после озоления и фильтрации в колбе дополняли до 25 мл тридистиллированной водой. Когда объем образца составлял <2 мл, было добавлено соответственно меньше азотной кислоты и перекиси водорода.

10.4.1. Макроэлементы

Кальций, магний

Раствор образца разбавляли 0,5% раствором хлорида лантана (чтобы исключить мешающие факторы, он был разбавлен в соотношении 1:10, 1: 100 или 1: 1000, в зависимости от содержания Ca или Mg) и с помощью атомно-абсорбционного спектрометра (Unicam Solaar 969, Unicam, Kassel) определяли концентрацию Ca и Mg.

Фосфор

К предоставленному раствору (10 мл раствора равных частей молибдата аммония, ванадата аммония и азотной кислоты и 40 мл дистиллированной воды) добавляли 1,5 мл раствора образца. При сравнении с различными стандартами согласно GERICKE и KURMIES (1952) с помощью спектрофотометра (UV-1602, Shimadzu) содержание фосфора определяли колориметрически при длине волны 365 нм путем измерения экстинкции.

Хлорид

Были смешаны 2,5 г образца 10 мл дистиллированной воды, 30 мин. Их встряхивали и 15 мин. центрифугировали при 3000 об / мин (Varifuge F®, Fa. Heraeus Sepatech GmbH, Osterode am Harz). В жидкой фракции выполнялось кулоновское титрование осаждения (Chloride Analyzer 925, Ciba Corning Diagnostics, Medfield, USA).

Натрий, калий

Раствор образца разбавляли раствором цезия-хлорида алюминия-нитрата и, согласно SCHUHKNECHT и SCHENKEL (1963), по методу пламенной эмиссии определяли содержание натрия или калия с помощью пламенного фотометра M8DAcetylen, Fa. Lange, Düsseldorf).

10.4.2. Микроэлементы

Содержание меди, цинка, железа, марганца и селена определяли с помощью атомно-абсорбционного спектрометра (Cu, Zn, Fe und Mn: Unicam Solaar 969, Fa. Unicam, Kassel; Se: Hybridsystem Thermo Elemental, Fa. Solaar).

10.5. Мокрый ситовой анализ

С тремя гранулированными экспериментальными кормами для определения длины волокон был проведен мокрый ситовой анализ. Перед анализом восемь ситовых элементов (размер ячейки в мм: 0,2 / 0,4 / 0,56 / 0,8 / 1,0 / 1,4 / 2,0 / 3,15) ситовой башни (Retsch GmbH, Haan) были высушены при 103 ° C, затем охлаждены в эксикаторе и взвешены по отдельности. С помощью делителя пробы было взято около 50 г образца корма, замоченного в 1000 мл теплой дистиллированной воды в течение, по крайней мере, одного часа с периодическим перемешиванием (до полного разрушения спрессованных частей), а затем примерно 10 л воды под аккуратным давлением было пропущено через ситовую колонну. Мокрые сита с частицами образца соответствующего размера были высушены в течение ночи при 103 ° C в сушильном шкафу, затем охлаждены в эксикаторе и взвешены. Расчет был основан на процентном содержании СВ (сухого вещества) к исходному анализируемому материалу. Соотношение растворенных и тонкодисперсных веществ после промывки (<0,2 мм) определяли вычитанием.

10.6. Исследование крови

10.6.1. Ионизированный кальций, общий кальций

Первоначальное определение ионизированного кальция из образца цельной крови было выполнено с помощью измерителя электролита Rapidlab 860 фирмы Siemens. После этого образец центрифугировали 2 мин. при 10000 об / мин. Общее содержание кальция в плазме было измерено с помощью Hitachi 912, серийный номер 1468-2.

Принцип теста для определения общего кальция основан на цветовой реакции, в которой кальций вступает в реакцию с комплексом о-крезолфталеина с образованием комплекса Ca-о-крезолфталеина. Интенсивность окраски образовавшегося фиолетового комплекса прямо пропорциональна концентрации Ca и была измерена фотометрически. Анализатор показывает концентрации Ca в образцах в ммоль / л. Для точности измерений можно использовать две значимых цифры после десятичной точки.

Эти работы проводились в клинике для мелких животных Университета ветеринарной медицины Ганновера.

10.6.2. Неорганический фосфат

Содержание неорганического фосфата в плазме крови также определяли с помощью Hitachi 912, серийный номер 1468-2, в клинике для мелких животных ветеринарного университета Ганновера.

Под термином «неорганический фосфат» понимают сумму ионизированного, комплексного и белково-связанного фосфата, который преимущественно присутствует в крови при pH 7,4 в качестве вторичного гидрофосфата. Метод определения фосфата основан на реакции неорганического фосфата с молибдатом аммония. Раствор серной кислоты образует комплекс фосфомолибдата аммония с формулой $(NH\ 4)_3\ [PO\ 4\ (MoO\ 3)_{12}]$. Этот комплекс был измерен фотометрически в ультрафиолетовом диапазоне (340 нм).

11. Оценка грызущей активности

Погрызание было задокументировано с использованием критериев оценки во время балансовых тестов (см. таблицу 10). По наблюдениям за животными и степени распространения древесной щепы или частиц известняка в результате погрызания грызущая активность оценивалась как мера фактического использования предлагаемого материала для погрызания.

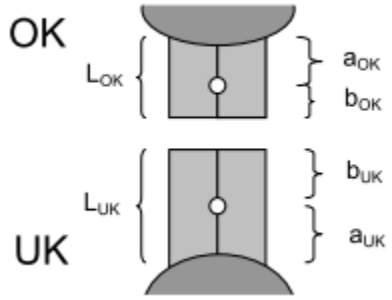
Таблица 10: Критерии оценки грызущей активности (ГА) у шиншилл

Оценка	Символ	Поведение животного	Щепки / частицы известняка
Нет ГА	-	Нет интереса к предлагаемому материалу для погрызания; погрызание не наблюдается	Никаких щепок или частиц камня в клетке, на сетке или в поддоне
Очень слабая ГА	-/+	Изредка кратковременное погрызание, в остальном преобладает равнодушие	Отдельные щепки или частицы камня, не ежедневно
Малая ГА	+	Время от времени наблюдается грызущая активность (по крайней мере, ежедневно) короткой продолжительности (секунды)	Обнаружено небольшое количество щепок или частиц камня
Средняя ГА	++	Несколько раз в день погрызание различной продолжительности (от секунд до минут)	Четкие следы погрызания на дереве или известняке; среднее количество стружки / частиц известняка
Ярко выраженная ГА	+++	Несколько раз в день погрызание различной продолжительности (обычно в минутном диапазоне); также и днём	Сильные следы погрызания дерева / известняка; большое количество стружки / известняковых частиц

12. Рост и истирание резцов

Чтобы определить рост и истирание резцов верхней и нижней челюсти, на лабиальной (*прилегающей к губам – прим. пер.*) поверхности зуба каждого животного наносили метку с помощью зубоврачебного бура с алмазной головкой (Diamant-Schleifer FG 801/010, Fa. Kent). Маркировка проводилась аналогично методу, описанному BUCHER (1994), и была сделана посередине на левых и правых резцах (см. рисунок 5).

Метки на зубах делали для каждого животного в начале эксперимента и повторяли по мере необходимости (из-за «роста» метки наружу) при еженедельных измерениях. Раз в неделю измеряли расстояние между отметкой и краем десны, а также свободным краем зуба. Рост зуба определялся как изменение расстояния между десной и меткой, изменение расстояния между меткой и свободным краем зуба показывало износ зуба (см. рисунок 5).



Рост = Δa

Износ = Δb

a = от края десны до метки на зубе

b = от метки на зубе до свободного края зуба

L = длина зуба; от края десны до свободного края зуба.

UK – нижняя челюсть, OK – верхняя челюсть

Рисунок 5. Схема проведения измерений на резцах (модифицирована в соответствии с BUCHER 1994)

Измерения проводились на фиксированном вручную животном с использованием цифрового штангенциркуля (точность измерения 0,01 мм). Полученные значения были округлены до одного знака после запятой (0,1 мм).

13. Определение цвета зубов

Оценка цвета зубов производилась оптически с помощью цветовой шкалы RAL (RAL K7 classic, глянцевый, издание 2007 г.) с одновременным документированием с помощью цифровой камеры. При всегда одинаковых условиях освещения (белый свет на потолке, дополнительный источник белого света 75 Вт на расстоянии 30 см от животного, идентичное расположение зафиксированного вручную животного, расстояние от наблюдателя 30 см, одинаковый угол [45 °] источника облучения, животного и наблюдателя, как показано на рисунок 6) цвет резцов сравнивался с цветами RAL (см. рисунок 7) и, таким образом, выражался в международном стандарте как название цвета или его номер.

Для фотографической документации использовалась идентичная установка освещения. Снимки были сделаны с помощью камеры Lumix DMC-FZ50 (Panasonic). Для определения баланса белого бумажная салфетка (Brand Tempo, Fa. SCA Hygiene Products GmbH) удерживалась возле головы животного и использовался автоматический баланс белого камеры при каждом снимке.

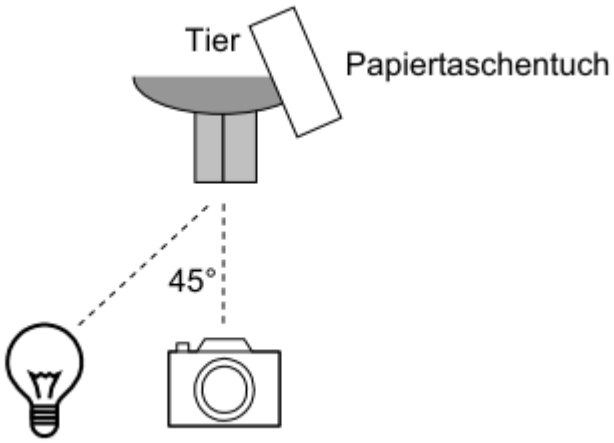


Рисунок 6: Экспериментальная установка для оценки и документирования цвета зубов

Прим. пер. к рисунку 6: Tier – животное, Papiertaschentuch – бумажный носовой платок (салфетка).

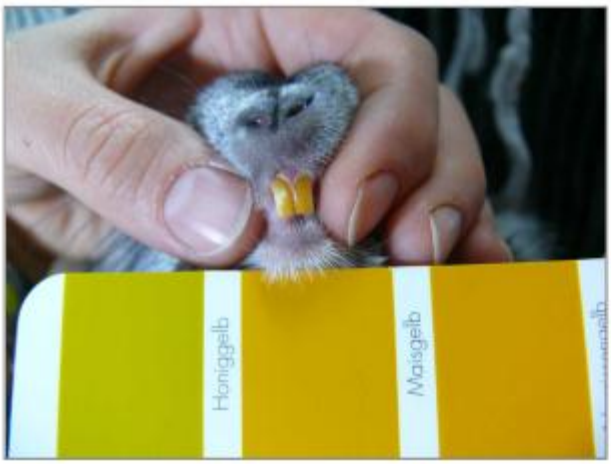


Рисунок 7: Определение цвета зубов

Рисунок 8: Маркирование резцов

14. Вскрытие

После завершения экспериментов по кормлению молодые животные подверглись эвтаназии, для выполнения посмертной макроскопической оценки органов, особенно желудочно-кишечного тракта, печени и почек, и получения возможность извлечь резцы.

15. Извлечение резцов

Резцы были извлечены после смерти животных с помощью луксатора резцов согласно CROSSLEY и FAHRENKRUG. По аналогии с хирургическим вмешательством по BROWN (1992) и CROSSLEY (1993) в медицине домашних животных, сначала край десны, а затем периодонтальная связка были разорваны острой канюлей. После ослабления зуба и инструментального расширения полости зуба (с помощью люксатора) резцы осторожно извлекали из альвеолы вручную дуговыми движениями. Зубы были удалены по отдельности, полностью и целиком и хранились герметично упакованными до химического анализа.

16. Химический анализ материала зубов

После полного удаления резцов, прилипшие ткани, а также кровь и остатки пульпы были удалены. Весь материал зуба первоначально использовался как целое для определения содержания СВ, а затем был высушен при температуре 500 ° C (определение содержания сырой золы). Для приготовления зольного раствора сырую золу сначала помещали в 5 мл концентрированной HCl (37%) и прокуривали. Остаток растворяли в 10 мл 20% азотной кислоты, кипятили и затем

промывали через черный ленточный фильтр в мерную колбу 50 мл. После повторного кипячения с тристиллированной водой и фильтрации фильтр озоляли при 600 ° С (не менее двух часов). Затем остаток кипятили с 5 мл 7,4% HCl и фильтровали в колбе. В этом зольном растворе содержание кальция и фосфора определяли аналогично обыкновенному способу, описанному ниже.

17. Статистическая оценка результатов эксперимента

Описательная статистика была сделана с помощью Microsoft Office Excel 2003 (Microsoft Corp., USA). Такие показатели, как среднее значение и стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения были определены и отображены в форме таблицы или диаграммы.

Статистическая оценка результатов теста проводилась с помощью статистической программы SAS (Statistical Analysis System für Windows; Version 9.1; SAS Institute Inc., Fa. Cary, USA) при поддержке Института биометрии, эпидемиологии и обработки информации Университета ветеринарной медицины Ганновера. После проверки измеренных значений в пределах выборки на нормальное распределение, они были проверены на значимые различия между экспериментальными группами с использованием двухфакторного дисперсионного анализа (влияние содержания Ca в корме, материал для погрызания и возраст животных). Было проведено сравнение групповых средних значений с измеренными в каждый момент времени. Попарные сравнения, проведенные после ANOVA post hoc, были выполнены с использованием теста Тьюки-Крамера. После корректирования α до экспериментального уровня значимые средние различия (скорректированные $p < 0,05$) указывались разными надстрочными буквами или цифрами. В случае биологически очевидных эффектов некоторые различия, которые также были «сравнительно значимыми» (без α-корректировки, со значительной неоднородностью дисперсий в F-тесте) удалялись. Это было отмечено отдельно под таблицами или в тексте.

B. Результаты

1. Состояние здоровья животных

Шиншиллы показали хорошее общее состояние в течение всего эксперимента. Признаков заболеваний пищеварительного тракта или поведенческих расстройств не было обнаружено. В соответствии со своим естественным поведением животные проводили день преимущественно в спящем состоянии; во время регистрации различных параметров, сбора образцов и очистки клеток они были бодры, общительны и интересовались тем, что их окружает. В вольерах регулярно наблюдались обширная личная гигиена и социальное поведение.

Единственным исключением было молодое животное из группы J V, которое подверглось эвтаназии из-за абсцесса нижней челюсти с вовлечением окружающих костных структур (остеолитические изменения) после неудачной медикаментозной терапии. Заболевание произошло уже в фазе адаптации, так что соответствующая группа впоследствии включала только четырех животных.

2. Потребление корма и воды

2.1. Потребление корма при балансовом исследовании

Потребление корма, определенное в течение пяти дней при балансовом тесте с пятью животными, варьировалось в среднем от 10,2 до 22,4 г СВ на животное в день (см. таблицы 11-13). Чтобы иметь возможность сравнить значения у животных с различной массой тела, как внутри, так и между группами, дополнительно было рассчитано суточное потребление корма в г сухого вещества / 100 г массы тела. Средняя потребленная масса гранулированного полнорационного корма (без учета содержания Ca) у шиншилл составляла 2,3-4,6 г СВ / 100 г массы тела. С питанием исключительно сеном было получено значение 2,6-3,3 г СВ / 100 г массы тела.

В таблицах 11 и 12 данные статистической оценки относятся к группам разных возрастов (a, b, c). Значимые различия средних значений (при $P < 0,05$) обозначены разными надстрочными индексами. При сравнении разных групп по питанию существенные различия можно обнаружить только в балансе фазы «a»

группы, питавшейся сеном (J III) и четырех других групп кормления (JI, II, IV и V) (не показано в таблицах, см. рисунок 9).

Таблица 11: Ежедневное потребление корма (г СВ на животное или г СВ / 100 г массы тела) у молодых шиншилл в разном возрасте (фаза a, b, c) при использовании гранулированного полнорационного корма (n = 5 животных)

Группа (тип питания)	Фаза	Потребление пищи	
		Г СВ/животное в день	Г СВ/100 г массы тела в день
J I (ПГК Ca↓)	a	19,4 ± 0,96	4,49 ±0,66[a]
	b	17,6 ± 2,74	3,70 ± 0,84 [ab]
	c	16,4 ± 2,97	3,28 ± 0,81 [b]
J II (ПГК Ca↓ + камень)	a	20,9 ± 1,96	4,56 ± 0,49 [a]
	b	19,7 ± 1,41	3,67 ± 0,43 [ab]
	c	17,0 ± 1,71	2,90 ± 0,36 [b]
J IV (ПГК Ca↓)	a	20,6 ± 3,93	4,41 ± 0,52 [a]
	b	17,0 ± 4,17	3,18 ± 0,48 [b]
	c	17,5 ± 2,82	3,09 ± 0,37 [b]
J V (ПГК Ca↓ + дерево) *	a	22,4 ± 1,46	4,59 ± 0,89 [a]
	b	17,5 ± 2,98	3,14 ± 0,70 [b]
	c	18,3 ± 1,63	3,11 ± 0,28 [b]

* n=4

Таблица 12: Ежедневное потребление корма (г СВ на животное или г СВ / 100 г массы тела) животных шиншиллы в разные возрасты (фаза a, b, c) потреблением исключительно сена (n = 5 животных)

Группа (тип питания)	Фаза	Потребление пищи	
		Г СВ/животное в день	Г СВ/100 г массы тела в день
J III (сено)	a	12,5 ± 2,15	2,92 ± 0,35 [a]
	b	13,0 ± 1,53	3,34 ± 0,58 [a]
	c	11,8 ± 0,79	2,63 ± 0,30 [a]

Таблица 13: Ежедневное потребление корма (г СВ на животное или г СВ / 100 г массы тела) у взрослых шиншилл при использовании гранулированного полнорационного корма (n = 5 животных)

Группа (тип питания)	Баланс (питание)	Потребление пищи	
		Г СВ/животное в день	Г СВ/100 г массы тела в день
A	1 (ГПК Ca≈ + дерево)	15,2 ± 3,95	3,04 ± 0,63
	2 (ГПК Ca↑ + дерево)	10,2 ± 3,13	2,27 ± 0,69
	3 (ГПК Ca↓ + камень)	13,5 ± 1,71	3,01 ± 0,41
B	1 (ГПК Ca≈)	18,1 ± 2,66	3,24 ± 0,73
	2 (ГПК Ca↑)	13,2 ± 3,89	2,57 ± 0,52
	3 (ГПК Ca↓)	12,0 ± 1,83	2,50 ± 0,91

Не было выявлено значимых различий средних значений потребления корма по отношению к массе тела между сопоставимыми группами питания.

Потребление гранулированного полнорационного корма против сена у молодых шиншилл:

В балансовом исследовании возрастной группы "a" у шиншилл, которым предлагали полнорационный гранулированный корм, значительно увеличилось потребление пищи (в среднем 4,41-4,59 г СВ / 100 г массы тела / день) по сравнению с группой, которую кормили исключительно сеном (2,92 г СВ / 100 г массы тела / день). В возрасте «b» животные, получавшие рацион с более низким содержанием Ca (JI, II), как правило, ели больше, а группы с более высоким содержанием Ca (J IV, V) в среднем ели меньше, чем группа, получавшая только сено (J III). Все группы животных с гранулированным кормом (JI, II, IV и V), в среднем при балансовом тесте в третьей возрастной группе («c»), показали результаты сопоставимые с возрастной группой «a». Они также потребляли больше пищи (если основываться на основе массе тела), чем «сенная группа». Однако, в отношении этого статистические гарантии невозможны.

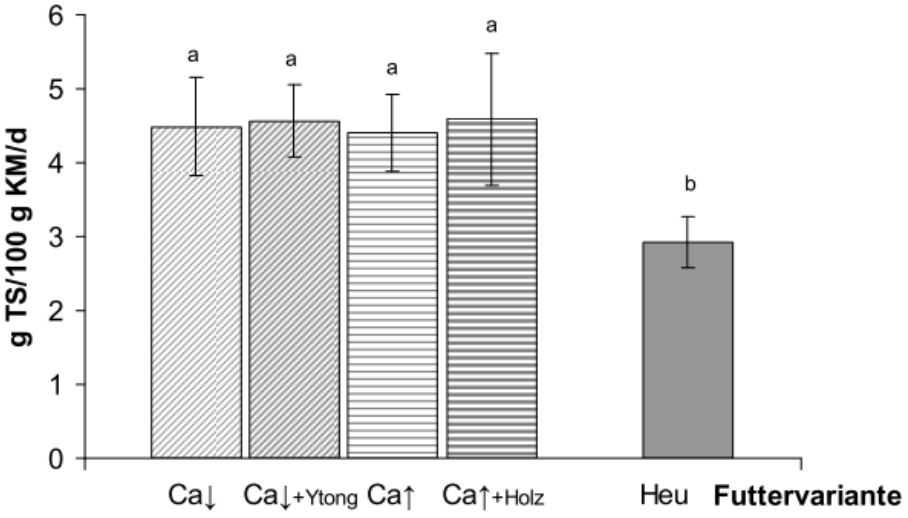


Рисунок 9: Ежедневное потребление корма (г СВ / 100 г массы тела) у молодых шиншилл (фаза «a») при предложении различных кормов

Прим. пер. к рисунку 9: Holz – дерево, Futteraufname – потребление пищи, Ytong – пористый бетон, Heu – сено, TS – сухое вещество

Сравнение возрастных ступеней:

В самой молодой возрастной группе (фаза «a») молодые животные при балансовом исследовании потребляли значительно больше пищи в зависимости от массы тела, чем соответствующая группа взрослых, получавшая аналогичное питание. Внутри соответствующих групп кормления молодые животные в первом балансовом тесте (соответствующем самой младшей возрастной группе) поедали значительно большее количество пищи, чем в третьем балансовом тесте, если рассматривать это относительно массы тела. В группах J IV и V среднесуточное потребление корма в расчете на 100 г массы тела в первом балансовом тесте также отличалось от показателей второго. В третьем балансовом тесте (возрастная группа «c») потреблялось наименьшее количество пищи с точки зрения массы тела для во всех групп молодняка.

Влияние содержания Ca на потребление корма шиншиллами:

Влияние содержания Ca на потребление корма не может быть четко определено ни у молодых, ни у взрослых шиншилл. В ювенильных группах не наблюдалось никаких существенных различий между средним потреблением пищи с низким содержанием Ca (J I и II) и полнорационным кормом с высоким содержанием кальция (J IV и V). Это также относится и к сопоставимым группам питания взрослых шиншилл.

2.2. Потребление материала для погрызания и оценка грызущей активности

Приблизительная средняя зарегистрированная масса материала для погрызания показана в таблицах 14 и 15 в количественном выражении. Древесина и камень Ytong имели низкую абсолютную массу, составляющую в среднем 0,1-2,1 г СВ / животное / сут.

Таблица 14: Потребление древесины для погрызания шиншиллами (г СВ/ животное / день)

Группа	Питание	Баланс	Потребление дерева
J V (n=4)	ГПК Ca↑	a	0,25 ± 0,17
		b	0,38 ± 0,22
		c	1,56 ± 1,77
A (n=5)	ГПК Ca≈	1	0,57 ± 0,92
	ГПК Ca↑	2	0,13 ± 0,13

Таблица 15: Потребление камня Ytong в качестве материала для погрызания в дополнение к гранулированному полнорационному корму для шиншилл (г СВ / животное / сутки; n = 5 животных)

Группа	Питание	Баланс	Потребление камня
J II	ГПК Ca↓	a	0,70 ± 0,60
		b	0,44 ± 0,34
		c	1,77 ± 1,26
A	ГПК Ca↓	3	2,06 ± 1,75

Активность погрызания была дополнительно задокументирована во время наблюдения за животными при балансовых тестах (в соответствии со шкалой оценки) и по обнаружению древесной стружки или частиц известняка, получившихся в результате погрызания. Это было сделано, чтобы проверить, насколько интенсивно использовался животными предложенный материал для погрызания. Можно сделать следующие заявления:

- Каждая шиншилла проявляла интерес к материалу для погрызания.
- Камень Ytong был частично "обработан" лапами и использовался животными как рыхлый мелкий материал для пылевых ванн.
- Грызущая активность варьировалась индивидуально между животными и между днями от слабой до ярко выраженной.
- Зарегистрированная масса материала погрызания не обязательно характеризует грызущую деятельность, поскольку, например, даже при измеренном потреблении <1 г древесной щепы или известковой пыли, ее можно собрать в некоторых количествах (см. рисунок 10).

Рисунок 10: Документирование грызущей активности (результат после одного дня с потреблением древесной щепы в количестве приблизительно 0,9 г СВ)

2.3. Потребление воды

В следующих таблицах 16, 17 и 18 показана среднесуточная масса воды, потребляемой из ниппельных поилок во время балансовых тестов. У животных была выражена индивидуальная изменчивость - на это указывает высокое стандартное отклонение. При предложении гранулированной полнорационной диеты среднее потребление воды у шиншилл составляло 0,9-1,8 мл на г сухого вещества корма. В пересчете на массу тела было получено значение в среднем 2,8-7,4 мл / 100 г массы тела. В группе молодых шиншилл, которых кормили только сеном потребление воды в пересчете на массу тела и на потребленное сухое вещество в среднем было немного больше (5,5-7,4 мл / 100 г массы тела, 2,1-2,5 мл / г СВ / день). Влияние возраста на водопоглощение у молодняка не удалось определить при сравнении различных балансовых тестов (a, b, c). Аналогично, влияние на потребление воды в зависимости от потребления Ca в предлагаемой диете не было зарегистрировано у взрослых шиншилл или молодняка (статистически значимых различий не выявлено).

Таблица 16: Ежедневное потребление воды молодыми шиншиллами в различных возрастных группах (баланс a, b, c) с предложением гранулированного полнорационного корма (ГПК) (n = 5 животных)

Группа (тип питания)	Баланс	мл/животное	мл/100 г массы тела	мл/г СВ
J I (ПГК Ca↓)	a	25,0 ± 8,91	5,69 ± 1,71	1,31 ± 0,43
	b	24,8 ± 11,2	5,25 ± 2,47	1,38 ± 0,43
	c	29,1 ± 12,3	5,63 ± 2,09	1,75 ± 0,89
J II (ПГК Ca↓ + камень)	a	18,8 ± 5,42	4,08 ± 1,08	0,89 ± 0,22
	b	21,6 ± 4,39	4,00 ± 0,82	1,11 ± 0,25
	c	18,4 ± 5,30	3,14 ± 0,95	1,10 ± 0,38
J IV (ПГК Ca↓)	a	35,7 ± 17,7	7,41 ± 2,54	1,70 ± 0,62
	b	27,1 ± 20,2	4,87 ± 2,91	1,54 ± 0,87
	c	32,1 ± 16,8	5,49 ± 2,22	1,63 ± 0,75
J V (ПГК Ca↓ + дерево) *	a	28,9 ± 8,06	5,92 ± 2,04	1,29 ± 0,26
	b	21,8 ± 7,53	3,85 ± 1,27	1,36 ± 0,60
	c	21,9 ± 5,08	3,68 ± 0,57	1,08 ± 0,23

* n=4

Таблица 17: Суточное потребление воды молодыми шиншиллами в разных возрастных группах (баланс a, b, c) при кормлении сеном (n = 5 животных)

Группа (тип питания)	Баланс	мл/животное	мл/100 г массы тела	мл/г СВ
J III (сено)	a	31,2 ± 19,1	7,39 ± 4,63	2,52 ± 1,64
	b	28,8 ± 26,6	7,27 ± 6,54	2,43 ± 2,63
	c	25,2 ± 13,0	5,53 ± 2,84	2,12 ± 1,07

Таблица 18: Ежедневное потребление воды взрослыми шиншиллами при кормлении ГПК (n = 5 животных)

Группа (тип питания)	Питание	мл/животное	мл/100 г массы тела	мл/г СВ
A	1 (ГПК Ca≈ + дерево)	16,1 ± 9,54	3,38 ± 2,21	1,06 ± 0,47
	2 (ГПК Ca↑ + дерево)	14,1 ± 4,20	3,26 ± 1,32	1,61 ± 0,60
	3 (ГПК Ca↓ + камень)	13,9 ± 4,70	3,19 ± 1,38	1,05 ± 0,40
B	1 (ГПК Ca≈)	18,0 ± 2,31	3,19 ± 0,36	1,02 ± 0,12
	2 (ГПК Ca↑)	14,4 ± 4,57	2,75 ± 0,48	1,08 ± 0,19
	3 (ГПК Ca↓)	14,3 ± 3,16	2,97 ± 1,25	1,20 ± 0,24

3. Структура фекалий

На протяжении всего экспериментального периода у фекалий всех животных отмечался размер, форма, цвет, консистенция и запах в зависимости от физиологической структуры.

Были замечены следующие особенности:

- В группе, которой скармливалось исключительно сено (J III), фекалии шиншилл были однородно зеленоватыми и больше по размеру, чем при использовании других кормов.
- Особенно возрастные животные из взрослых групп иногда демонстрировали более мелкие округлые болюсы более жесткой консистенции. При этом фекалии, типичные для нарушений проходимости (более длинные, тонкие, слегка спиральные фекалии, RÖDER-THIEDE 1990), никогда не наблюдались.

4. Объем и состав мочи

При рассмотрении объема мочи (см. таблицу 19) следует учитывать, что приведенные значения не являются значениями, фактически измеренными в пределах 24-часовых интервалов сбора суточного количества мочи. Количество

мочи, собранной за 24 часа, было рассчитано как сумма количеств, собранных при четырех фазах сбора по шесть часов каждая. У молодняка сбор мочи происходил только в третьем балансовом тесте («c»). Выявленное количество мочи в среднем по группе составило 2,91-7,21 мл за 24 часа.

В качестве сноски в таблице 19 указаны скорректированные средние значения после обоснованного удаления крайне отклоняющихся индивидуальных значений концентрации Ca и P в моче. Из-за порой очень малой массы пробы повторный анализ проб мочи был невозможен. Концентрации минералов определяли в каждом случае в пределах 24-часовой аликвоты. При заметно более высоком стандартном отклонении в результате специфических для животных различий концентрация Ca в моче варьировалась в среднем в диапазоне 22,4-95,8 мг / дл, а концентрация P - 2,68-11,3 мг / дл, при этом разница между различными рационами и возрастными группами не подкреплялась статистически после корректировки значения α.

Таблица 19: Объем мочи (мл / животное / 24 ч), а также концентрация Ca и P (мг / дл) в моче шиншилл (n = 5 для всех групп) при разном питании.

Группа		Питание	Объем мочи	Кальций	Фосфор
			мл/животное/24 ч	мг/дл/мочи	мг/дл/мочи
Молодые животные	J I	ГПК Ca↓	7,18 ± 6,19	22,4 ± 4,88[1]	20,1 ± 20,6[d]
	J II	ГПК Ca↓ + камень	3,53 ± 2,41	48,0 ± 34,8[a]	5,16 ± 3,43
	J III	Сено	5,12 ± 2,92	95,8 ± 30,7	7,78 ± 4,81
	J IV	ГПК Ca↑	7,21 ± 3,30	60,0 ± 25,6	4,61 ± 2,43
	J V [1]	ГПК Ca↑ + дерево	2,91 ± 1,20	125 ± 63,9[b]	4,51 ± 0,54
Взрослые животные	A	ГПК Ca≈ + дерево	5,62 ± 4,07	54,9 ± 24,7	3,03 ± 2,71
		ГПК Ca↑ + дерево	4,75 ± 3,32	55,7 ± 14,3	2,68 ± 0,47
		ГПК Ca↓ + камень	5,50 ± 5,20	66,9 ± 64,4[c]	5,79 ± 2,09
	B	ГПК Ca≈	3,75 ± 2,08	53,0 ± 16,6	4,12 ± 2,06
		ГПК Ca↑	4,10 ± 2,45	70,6 ± 7,75[1]	3,75 ± 1,17
		ГПК Ca↓	5,57 ± 2,17[1]	26,0 ± 15,3[1]	14,5 ± 11,2[1e]

После отброса экстремальных значений позиция, обозначенная надстрочным индексом, становится следующей: [a] 33,2 ± 12,7 (n = 4); [b] 73,5 ± 17,7 (n = 2); [c] 38,4 ± 10,7 (n = 4); [d] 11,3 ± 7,25 (n = 4); [e] 9,81 ± 6,06 (n = 4)

[1] n = 4;

Не было выявлено зависимости концентрации Ca или P в моче от потребления Ca.

Не удалось определить линейную зависимость между объемом пробы мочи и концентрацией Ca или P (представление всех отдельных значений на рисунках 11 и 12). В регрессионном анализе для обоих случаев приведена мера определённости R^2 <0,07.

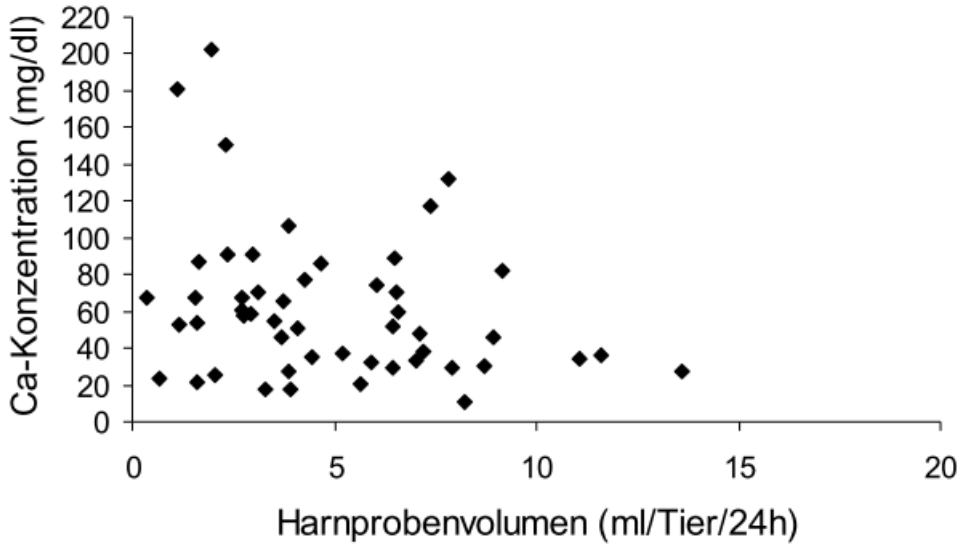


Рисунок 11: Концентрация Ca в моче [мг/дл] при различном количестве мочи у шиншилл

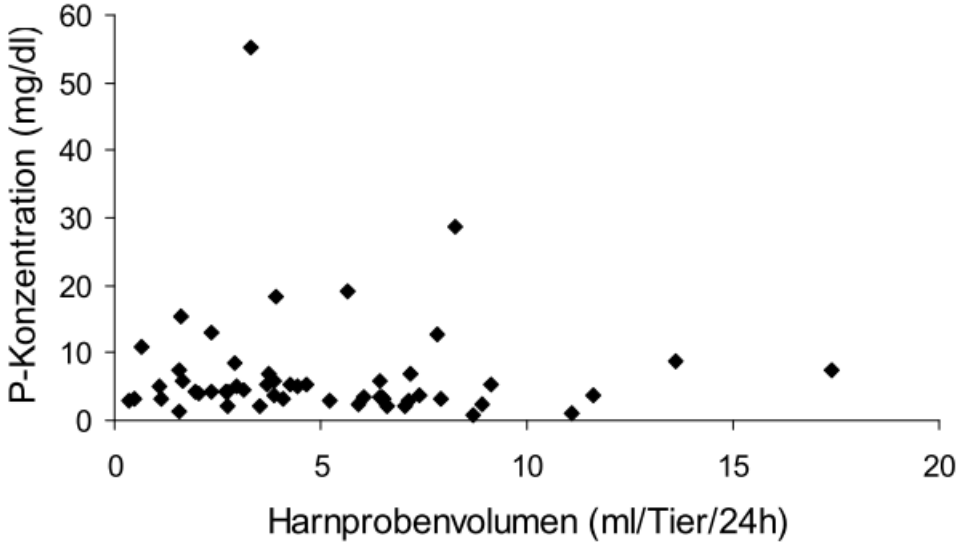


Рисунок 12: концентрация P в моче [мг / дл] при разном количестве мочи у шиншилл

Прим. пер. к рисункам 11 и 12: Harnprobenvolumen (ml/Tier/24h) – объем пробы мочи (мл/животное/24 ч), Ca (P)-Konzentration (mg/dl) – концентрация кальция (фосфора) (мг/дл)

Макроскопическая оценка свежей мочи выявила четкие различия: цвет мочи варьировался от почти бесцветного, беловатого, желтого, красновато-коричневого до коричневого. Поскольку интервал сбора составлял до 60 минут, нельзя исключать потемнение от контакта с кислородом в течение этого времени. Частично были распознаны быстро осаждающиеся структуры. Собранные порции мочи были от светло-прозрачных до молочно-мутных. Взаимосвязь между окрашиванием или помутнением мочи и типом кормления или содержанием Ca в корме не может быть определена, особенно потому, что в отдельных образцах мочи, собранных в четырех фазах сбора с неизменным по составу кормлением, наблюдались значительные различия у отдельных животных. Время суток не оказывало заметного влияния на окрашивание и помутнение мочи.

5. Отбор предложенного сена

Хотя сено, использованное в эксперименте, было относительно богато сырой клетчаткой, можно даже сказать, «соломенным», среднего качества, было проверено, выбирали ли животные определенные компоненты, такие как листья или травы (возможно, с более высоким содержанием Ca). С этой целью были исследованы как само сено («исходный материал»), так и его остатки на предмет содержания сырой клетчатки, кальция и фосфора (см. таблицу 20).

Табл. 20: концентрации кальция, фосфора и сырой клетчатки [г / кг СВ] в предлагаемом сене и его остатке (предложение сена ad libitum (*без ограничений*), n = 6 взрослых шиншилл)

Проба сена	Сырая клетчатка	Кальций	Фосфор
Исходный материал*	333	4,20	2,27
Оставшееся сено	324 ± 11,7	2,42 ± 0,18	2,43 ± 0,16

* Взвешивание в селективном тесте. Сено в балансовом тесте (группа J III) содержало 346 г сырой клетчатки/ кг СВ, 3,83 г Ca / кг СВ и 2,62 г P / кг СВ.

При сравнении с составом и весом исходного и оставшегося сена, использованного в эксперименте, особенно заметно более низкое содержание Ca в оставшемся сене (2,42 г Ca / кг СВ в остатке сена по сравнению с 4,20 г / кг СВ в исходном сене), что указывает на избирательное потребление богатых кальцием компонентов. Принимая во внимание стандартное отклонение и определенную лабораторную аналитическую погрешность, не было выявлено значимой разницы между начальной и конечной массой сена в отношении содержания сырой клетчатки. Шиншиллы не делали явного выбора по «структуре».

6. Усвояемость рационов

Используемый ниже термин «усвояемость» в основном означает только кажущуюся усвояемость (см. раздел «Методика», стр. 57).

6.1. Усвояемость органических веществ

Усвояемость органического вещества (УОВ) определялась при балансовых тестах в течение пяти дней с пятью животными (за исключением группы J V с n = 4) (см. таблицы 21 и 22). Статистические оценки были проведены между различными группами питания в одной и той же возрастной группе (подведение итогов по строкам) и в рамках одного варианта кормления между различными возрастными группами (a, b, c; подведение итогов по столбцам). Вероятно, потребленные частицы древесины или Ytong не учитывались математически.

Таблица 21: Усвояемость органического вещества [%] в разных рационах у молодых шиншилл (n = 5)

Балансовый тест	J I (ГПК Ca↓)	J II (ГПК Ca↓ + камень)	J III (Сено)	J IV (ГПК Ca↑)	J V (ГПК Ca↑ + дерево) [1]
a	64,2 ± 2,39[a]	63,8 ± 1,70 [a]	43,7 ± 6,15[b]	59,3 ± 3,41 [a]	58,5 ± 4,40 [a]
b	61,4 ± 2,51 [a]	62,7 ± 1,19 [a]	42,7 ± 5,60 [b]	59,1 ± 3,02 [a]	58,3 ± 4,02 [a]
c	64,3 ± 1,55 [a]	62,8 ± 0,72 [a]	48,0 ± 4,00 [b]	57,4 ± 2,84 [a]	59,1 ± 2,73 [a]

[1] n = 4. Значимые различия при p <0,05 отмечены в разными надстрочными индексами.

Таблица 22: Усвояемость органического вещества [%] при различных рационах (ГПК ± материал для погрызания) у взрослых шиншилл (n = 5)

Группа	Питание	Усвояемость органического вещества [%]
A	ГПК Ca≈ + дерево	60,5 ± 1,55
B	ГПК Ca≈	59,9 ± 2,32
A	ГПК Ca↑ + дерево	64,0 ± 5,44
B	ГПК Ca↑	60,0 ± 6,23
A	ГПК Ca↓ + камень	64,2 ± 2,77
B	ГПК Ca↓	61,1 ± 4,60

Существенных различий средних значений нет.

Уровни усвояемости при экспериментальных гранулированных рационах в группах молодняка варьировались в среднем от 57,4 до 64,3%. Сено, однако, в гораздо меньшей степени усваивалось молодняком (Усвояемость органического вещества: 42,7-48,0%), при этом содержание сырой клетчатки в сене составляло 346 г / кг СВ (по сравнению с 161 г / кг СВ при кормлении ГПК Ca ↓ или 143 г /

кг СВ при кормлении ГПК Ca ↑). Различие между более низким уровнем усвояемости органического вещества сена и более высоким у гранулированного тестового корма может быть оценено как значимое для той же возрастной ступени (при P <0,05). Между различными гранулированными полнорационными кормами (с разным содержанием Ca) не было найдено различий в усвоении органического вещества.

В рамках одного типа кормления не было значимо отличающихся различий средних величин между тремя возрастными группами (a, b, c).

В случае взрослых шиншилл средние значения усвоения органического вещества составили от 59,9 до 64,2% при использовании гранулированного тестового корма (примечание для сравнения: тестовый корм ГПК Ca≈ содержал 158 г сырой клетчатки / кг СВ). Значимых различий между средними значениями при сопоставимых вариантах кормления не обнаружено.

6.2. Поглощение / выделение / усвояемость кальция и фосфора

Потребление кальция

При низком содержании Ca в корме (ГПК Ca ↓) молодые шиншиллы из группы J I получали в среднем 342-405 мг кальция на животное с кормом в течение пяти дней балансового теста. Группа, которая могла дополнительно грызть камень Ytong (группа J II), потребляла значительно больше кальция: здесь потребление составляло 834-1972 мг / животное / 5 дней.

При кормлении исключительно сеном были зарегистрированы самые низкие массы Ca (в среднем 226-240 мг / животное / 5 дней).

При более высоком содержании Ca в рационе животные групп J IV и J V получали в среднем 1520-1910 мг / животное / 5 сут.

У взрослых шиншилл подобные массы Ca были зарегистрированы при сопоставимом питании. При низком содержании Ca в корме в течение пяти дней было получено значение в среднем 250 ± 38,1 мг кальция на животное группы B, при среднем содержании Ca 732 ± 108 мг / животное / 5 дней, при более высокой концентрации Ca в корме (ГПК Ca ↑) - 1306 ± 241 мг кальция на животное в течение пяти балансовых дней. Дополнительное предложение ad libitum камня для погрызания Ytong при рационе с низким содержанием Ca значительно увеличило потребление кальция до 2243 ± 343 мг / животное / 5 дней (Группа A)

по сравнению с умеренным и более высоким содержанием Ca в рационе, а также значительно больше, чем в группе B с тем же гранулированным кормом без введения в него камня Ytong.

Выделения кальция с фекалиями:

Самый низкий уровень кальция выделялся с фекалиями в группе молодняка J I (ГПК Ca ↓) и составлял в среднем 271–342 мг / животное / 5 дней. Немного выше была экскреция в группе J III (сено) с 312-425 мг кальция на животное в течение пяти дней. Кроме того, немного большее количество кальция выделялось у экспериментальной группы J II (ГПК Ca ↓ + камень Ytong, 584-648 мг / животное / 5 дней). Бросалось в глаза гораздо более высокое выделение кальция с фекалиями у групп J IV и J V (ГПК Ca ↑ ± дерево). С 1470-1831 мг (J IV) или 1549-1816 мг (J V) кальция / животное / 5 дней средние значения обеих групп в каждом балансовом исследовании значительно отличаются от средних значений групп J I, II и III.

У взрослых шиншилл подобные различия были обнаружены в группе кормления B. В среднем наименьшее количество кальция (220 ± 47,1 мг кальция / 5 дней) выделялось в группе с низким содержанием Ca в рационе. Значительно больше кальция выделялось при среднем содержании Ca в рационе (686 ± 132 мг / животное / 5 дней). Наибольшее выделение Ca происходило при повышенном поглощении его с кормом: при 1270 ± 284 мг / животное / 5 дней экскреция значительно отличалась от выделенной массы Ca, когда предлагались ГПК Ca ↓ и ГПК Ca≈.

Более подробная информация и статистическая оценка потребления и выделения кальция с фекалиями приведены в приложении к работе.

В целом, была обнаружена очень тесная корреляция между потреблением кальция и его экскрецией с фекалиями как у взрослых шиншилл, так и у молодняка (см. рисунок 13 и 14). Вариант кормления «pAFCa ↓ + Ytong» не рассматривался из-за возможной потери камня Ytong при рассыпании его крошек (см. раздел «Критика методов»).

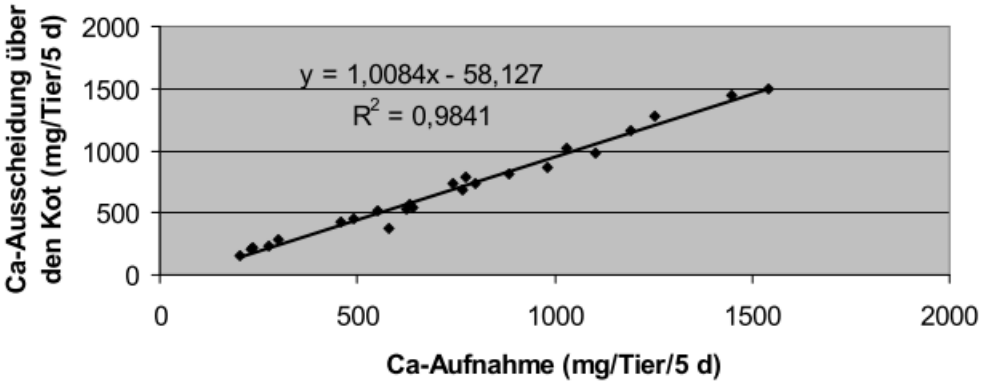


Рисунок 13: Выделение Ca с фекалиями в зависимости от потребления Ca с пищей у взрослых шиншилл

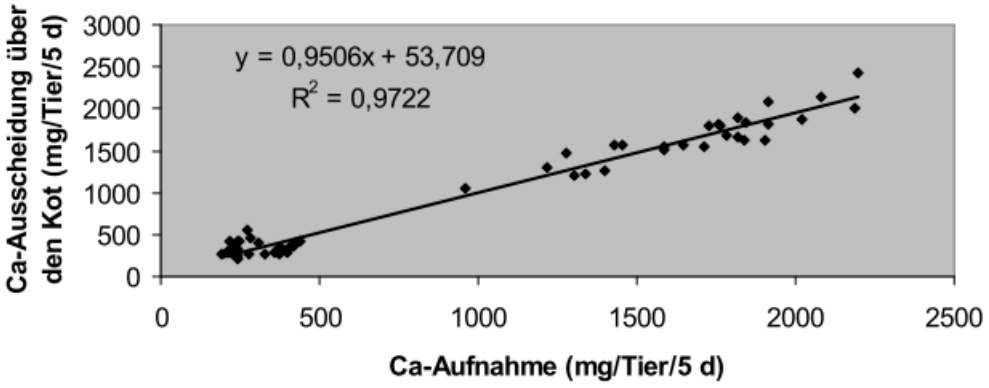


Рисунок 14: Выделение Ca с фекалиями в зависимости от потребления Ca с пищей у молодых шиншилл

Прим. пер. к рисункам 13 и 14: Ca-Ausscheidung über den Kot (mg/Tier/5 d) – выделение кальция с фекалиями (мг/животное/5 дней), Ca-Aufnahme (mg/Tier/5 d) – потребление кальция (мг/животное/5 дней)

Усвояемость Ca (sV Ca) варьировалась от -78,7 до 72,4% при различном потреблении Ca в балансовых исследованиях. Наблюдалось заметно высокое стандартное отклонение и иногда значительные различия между тремя балансовыми тестами групп молодых животных. Это представлено в таблице 23.

При низком содержании Ca в корме у группы J I среднее значение составило 6,92-20,3%. Значение усвояемости Ca в сопоставимой группе взрослых животных (B, третий балансовый тест) без учета стандартного отклонения, составляло 12,4% в середине указанной области для группы молодых особей. При дополнительном снабжении кальцийсодержащими камнями Ytong (ГПК Ca ↓ ± Ytong) усвоение Ca у группы молодняка J II составляло в среднем 20,2-69,2%, во

взрослой группе (A, третий балансовый тест) даже 72,4%. Если рассмотреть группы молодых шиншилл с более высоким содержанием Ca в рационе (J IV и V с pAF Ca ↑ ± дерево), наблюдалось значительно более низкое среднее значение усвояемости Ca от -2,37 до 3,80%. В случае кормления одним лишь сеном в балансовом тесте были определены отрицательные значения: здесь усвояемость Ca в среднем составляла от -78,8 до -33,8%, но при этом не учитывалось возможное селективное потребление богатых кальцием компонентов (см. главу 5).

Статистические оценки усвояемости и выделения Ca с мочой были выполнены для одной и той же возрастной ступени (баланс соответствующей фазы) между пятью группами молодняка и для взрослых животных между сопоставимыми группами кормления (маркировка значимых средних различий при $P < 0,05$ делалась различными надстрочными цифрами) либо у молодняка в рамках одного варианта кормления, в каждом случае между разными возрастными ступенями (a, b, c, маркировка значимых различий осуществлялась разными буквами). Оценки необходимо читать по столбцам для каждого параметра.

Таблица 23: Усвояемость Ca при кормлении шиншилл разными рационами (каждая группа n = 5 животных)

Группа	Питание	Балансовый тест	Усвояемость кальция (%)
J I	ГПК Ca↓	a	15,8 ± 9,39 [a,1]
		b	6,92 ± 4,39 [a,1]
		c	20,3 ± 5,11 [a,1,4]
J II	ГПК Ca↓ + камень Ytong	a	40,5 ± 23,7 [a,1,4]
		b	20,2 ± 15,2 [a,1]
		c	69,2 ± 6,09 [b,2]
J III	Сено	a	-33,8 ± 12,4 [a,2]
		b	-78,7 ± 18,6 [b,2]
		c	-38,2 ± 23,7 [a,3]
J IV	ГПК Ca↑	a	1,64 ± 8,46 [a,1,3]
		b	2,40 ± 8,82 [a,1]
		c	-2,37 ± 5,57 [a,4]
J V*	ГПК Ca↑ + дерево	a	3,80 ± 13,1 [a,1,3]
		b	0,25 ± 11,7 [a,1]
		c	-0,56 ± 5,97 [a,4]
A	ГПК Ca≈ + дерево	1	8,40 ± 1,02 [1]
	ГПК Ca↑ + дерево	2	13,1 ± 13,6 [1]
	ГПК Ca↓ + камень Ytong	3	72,4 ± 11,2 [° 2]
B	ГПК Ca≈	1	6,73 ± 7,02 [1]
	ГПК Ca↑	2	0,96 ± 7,10 [1]
	ГПК Ca↓	3	12,4 ± 6,47 [° 1]

* n = 4; ° = значимая разница между A 3 и B 3.

Выделение Ca с мочой (почечная экскреция кальция) также показало большие различия между отдельными животными (некоторые значимые стандартные отклонения от среднего значения в каждом случае). Масса выделившегося Ca варьировалась в среднем от 5,53 до 25,9 мг / животное / 5 дней, в результате чего между разными группами кормления не было выявлено существенных различий (см. таблицу 24).

Таблица 24: Выделение Ca с мочой при кормлении шиншилл разными рационами (каждая группа n = 5 животных)

Группа	Питание	Балансовый тест	Выделение кальция с мочой (мг/животное/5 дней)
J I	ГПК Ca↓	c	5,53 ± 4,38*
J II	ГПК Ca↓ + Ytong	c	9,24 ± 8,00
J III	Сено	c	25,9 ± 20,2
J IV	ГПК Ca↑	c	21,2 ± 12,4
J V*	ГПК Ca↑ + Holz	c	16,4 ± 5,49
A	ГПК Ca≈ + дерево	1	12,4 ± 5,24
	ГПК Ca↑ + дерево	2	12,4 ± 9,11
	ГПК Ca↓ + камень Ytong	3	10,6 ± 5,87
B	ГПК Ca≈	1	9,27 ± 4,83
	ГПК Ca↑	2	17,4 ± 4,91*
	ГПК Ca↓	3	6,48 ± 2,95*

* n = 4

Потребление фосфора

Потребление P у молодых шиншилл (J I, II, IV и V) варьировалось в пределах 312-475 мг / животное в течение пяти дней исследования. Для групп J I и J II (ГПК Ca ↓ ± камень Ytong) было зафиксировано потребление P 364-457 мг / животное / 5 дней. При незначительно отличающиеся животные групп IV и V (ГПК Ca ± древесина) потребляли немного меньшее количество фосфора: 312-393 мг / животное / 5 дней. Если посмотреть на группу J III (исключительно сено в качестве питания), во всех трех балансовых испытаниях наблюдалось значительно меньшее потребление P: 154-162 мг на животное в течение пяти дней.

Зарегистрированная масса P у взрослых шиншилл отличалась, как и в потреблении кальция. Местами отличалась значительно от таковой в соответствующей группе молодняка, с учетом более низкого потребления корма у взрослых животных в балансовых клетках. При предложении рациона с низким содержанием кальция шиншиллы потребляли в среднем 266-301 мг фосфора / животное / 5 дней, при среднем содержании Ca в рационе - 336-401 мг и значительно меньше, 187-243 мг на животное в течение пяти дней исследования, при более высоком содержании Ca в рационе.

Выделение фосфора с фекалиями

У молодых животных, получавших гранулированный корм (J I, II, IV и V), через фекалии выделялось в среднем 312-420 мг фосфора / животное / 5 дней. «Сенная группа» имела значительно более низкую экскрецию фосфора с фекалиями - 188-250 мг / животное / 5 дней.

Взрослые животные при низком содержании Ca в корме выделяли с фекалиями в среднем 224-263 мг фосфора / животное за пять дней. Когда предлагался средний уровень содержания Ca в рационе, средняя экскреция составляла около 325 мг / животное / 5 дней, а при более высоком содержании Ca в рационе экскреция P составляла 224-272 мг / животное / пять дней. Никаких существенных различий средних значений между сопоставимыми взрослыми группами испытуемых не было найдено.

Также в приложении к диссертации в табличной форме представлена более подробная информация и статистическая оценка этих данных.

Усвояемость фосфора (sV_P) явно варьировалась так же, как и у кальция. Для всех групп были определены значения между -54,6 и 19,6%, некоторые из них были отрицательными (см. таблицу 25), в результате чего были отмечены значительные различия не только между различными группами по типу кормления, но также между тремя балансовыми группами молодых животных. Для групп J I и II (pAFCa ↓ ± дерево) был определен уровень усвояемости фосфора 3,77-17,5%. Кормление исключительно сеном дало от -54,6 до -21,5% усвоения фосфора. Также в двух экспериментальных группах с более высоким содержанием Ca в корме (J IV и V) был отмечен низкий уровень усвояемости фосфора: от -15,5 до 0,62%.

У взрослых шиншилл самая низкая средняя усвояемость фосфора наблюдалась при кормлении рационом с самым высоким содержанием Ca в пище (от -19,1 до -13,1%), при среднем содержании Ca в рационе 3,05-19,6% и при низком содержании Ca в рационе 12,2-16,3% sV_P. Не было выявлено значимых различий средних значений для сопоставимых групп питания молодняка (см. приложение).

Таблица 25: Усвояемость фосфора при кормлении шиншилл разными рационами (в каждой группе n = 5 животных)

Группа	Питание	Балансовый тест	Усвояемость фосфора (%)
J I	ГПК Ca↓	a	17,5 ± 8,97 [a,1]
		b	8,96 ± 3,65 [a,1]
		c	13,7 ± 8,92 [a,1]
J II	ГПК Ca↓ + камень Ytong	a	15,6 ± 19,5 [a,1]
		b	17,4 ± 6,28 [a,1]
		c	3,77 ± 10,6 [a,1,2]
J III	Сено	a	-21,5 ± 10,7 [a,2]
		b	-54,6 ± 17,8 [b,2]
		c	-22,0 ± 9,49 [a,2]
J IV	ГПК Ca↑	a	0,62 ± 13,8 [a,1,2]
		b	-4,57 ± 10,4 [a,1]
		c	-15,5 ± 4,70 [a,2]
J V*	ГПК Ca↑ + дерево	a	0,30 ± 15,7 [a,1,2]
		b	-2,53 ± 12,9 [a,1]
		c	-8,06 ± 15,7 [a,1,2]
A	ГПК Ca≈ + дерево	1	3,05 ± 11,6 [1,2]
	ГПК Ca↑ + дерево	2	-19,1 ± 8,25 [1]
	ГПК Ca↓ + камень Ytong	3	12,2 ± 6,03 [2]
B	ГПК Ca≈	1	19,6 ± 18,9 [1]
	ГПК Ca↑	2	-13,1 ± 15,4 [2]
	ГПК Ca↓	3	16,3 ± 8,74 [1,2]

*n=4

Экскреция P с мочой варьировалась в среднем от 0,63 до 4,70 мг / животное в течение пяти дней, без существенных различий между группами по типу питания (см. таблицу 26).

Таблица 26: Выделение P с мочой при кормлении шиншилл разными рационами (в каждой группе n = 5 животных)

Группа	Питание	Балансовый тест	Выделение фсофора с мочой (мг/животное/5 дней)
J I	ГПК Ca↓	c	4,70 ± 3,42
J II	ГПК Ca↓ + Ytong	c	0,64 ± 0,30
J III	Сено	c	1,90 ± 1,79
J IV	ГПК Ca↑	c	1,51 ± 0,74
J V*	ГПК Ca↑ + Holz	c	0,68 ± 0,38
A	ГПК Ca≈ + дерево	1	0,63 ± 0,44
	ГПК Ca↑ + дерево	2	0,63 ± 0,45
	ГПК Ca↓ + камень Ytong	3	2,00 ± 2,38
B	ГПК Ca≈	1	0,67 ± 0,27
	ГПК Ca↑	2	0,74 ± 0,41
	ГПК Ca↓	3	4,55 ± 4,94*

*n=4

В таблице 27 показан процент экскреции кальция и фосфора с фекалиями и мочой относительно потребления Ca и P с гранулированным кормом. Глядя на разные группы, заметно, что по крайней мере 80% потребленного кальция, независимо от типа питания, выводится с калом и только 1-3% - с мочой. Из потребленного с пищей фосфора более 86% выводится с калом и только 0,2-1,2% выделяется с мочой.

Табл. 27: Выведение кальция и фосфора у шиншилл с фекалиями и мочой относительно потребления с пищей (каждая группа n = 5)

	Питание (группа)	Выделение кальция (в % от потребления)		Выделение фосфора (в % от потребления)	
		Фекалии	Моча	Фекалии	Моча
Молодые животные	ГПК Ca↓ (J I)	79,7	1,56[1]	86,3	1,23
	ГПК Ca↑ (J IV)	102	1,28	116	0,46
	ГПК Ca↑ + дерево (J V)[1]	101	1,00	108	0,20
Взрослые животные	ГПК Ca≈ + дерево (A)	91,6	2,05[1]	97,0	0,20
	ГПК Ca↑ + дерево (A)	92,4[1]	0,96[1]	119	0,36
	ГПК Ca≈ (B)	93,3	1,24	88,8[1]	0,16
	ГПК Ca↑ (B)	96,8[1]	1,33[1]	108[1]	0,34[1]
	ГПК Ca↓ (B)	87,6*	2,49[1]	87,3[1]	1,20[1]

[1] n = 4; * bei n = 4 животных значение 90,1 %

В следующей таблице 28 показано то же представление для групп J II, взрослых «A» в балансовом тесте 3 и J III. Отдельное рассмотрение было выбрано

намеренно из-за возможных влияющих критических факторов (см. «Критика методов» в разделе обсуждения).

Экспериментальные группы, которые дополнительно получали богатый кальцием камень для погрызания Ytong (J II, взрослые "A" в балансовом исследовании 3), выделяли только около 30% поглощенного кальция с калом. Тем не менее, следует учитывать возможное завышенное потребление Ca из-за раскидывания крошек камня Ytong. Экскреция фосфора с фекалиями достигла таких же высоких значений, как в экспериментальных группах в таблице 27. В среднем 88-96% потребленного фосфора выводится с калом. Выделение с мочой составило в среднем 0,5% потребленного кальция и 0,2-0,7% потребленного фосфора.

При питании исключительно сеном молодые шиншиллы с калом выделяли 138% поглощенного кальция или 122% фосфора. Этот расчет не учитывал предполагаемый выбор шиншиллами частей растений с высоким содержанием минералов. Относительно высокий процент экскреции Ca с мочой не может быть объяснен (11% для кальция против 1,2% для фосфора).

Табл. 28: выделения кальция и фосфора с мочой относительно потребления пищи (сено или ГПК Ca ↓ + камень Ytong) у шиншилл (n = 5 в каждой группе)

Питание (группа)	Выделение кальция (% от потребления)		Выделение фосфора (% от потребления)	
	Фекалии	Моча	Фекалии	Моча
ГПК Ca↓ + камень Ytong (J II)	30,8	0,47	96,2	0,17
ГПК Ca↓ + камень Ytong (Взрослые, A)	27,6	0,50	87,8	0,67
Сено (J III)	138	11,4	122	1,20

7. Изменение массы тела молодых животных

Изменение массы тела регистрировалось еженедельно для каждого животного в течение примерно восьми месяцев.

После прибытия молодых шиншилл при разделении на группы мы удостоверились, что животные были равномерно распределены по группам согласно их массе тела. В разных группах масса тела составляла в среднем 262-286 г / животное. В начале фактического испытательного периода (начало

еженедельных измерений зубов) животные из отдельных групп имели среднюю массу тела 432-477 г при переходе на соответствующую экспериментальную диету.

На рисунке 15 (изменено в соответствии с BUCHER 1994) показано изменение массы тела молодняка в отдельных группах кормления.

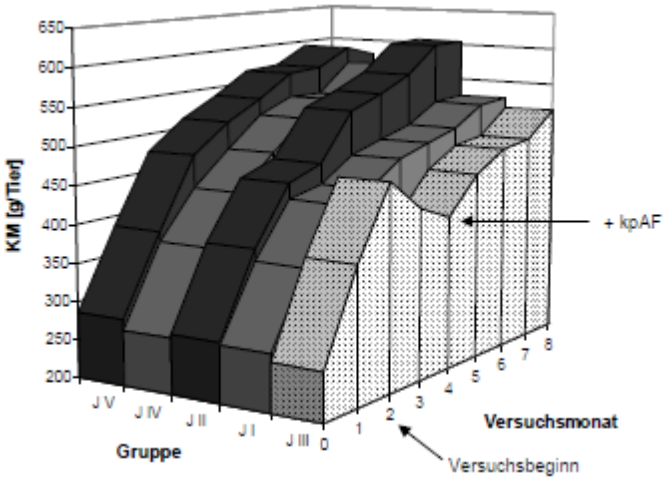


Рисунок 15: Изменение массы тела молодых шиншилл в течение восьми месяцев при кормлении различными рационами (до начала эксперимента n = 6 животных на группу, затем n = 5, для J V n = 4)

Прим. пер. к рисунку 15: KM (g/Tier) – масса тела, (г/животное), Gruppe – группа, Versuchsbeginn – начало эксперимента, Versuchsmonat – месяц эксперимента, + kpAF – добавлен коммерческий полнорационный гранулированный корм.

Изменение массы тела в отдельных группах было изначально (адаптация, преобразование корма) относительно параллельным. Примечательно уменьшение массы тела группы J III с начала эксперимента: при кормлении исключительно сеном была обнаружена средняя потеря массы тела 14,1% в течение двухмесячного периода эксперимента в среднем для пяти животных. За этим последовало добавление коммерческого гранулированного полнорационного корма (КГПК). В последующие четыре месяца исследования средняя масса тела была сопоставима с массой других групп, но к концу экспериментов достигла наиболее низкой величины, равной 512 г. Масса тела в конце эксперимента в других группах молодняка составляла в среднем 525-604 г / животное.

8. Измерения резцов (на живом животном)

8.1. Общие наблюдения

При еженедельных измерениях резцов зубочелюстной ряд шиншилл также оценивался на предмет общего состояния зубов и десен, а также на физиологическую окклюзию и положение зубов. Щечные зубы регулярно проверялись на предмет возможных изменений, таких как образование «крючков». Животные, за некоторыми исключениями, в течение экспериментального периода не показали патологических изменений зубного ряда.

Еще до начала экспериментов по кормлению молодое животное из группы V пришлось подвергнуть эвтаназии из-за абсцесса с начинающимся остеолизом нижней челюсти (см. «Материал и методы»).

Кроме того, взрослая шиншилла из группы «А» (где предлагался материал для погрызания) была замечена до начала эксперимента с удлиненными резцами и повышенным слюноотделением. Было известно, что животное ранее поступило из племенного хозяйства, в котором предлагалось только небольшое количество структурированной сырой клетчатки и не было никакого материала для погрызания. После коррекции длины резцов и контроля щечных зубов (крючков не обнаружено) как верхней, так и нижней челюсти, животное не проявляло каких-либо симптомов или изменений зубов в ходе эксперимента.

У двух очень старых животных из группы «В» (без дополнительного материала для погрызания) были сделаны небольшие поправки на верхний и нижний резцы после 1 фазы исследования (ГПК Ca≈): у одного животного были слегка удлиненные резцы, у второго животного была слегка скошена окклюзионная поверхность резцов (без изменений щечных зубов).

8.2. Рост и истирание

Средние значения роста и истирания зубов для разных групп кормления и фаз испытаний приведены в таблицах 29 и 30. Измерения проводились еженедельно в течение двух месяцев.

В среднем, у молодых животных рост резцов составил 1,20-1,50 мм / нед для верхней челюсти и 1,20-1,78 мм / нед для нижней челюсти. У взрослых

шиншилл скорость роста составляла в среднем 1,18-1,40 мм / нед для верхних резцов и 1,54-1,91 мм / нед для нижних резцов.

Для истирания резцов у молодых шиншилл на верхнечелюстных резцах были получены значения в среднем 1,12-1,34 мм / неделю. Для истирания нижних резцов были определены значения 1,45-1,95 мм / неделю. У взрослых животных среднее истирание резцов за неделю составило 1,16-1,29 мм для верхней челюсти и 1,52-1,91 мм для нижней челюсти.

Статистическая оценка значимых средних различий была сделана для молодняка на основе животных той же возрастной группы между пятью группами кормления (значимые средние различия отмечены разными надстрочными цифрами), либо внутри группы между тремя возрастными группами (a, b, c; разные буквы указывают на значимые средние различия). У взрослых животных в группах были оценены возможные различия внутри группы между тремя различными уровнями Ca в рационе или между группами A и B при одном и том же содержании Ca по отношению к материалу для погрызания. Оценки необходимо читать по столбцам для каждого параметра. Статистическое сравнение параметров молодых и возрастных животных показано в отдельных таблицах для лучшего обзора (см. Приложение).

Далее следует таблица 29, в которой представлены средние значения роста зубов и истирания верхних и нижних резцов молодых животных по группам.

Таблица 29: Рост и истирание резцов шиншиллы в течение двух месяцев при различном содержании Ca в рационе с предложением материала для погрызания и без такового (мм / животное / неделя, на группу n = 5, в группе J V n = 4)

Группа	Питание	Фаза	Резцы верхней челюсти		Резцы верхней челюсти	
			Рост	Истирание	Рост	Истирание
J I	ГПК Ca↓	a	1,50 ± 0,32 ^{a,1}	1,29 ± 0,24	1,55 ± 0,53 ^{a,1}	1,68 ± 0,30 ^{a,1,2}
		b	1,33 ± 0,25 ^{b,1}	1,31 ± 0,22	1,29 ± 0,34 ^{b,1}	1,58 ± 0,33 ^{a,1}
		c	1,30 ± 0,34 ^{b,1}	1,34 ± 0,27	1,24 ± 0,38 ^{b,1}	1,62 ± 0,32 ^{a,1}
J II	ГПК Ca↓ + камень Ytong	a	1,40 ± 0,31 ^{a,1,2}	1,22 ± 0,25	1,72 ± 0,61 ^{a,1}	1,88 ± 0,52 ^{a,1}
		b	1,28 ± 0,25 ^{a,b,1}	1,26 ± 0,25	1,55 ± 0,57 ^{a,b,1}	1,75 ± 0,35 ^{a,b,1,2}
		c	1,20 ± 0,23 ^{b,1}	1,25 ± 0,33	1,37 ± 0,54 ^{b,1}	1,68 ± 0,30 ^{b,1}
J III	Сено	a	1,26 ± 0,33 ^{a,2}	1,12 ± 0,22	1,43 ± 0,42 ^{a,1}	1,45 ± 0,25 ^{a,2}
	Сено + КГПК	b	1,31 ± 0,27 ^{a,1}	1,31 ± 0,23	1,40 ± 0,41 ^{a,1}	1,62 ± 0,35 ^{b,1}
		c	1,21 ± 0,27 ^{a,1}	1,23 ± 0,20	1,20 ± 0,41 ^{b,1}	1,46 ± 0,34 ^{a,1}
J IV	ГПК Ca↑	a	1,45 ± 0,26 ^{a,1,2}	1,31 ± 0,31	1,74 ± 0,54 ^{a,1}	1,94 ± 0,50 ^{a,1}
		b	1,37 ± 0,33 ^{a,b,1}	1,28 ± 0,30	1,47 ± 0,43 ^{b,1}	1,69 ± 0,39 ^{b,1,2}
		c	1,24 ± 0,32 ^{b,1}	1,28 ± 0,32	1,49 ± 0,39 ^{b,1}	1,66 ± 0,45 ^{b,1}
J V	ГПК Ca↑ + дерево	a	1,42 ± 0,37 ^{a,1,2}	1,23 ± 0,19	1,78 ± 0,44 ^{a,1}	1,95 ± 0,37 ^{a,1}
		b	1,30 ± 0,25 ^{a,b,1}	1,29 ± 0,22	1,59 ± 0,38 ^{a,b,1}	1,92 ± 0,32 ^{a,2}
		c	1,26 ± 0,24 ^{b,1}	1,21 ± 0,19	1,44 ± 0,45 ^{b,1}	1,69 ± 0,39 ^{b,1}

(После корректировки α до экспериментального уровня ни одно из различий средних значений не могло считаться значимым, поэтому значимые различия были зарегистрированы при $p < 0,05$ без корректировки α.)

Резцы верхней челюсти молодых шиншилл

Рост зубов:

В первые два месяца испытания (фаза «a») группа J I (ГПК Ca ↓ без материала для погрызания) в среднем показала наибольший рост (1,50 мм / нед), а группа J III, питавшаяся исключительно сеном, значительно отличающийся от J I, наименьший рост зубов (1,26 мм / нед). В других группах питания рост верхних резцов в фазе «a» без влияния содержания Ca или материала для погрызания в среднем составлял 1,40-1,45 мм / нед. В возрастной фазе «b» статистически значимых различий между группами выявить не удалось. Средний рост зубов составлял 1,28-1,37 мм / нед. На последнем этапе эксперимента ("c") были определены еженедельные темпы роста 1,20-1,30 мм в неделю. В этой экспериментальной фазе также не было обнаружено существенных различий, так что ни содержание Ca в использованном гранулированном экспериментальном

корме, ни доступный материал для погрызания (дерево или пористый бетон), ни сено не влияли на рост верхнечелюстных резцов.

В экспериментальных группах скорость роста верхних резцов в фазе «a» была немного выше в молодом возрасте, чем в фазе «b» (исключая J III), и в обеих группах была выше, чем в фазе «c». По мере увеличения возраста шиншилл скорость роста верхнечелюстных резцов, по-видимому, снижалась (значимые различия между фазой «a» и «c» во всех группах молодняка, кроме J III).

Для лучшего обозрения был составлен числовой «рейтинг» скорости роста зубов для различных вариантов кормления:

Фаза "a": сено <ГПК Ca ↓ + камень ytong < ГПК Ca ↑ + древесина < ГПК Ca ↑ < ГПК Ca ↓ (значимая средняя разница между сеном и ГПК Ca ↓)

Фаза "b": ГПК Ca ↓ + камень Ytong < ГПК Ca ↑ + древесина <сено + КГПК < ГПК Ca ↓ < ГПК Ca ↑ (без существенных различий)

Фаза "c": ГПК Ca ↓ + камень Ytong <сено + КГПК < ГПК Ca ↑ < ГПК Ca ↑ + древесина < ГПК Ca ↓ (без существенных различий)

Износ зубов:

Не было выявлено существенных различий в истирании верхних резцов между разными группами питания и разными возрастными группами. В среднем, скорость истирания у животных составляла 1,12-1,34 мм / неделю для верхних резцов.

Числовое «ранжирование» скорости роста при различных вариантах кормления (без существенных различий):

Фаза „a“: Сено < ГПК Ca↓ + камень Ytong < ГПК Ca↑ + древесина < ГПК Ca↓ < ГПК Ca↑

Фаза „b“: ГПК Ca↓ + камень Ytong < ГПК Ca↑ < ГПК Ca↑ + древесина < ГПК Ca↓ = Сено + КГПК

Фаза „c“: ГПК Ca↑ + древесина < Сено + kpAF < ГПК Ca↓ + камень Ytong < ГПК Ca↑ < ГПК Ca↓

Резцы нижней челюсти у молодых шиншилл

Рост зубов:

Не было отмечено значимых различий роста зубов между разными группами по типу кормления (разное содержание Ca в рационе, добавление рациона с древесиной или известняком) нижних резцов на одной возрастной ступени. Однако, по сравнению с резцами верхней челюсти, уменьшение роста зубов наблюдалось с увеличением возраста во всех экспериментальных группах («a»> «b»> «c»). В первые восемь недель эксперимента (фаза "a") рост нижних резцов в неделю составлял в среднем 1,43-1,78 мм. В фазе "b" была определена более низкая скорость роста, равная 1,29-1,59 мм / нед, а в последней фазе эксперимента ("c") рост нижнечелюстных резцов составил 1,20-1,49 мм / нед.

Числовое «ранжирование» скорости роста по типам кормления (без значимых различий):

Фаза "a": сено < ГПК Ca ↓ < ГПК Ca ↓ + камень Ytong < ГПК Ca ↑ < ГПК Ca ↑ + древесина

Фаза "b": ГПК Ca ↓ <сено + КГПК < ГПК Ca ↑ < ГПК Ca ↓ + камень Ytong < ГПК Ca ↑ + древесина

Фаза "c": сено + КГПК < ГПК Ca ↓ < ГПК Ca ↓ + камень Ytong < ГПК Ca ↑ + древесина < ГПК Ca ↑

Износ зубов:

Истирание резцов нижней челюсти значительно отличалось между разными группами питания у молодых шиншилл в рамках одной возрастной группы. В первой фазе эксперимента ("a") была определена средняя скорость истирания зубов 1,45-1,95 мм / нед. Здесь можно заметить значительно меньший износ зубов при кормлении одним лишь сеном по сравнению с кормлением ГПК Ca ↓ с дополнением в виде камня Ytong, а также по сравнению с кормлением ГПК Ca ↑ с древесиной для погрызания или без нее. В последующие восемь недель эксперимента истирание нижних резцов в среднем составляло 1,58-1,92 мм / нед. В фазе «b» группа J I (ГПК Ca ↓ без материала для погрызания) показала значительно более низкое истирание по сравнению с группой молодняка с более высоким содержанием Ca в корме и древесиной для погрызания (J V). Кроме того, при кормлении коммерческим гранулированным кормом и сеном (J III) было

выявлено значительно меньшее истирание зубов по сравнению с экспериментальным кормом ГПК Ca ↑ с дополнением в виде древесины для погрызания (J V). В фазе «c» измеряли средний износ зубов, который составил 1,46–1,69 мм в неделю, при этом существенных различий между группами по типу кормления не было найдено. В пределах одной и той же группы кормления были обнаружены значимые различия средних значений между тремя возрастными группами: с увеличением возраста все группы молодых животных показали снижение скорости истирания нижних резцов.

Числовое «ранжирование» скорости роста в зависимости от типов кормления:

Фаза "a": сено <ГПК Ca ↓ <ГПК Ca ↓ + камень ytong <ГПК Ca ↑ <ГПК Ca ↑ + древесина (значимые различия между сеном и ГПК Ca ↓ + камень ytong, а также ГПК Ca ↑ и ГПК Ca ↑ + древесина)

Фаза "b": ГПК Ca ↓ < сено + КГПК <ГПК Ca ↑ < ГПК Ca ↓ + камень ytong < ГПК Ca ↑ + древесина (значимые различия между ГПК Ca ↑ + древесина и ГПК Ca ↓ и сеном + КГПК)

Фаза "c": сено + КГПК < ГПК Ca ↓ < ГПК Ca ↑ < ГПК Ca ↓ + ytong < ГПК Ca ↑ + древесина (без значимых различий)

Сравнение полученных параметров верхних и нижних резцов молодых шиншилл:

При сравнении средних значений по группе заметно, что нижние резцы имели несколько более высокие темпы роста (1,20-1,78 мм / нед), чем верхнечелюстные резцы (1,20-1,50 мм / нед). Кроме того, были получены более высокие показатели истирания (1,45-1,95 мм / неделя) для нижней челюсти в сравнении с верхней (1,12-1,34 мм / неделя).

В следующей таблице 30 показаны рост и истирание резцов верхней и нижней челюсти у взрослых животных.

Таблица 30: Рост и истирание резцов взрослых шиншилл в течение двух месяцев при различном содержании Ca в рационе с предложением материала для погрызания и без такового (мм / неделя на группу n = 5)

Группа	Питание	Резцы верхней челюсти		Резцы верхней челюсти	
		Рост	Истирание	Рост	Истирание
A	pAFCa↓ + камень Ytong	1,18 ± 0,26 [1,a]	1,16 ± 0,27	1,61 ± 0,41 [1,a]	1,52 ± 0,28 [1,a]
B	pAFCa↓	1,20 ± 0,35 [1,a]	1,18 ± 0,31	1,55 ± 0,58 [1,a]	1,53 ± 0,43 [1,a]
A	pAFCa≈ + дерево	1,40 ± 0,58 [2,a]	1,18 ± 0,31	1,54 ± 0,53 [1,a]	1,58 ± 0,43 [1,a]
B	pAFCa≈	1,40 ± 0,36 [2,a]	1,29 ± 0,24	1,91 ± 0,63 [2,b]	1,91 ± 0,40 [2,b]
A	pAFCa↑ + дерево	1,38 ± 0,26 [2,a]	1,23 ± 0,22	1,63 ± 0,42 [1,a]	1,65 ± 0,28 [1,a]
B	pAFCa↑	1,40 ± 0,30 [2,a]	1,26 ± 0,26	1,62 ± 0,48 [1,a]	1,76 ± 0,37 [2,a]

После корректировки α на экспериментальном уровне значимым может считаться только одно различие (при P <0,05, выделено жирным шрифтом). Значимые различия средних значений без α-корректировки (p <0,05) обозначены при сравнении групп разными надстрочными буквами либо внутри группы разными надстрочными цифрами.

Верхнечелюстные резцы взрослых шиншилл

Рост зубов:

Резцы верхней челюсти у взрослых шиншилл росли в среднем на 1,18-1,40 мм / неделю. Значимые различия были обнаружены при различном содержании Ca в гранулированном экспериментальном корме: если животные получали корм с низким содержанием Ca (ГПК Ca ↓, группа B), у них была отмечена значительно более низкая скорость роста, чем при рационах со средним (ГПК Ca≈) и более высоким содержанием Ca (ГПК Ca ↑). Это наблюдение также было статистически обеспечено для группы A, которой также предлагали древесину или камень для погрызания.

Износ зубов:

Что касается истирания, то значительных различий не было обнаружено ни внутри группы (влияние содержания Ca в корме), ни между группами (A против B; влияние материала для погрызания при одинаковом гранулированном корме). В среднем по группе истирание зубов верхней челюсти составило 1,16-1,29 мм в неделю.

Нижнечелюстные резцы взрослых шиншилл

Рост зубов:

Для нижней челюсти рост резцов составлял 1,54-1,91 мм / нед. При кормлении рационом ГПК Ca≈ (группа B) была получена самая высокая скорость роста (1,91 ± 0,63 мм / неделя). Это было значительно выше, чем при кормлении рационами с низким (ГПК Ca ↓) или более высоким содержанием Ca (ГПК Ca ↑), а также при предложении рациона ГПК Ca≈ с добавлением древесины для погрызания (группа A).

Износ зубов:

Принимая во внимание значения истирания зубов нижней челюсти, в группе B - без добавления материалов для погрызания – были выявлены значимые различия между рационами с низким содержанием Ca (ГПК Ca ↓, 1,53 мм / неделя) и средним содержанием Ca (ГПК Ca≈ , 1,91 мм / неделя, наибольшее истирание), а также с более высоким содержанием Ca (ГПК Ca ↑, 1,76 мм / неделя). При одинаковом содержании Ca в корме (в данном случае ГПК Ca≈) износ зубов был значительно выше в группе без доступа к древесине, чем в сопоставимой группе с погрызанием древесины. В целом, резцы нижней челюсти у взрослых шиншилл истирались в среднем по группе на 1,52-1,91 мм / нед. Наименьшее истирание было отмечено при предложении рациона ГПК Ca ↓ и неограниченному доступу к камню Ytong.

Сравнение полученных параметров верхних и нижних резцов взрослых шиншилл:

Как и в случае с молодыми животными, в случае с резцами верхней и нижней челюсти нижние резцы показали несколько более высокие темпы роста (1,54-1,91 мм / неделю), чем резцы верхней челюсти (1,18-1, 40 мм / неделю). Аналогично, более высокие показатели истирания (1,52-1,91 мм / нед) были обнаружены у нижней челюсти по сравнению с верхней (1,16-1,29 мм / нед).

8.3. «Цвет» резцов (пигментация эмали)

Цвет лабиальной поверхности резцов оценивали еженедельно как для верхних, так и для нижних резцов, причем изменения пигментации в числе прочих были релевантны и задокументированы в сравнении начала и конца экспериментов с питанием (см. таблицы 31-41).

Обозначения для таблиц с 31 по 41:

светло-серый фон: нефизиологически (согласно оценке) осветленные поверхности зубов

темно-серый фон: «белые» задокументированные поверхности зубов

*-точечный дефект эмали (белая точка)

1006 - номер цвета согласно RAL соответствующего оттенка, например, «кукурузно-желтый»; Примечание: в системе RAL оттенки размещены не в порядке возрастания или убывания их насыщенности/светлоты по номерам.

h = соответствующий цвет по RAL немного светлее/бледнее.

Изменения пигментации эмали у взрослых шиншилл

В начале экспериментов с питанием все взрослые шиншиллы имели физиологически пигментированные наружные поверхности резцов с цветами от желтого до оранжевого. После кормления рационом со средним содержанием Ca (ГПК Ca ± материал для погрызания) в течение восьми недель верхние резцы взрослых зубов одного животного были оценены как «без изменений, либо чуть светлее», у шести животных не наблюдалось изменения окраски, а у трех животных было отмечено изменение цвета эмали на более темный. На нижних резцах у половины животных не произошло изменений «цвета зубов». Осветление до нефизиологически бледно-желтой или неоднородной более светлой поверхности зубов продемонстрировали 3 взрослые шиншиллы, тогда как у двух животных отмечалась более интенсивная темная окраска.

Табл. 31: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у взрослых шиншилл в начале эксперимента и в конце экспериментальной фазы 1 (ГПК Ca ≈ более восьми недель, n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
25	1003	1003	Без изменений	h1003	1003	Темнее
26	1002-1018	1003	Темнее	1002-1018	1002-1018	Без изменений
27	1006	1007	Темнее	1006	1006	Без изменений
28	1006	1006	Без изменений	1017	1006-1017	Темнее
29	1002-1018	h1003	Темнее	1002-1018	1015	Светлее

Табл. 32: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у взрослых шиншилл в начале эксперимента и в конце экспериментальной фазы 1 (ГПК Ca≈ + древесина в течение восьми недель, n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
30	1007	1007	Без изменений	1007	1007	Без изменений
32	1007	1007	Без изменений	1037	1037	Без изменений
33	1007	1007	Без изменений	1007	1007	Без изменений
34	1007	1007	Без изменений	1006	1006+1015	Светлее
35	1018	h1003	Без изменений	1018	1001-h1003	Светлее

После перехода на гранулированную полнорационную диету с более высоким содержанием Ca (ГПК Ca ↑ ± древесина) все поверхности резцов в начале этого второго этапа испытаний были оценены как «физиологически окрашенные». Единственным исключением стало животное № 29: нижние резцы выглядели макроскопически белыми. В конце 8-недельной фазы кормления с более высоким содержанием Ca окраска (пигментация) эмали верхних резцов была описана как «без изменений или чуть светлее» у двух животных по сравнению с началом фазы. Изменение пигментации отсутствовало у большинства животных (n = 7) и только у одной шиншиллы была более темная окраска внешней поверхности эмали резцов. Верхние резцы животного № 29 имели точечные дефекты эмали как до, так и после этой экспериментальной фазы. При оценке изменений окраски поверхности нижних резцов, у двух животных наблюдалось осветление, у животного № 29 все так же остались белые резцы, у семи животных окрашивание оставалось неизменным, а у одной шиншиллы окрашивание было оценено как «без изменений, либо чуть темнее». Шиншилла № 35 также проявила разную окраску левого и правого нижнего резцов: в то время как правый резец имел макроскопически желтую поверхность, соседний левый резец выглядел чисто белым.

Повышенное содержание Ca в полнорационной диете не оказало прямого влияния на интенсивность окрашивания спустя восемь недель. У некоторых животных поверхность зубов была светлее в конце фазы кормления, у других – темнее, а у большинства шиншилл не изменилась.

Таблица 33: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у взрослых шиншилл в начале и в конце экспериментальной фазы 2 (ГПК Ca ↑ в течение восьми недель, n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
25	1003	1003	Без изменений	h1003	1003	Без изменений/ темнее
26	1003	1006	Темнее	1002	1002	Без изменений
27	1006	1006	Без изменений	h1006	h1006	Без изменений
28	1006	h1006	Без изменений/ светлее	1006	h1003	Светлее
29	h1006,*	h1003,*	Без изменений/ светлее	1013	1013	Без изменений

Таблица 34: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у взрослых шиншилл в начале и в конце экспериментальной фазы 2 (ГПК Ca ↑ + древесина в течение восьми недель, n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
30	1007	1007	Без изменений	1007	1007	Без изменений
32	1006	1006	Без изменений	h1003	h1003	Без изменений
33	1007	1007	Без изменений	1007	1007	Без изменений
34	1007	1007	Без изменений	1006,*	h1006	Без изменений
35	h1003	h1003	Без изменений	1002	1002-9003[0]	Светлее

[0] У животного 35 в конце экспериментальной фазы нижний правый резец был песочно-желтого цвета, в то время как левый резец имел белую поверхность.

В третьей восьминедельной фазе эксперимента животным давали полнорационную гранулированную диету с низким содержанием Ca (ГПК Ca ↓). В начале фазы у всех животных были физиологически желто-оранжевые резцы. Единственным исключением были животные 29 и 35, чьи нижние резцы были оценены как «нефизиологически осветленные» (животное № 35) или «белые» (животное № 29) уже после предыдущей экспериментальной фазы. После восьми недель кормления пищей с низким содержанием Ca все верхние резцы по-прежнему макроскопически показали физиологическую пигментацию эмали. У трех взрослых шиншилл окрас эмали остался без изменений или стал чуть более светлым, не изменился у большинства животных (n = 6) (если и есть различия в оттенках, их нельзя считать более светлыми или темными) и не изменился либо стал чуть темнее у одного животного. Оценка изменения окраски нижних резцов в конце эксперимента у двух шиншилл показала посветление окраски эмали; у одного животного изменение было оценено «без изменений или немного

светлее», у шести животных изменения цвета не наблюдалось, а у одного животного поверхность зубов была оценена как "без изменений или немного темнее". Таким образом, нижние резцы семи животных в конце эксперимента показали физиологическое пожелтение; у животного 26 отмечалось «побеление», у шиншиллы 29 поверхность резцов осталась белой, а у животного 35 – посветлела (оба пигментированных зуба стали равны по окраске).

Таблица 35: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у взрослых шиншилл в начале и в конце экспериментальной фазы 3 (ГПК Ca ↓ более восьми недель; n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
25	1003	1003	Без изменений	h1003	1003	Без изменений/ темнее
26	1006	1037	Без изменений	1002	1015-9003	Светлее
27	1006	1007	Без изменений/ темнее	h1006	h1006,*	Без изменений
28	h1006	h1003	Без изменений/ светлее	h1003	h1003	Без изменений
29	h1006,*	h1003,*	Без изменений/ светлее	1013	1013	Без изменений

Таблица 36: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у взрослых шиншилл в начале и в конце экспериментальной фазы 3 (ГПК Ca ↓ + камень Ytong, более восьми недель; n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
30	1007	1006	Без изменений/ светлее	1007	1007	Без изменений
32	1006	1006	Без изменений	1003	h1003	Без изменений / светлее
33	1007	1007	Без изменений	1007	1007	Без изменений
34	1007	1007	Без изменений	1006,*	1006,*	Без изменений
35	h1003	h1003	Без изменений	1015	1001-9003	Светлее

Следует отметить, что низкое содержание Ca в корме в течение периода кормления 8 недель не оказало вредного влияния на здоровье зубов. Низкое поступление кальция не вызывало каких-либо заметных направленных изменений цвета эмали. Также добавление богатого кальцием камня Ytong не имело никакого значения.

Изменения пигментации эмали у молодых шиншилл

В начале кормления были также проверены резцы молодняка. У всех животных на верхних резцах был физиологически желтый пигментированный слой эмали. На нижних резцах были отмечены относительно более светлые поверхности зубов для шиншилл групп J I (животное № 5) и J II (животное № 8). Все остальные зубы имели физиологическое окрашивание.

После использования гранулированного полнорационного корма с низким содержанием кальция (ГПК Ca ↓) в течение 24 недель окраска резцов верхней челюсти была следующей: у одного животного из группы JI были белые поверхности зубов (животное № 5), у другого животного цвет получил оценку как (без изменений либо светлее», у двух животных она не изменилась, а у одного животного пигментация эмали выглядела чуть темнее. На нижней челюсти, однако, резцы трех шиншилл были белыми, в том числе включая животное № 5. У двух других животных из этой группы питания изменений цвета не было выявлено.

Таблица 37: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у молодых животных группы J I в начале эксперимента и в конце эксперимента (ГПК Ca ↓ в течение 24 недель, n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
1	1006	1007, *	Без изменений	h1006	1006,*	Без изменений
2	1003	h1003	Без изменений / светлее	1002,*	9003	Светлее
3	h1003	h1003, *	Без изменений	1002	9003	Светлее
4	1006, *	1007	Без изменений / темнее	1006	1006,*	Без изменений
5	1006	9003	Светлее	1003+1015	9003	Светлее

Во второй экспериментальной группе не наблюдалось осветления слоя эмали на верхних резцах после 24-недельного кормления тем же полнорационным кормом и при дополнении его кальцийсодержащим камнем для погрызания (pAF Ca ↓ + камень Ytong): у двух животных изменений не было обнаружено, поверхность зубов других трех особей была оценена как «более темная» по сравнению с началом теста. Все поверхности зубов были физиологически окрашены в желтый цвет. Применительно к нижней челюсти заметно, что уже более светлые резцы животного № 8 в конце эксперимента выглядели преимущественно белыми. Также у молодого животного № 10

поверхности резцов имели белый цвет. У двух других животных в этой группе изменение окраски было оценено как «без изменений или немного более светлое», а у одной шиншиллы отмечалась более темная окраска эмали в конце эксперимента.

Таблица 38: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у молодых животных группы J II в начале эксперимента и в конце эксперимента (ГПК Ca ↓ + камень Ytong в течение 24 недель, n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
6	1037	1007,*	Без изменений	1037	h1037	Без изменений/ светлее
7	1006	1007-2000	Темнее	1006	h1006	Без изменений/ светлее
8	h1017	1007	Темнее	1001	9003+h1003	Светлее
9	1006,*	1006-1007	Без изменений	h1003	1006	Темнее
10	1003	1007	Темнее	h1003	9003	Светлее

У всех молодых животных группы J III (кормление сеном или, начиная с девятой недели, сено + КГПК) в конце эксперимента были отмечены физиологически желтые поверхности зубов как верхней, так и нижней челюсти. На верхних резцах одного из животных пигментация была оценена как «без изменений или немного светлее», никаких изменений не наблюдалось у трех шиншилл, а у одной изменение цвета было оценено «без изменений или немного темнее». Окрашивание эмали нижних резцов не изменилось у двух животных; у остальных трех животных пигментация эмали оценивалась как более темная по сравнению с началом эксперимента.

Таблица 39: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у молодых животных группы J III в начале и в конце эксперимента (сено в течение восьми недель, сено + КГПК в течение 16 недель, n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
11	h1003	h1003	Без изменений	1002	1003	Без изменений/ темнее
12	1003,*	1003	Без изменений / темнее	1003,*	1003	Без изменений
13	1003	h1003	Без изменений / светлее	1002	h1003	Без изменений/ темнее
14	1003	1003	Без изменений	h1003	1003	Без изменений/ темнее
15	1003	1003	Без изменений	1003,*	1003	Без изменений

После получения полнорационной диеты с более высоким содержанием Ca (ГПК Ca ↑) в течение 24 недель окраска эмали резцов верхней челюсти у молодняка из групп IV (без материала для погрызания) и V (с дополнением рациона древесиной) была физиологической. Пигментация эмали к двух животных в эксперименте не показала изменений, у двух других шиншилл окраска зубов в конце теста была оценена как «без изменений или чуть более темная», а у остальных пяти животных окраска эмали была значительно более темной по сравнению с началом эксперимента. Бросающимся в глаза изменением нижних резцов было «побеление» поверхности эмали зубов животного № 20 (группа J IV). Также одно животное группы V в конце эксперимента имело нефизиологически бледный слой эмали. Кроме того, у шиншиллы № 24 один резец был макроскопически белым, а другой соседний резец имел желтую пигментированную поверхность (см. рисунок 16). У двух молодых животных после 24 недель эксперимента не наблюдалось изменения окраски, у трех животных оценка была «без изменений или немного темнее», и у одной шиншиллы наблюдалась заметно более интенсивная пигментация слоя эмали на лабиальной поверхности нижних резцов.

Таблица 40: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у молодых животных группы J IV в начале и в конце эксперимента (ГПК Ca↑ в течение 24 недель; n = 5 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
16	1003	1003	Без изменений	1003,*	h1003	Без изменений
17	1003	1006	Темнее	1003	h1006	Темнее
18	1003	1007	Темнее	1003,*	h1006	Без изменений/ темнее
19	1003	1003	Без изменений	h1003	h1003	Без изменений
20	1003	h1006	Темнее	1002	9003	Светлее

Таблица 41: «цвет зубов» (пигментация эмали резцов) у молодых животных группы J V в начале и в конце эксперимента (ГПК Ca↑ + древесина в течение 24 недель; n = 4 животных)

Животное	Верхние резцы (начало)	Верхние резцы (конец)	Оценка	Нижние резцы (начало)	Нижние резцы (конец)	Оценка
21	1003	1007	Без изменений	h1003	h1003+1006	Без изменений
22	1006	1007	Темнее	1006	1007	Темнее
23	1003	1007	Темнее	1002-1003	h1003+9003	Без изменений/ темнее
24	1003	1006	Без изменений	h1003	1003+9009[0]	Без изменений

[0] У животного № 24 в конце эксперимента слой эмали правого нижнего резца был «светло-желтым», тогда как левый резец имел белую поверхность эмали.

Рисунок 16: Различная окраска нижних резцов у молодой шиншиллы

Оценка изменений окраски эмали у взрослых шиншилл, а также у молодняка показала, что кормление или содержание Ca в корме в течение периода оценки, равного восьми или 24 неделям, соответственно, не выявили

направленного влияния на пигментацию эмали резцов. Однако следует отметить, что при постоянном питании в течение восьми или 24 недель происходило изменение «цвета зубов»; как осветление, так и усиление окраски эмали, определяемое индивидуально для каждого животного.

Следует отметить, что в случае побеления (уменьшение пигментации) или локальных точечных дефектов эмали ни у одного животного не было замечено клинических патологических изменений десен или челюстной кости, что могло свидетельствовать о воспалении. На протяжении всего испытания все шиншиллы были «клинически здоровы».

При сравнении молодняка и взрослых шиншилл было замечено, что у некоторых молодых особей пигментация была не такой интенсивной, как у некоторых взрослых: хотя окраска у щенков была достаточно желтой, а у более старых шиншилл взрослых групп были темно-оранжевые поверхности зубов (см. рисунок 17).

Рисунок 17: Характерная физиологически выглядящая оранжевая пигментированная наружная поверхность зубов у взрослой шиншиллы.

Рисунок 18: Светлые поверхности резцов у молодой шиншиллы (здесь: животное из группы J IV с высоким содержанием Ca)

9. Химическое исследование крови

В сотрудничестве с клиникой для мелких животных при Ветеринарном университете Ганновера для каждого животного были проведены анализы крови в конце фазы кормления. Особый интерес для настоящей работы представляли концентрации минералов в крови. В следующей таблице представлены изначальные средние концентрации ионизированного кальция (образцы цельной крови), общего кальция и неорганического фосфата в образцах плазмы молодняка в зависимости от кормления.

Таблица 42: Общий кальций, ионизированный кальций и неорганический фосфат в крови животных шиншиллы с различным питанием (n = 5 животных на группу, J V n = 4 животных)

Группа	Питание	Фаза	Общий кальций (ммоль/л)	Ионизированный кальций (ммоль/л)	Неорганический фосфат (ммоль/л)
J I	ГПК Ca↓	a	2,10 ± 0,26 ^{1,a}	1,07 ± 0,15^{1,a}	2,78 ± 0,77^{1,a}
		b	2,23 ± 0,16 ^{1,a}	1,01 ± 0,07 ^{1,a}	1,72 ± 0,39^{1,b}
		c	2,24 ± 0,13 ^{1,a}	1,00 ± 0,07 ^{1,a}	3,05 ± 0,76^{1,a}
J II	ГПК Ca↓ + камень Ytong	a	2,30 ± 0,0 ^{1,2,a,b}	1,08 ± 0,06 ^{1,a}	2,53 ± 0,34 ^{1,2,a}
		b	2,15 ± 0,16 ^{1,a}	1,10 ± 0,07 ^{1,2,,a}	1,89 ± 0,45 ^{1,b}
		c	2,54 ± 0,29 ^{2,b}	1,06 ± 0,19^{1,2,a}	2,07 ± 0,68 ^{1,2,a,b}
J III	Сено	a	2,49 ± 0,18^{2,a}	1,10 ± 0,11 ^{1,a}	1,85 ± 0,45^{2,a}
	Сено + КГПК	b	2,43 ± 0,10^{1,2,a}	1,14 ± 0,04^{2,a}	1,72 ± 0,49^{1,a}
		c	2,44 ± 0,03^{1,2,a}	1,14 ± 0,12^{2,a}	1,53 ± 0,34 ^{2,a}
J IV	ГПК Ca↑	a	2,49 ± 0,06^{2,a}	1,18 ± 0,08 ^{1,a}	2,02 ± 0,17 ^{2,a}
		b	2,52 ± 0,06^{2,a}	1,20 ± 0,09 ^{2,a}	1,79 ± 0,22^{1,a}
		c	2,57 ± 0,07^{2,a}	1,24 ± 0,05 ^{2,a}	1,56 ± 0,29^{2,a}
J V	ГПК Ca↑ + дерево	a	2,43 ± 0,21 ^{2,a}	1,17 ± 0,08 ^{1,a}	2,02 ± 0,33^{2,a}
		b	2,42 ± 0,17^{1,2,a}	1,07 ± 0,05 ^{1,2,b}	1,73 ± 0,43^{1,a}
		c	2,49 ± 0,10^{1,2,a}	1,16 ± 0,07^{2,a,b}	1,61 ± 0,2 ^{2,a}

Статистическая оценка проводилась в каждом случае для одной и той же возрастной группы (фазы) между пятью группами молодняка (выявленные значимые средние различия без α-корректировки при p <0,05 обозначены разными надстрочными буквами) или в рамках варианта кормления в каждом случае между возрастными группами (a, b, c, значимые различия обозначены надстрочными цифрами). Оценки должны для каждого параметра следует читать столбец за столбцом.

Молодые шиншиллы

Концентрация общего кальция в плазме крови:

Общий кальций в плазме крови варьировался в среднем по группе от 2,10 до 2,57 ммоль / л. Внутри группы с одинаковым питанием не было обнаружено существенных различий между тремя возрастными ступенями. Единственным исключением была группа J II, где в среднем была измерена несколько более низкая концентрация на второй возрастной ступени, чем на первой и третьей. В пределах одной возрастной ступени питание оказало существенное влияние на концентрацию общего кальция в плазме: в первой фазе эксперимента в группе с рационом ГПК Ca ↓ (J I) была отмечена самая низкая концентрация, 2,10 ± 0,26 ммоль / л. Это было значительно ниже, чем в группах, получавших сено (J III), ГПК Ca ↑ (J IV) и ГПК Ca ↑ + дерево (J V). Также в фазе "b" были измерены

значительно более высокие концентрации общего кальция в плазме при более высоком потреблении Ca (ГПК Ca ↑, 2,52 ± 0,06 ммоль / л), чем в группах с низким содержанием Ca в гранулированном корме. (ГПК Ca ↓ ± камень Ytong; 2,15 и 2,23 ммоль / л соответственно). Кроме того, значимая средняя разница наблюдалась в фазе «c» между J I (ГПК Ca ↓ 2,24 ± 0,13 ммоль / л) и J IV (ГПК Ca ↑ 2,57 ± 0,07 ммоль / л). Примечательно, что, после последнего эксперимента концентрация общего кальция в группе, которая получала корм с пониженным содержанием кальция с добавлением камня Ytong была значительно выше, чем в группе J I, которая получала полнорационный гранулированный полный корм с низким содержанием Ca (J II) (ГПК Ca ↓ без добавления камня Ytong).

Концентрация ионизированного кальция в крови:

Концентрация ионизированного кальция варьировалась в среднем в диапазоне 1,00-1,24 ммоль / л. На первом этапе эксперимента не было обнаружено различий между группами по типам питания. Что касается второй экспериментальной фазы, при низком содержании кальция в пище (J I) была обнаружена значительно более низкая концентрация ионизированного кальция, чем при кормлении сеном и коммерческим гранулированным полнорационным кормом (J III) либо при более высоком содержании Ca в корме (J IV). Однако, было замечено, что группа J V имела значительно более низкую концентрацию, чем группа J IV с таким же высоким содержанием Ca в корме (ГПК Ca ↑ + древесина). На последнем этапе эксперимента была измерена самая низкая концентрация ионизированного кальция в крови - 1,00 ± 0,07 ммоль / л - при низком содержании Ca в корме (J I). Группы J III (сено + КГПК, 1,14 ± 0,12 ммоль / л), J IV (ГПК Ca ↑, 1,24 ± 0,05 ммоль / л) и J V (ГПК Ca ↑ + дерево, 1,16 ± 0,07 ммоль / л) показали в среднем значительно более высокие концентрации. Фаза эксперимента и, следовательно, возраст не влияли на концентрацию ионизированного кальция; только в группе J V во второй фазе эксперимента была измерена значимо более низкая концентрация, чем в первой.

Концентрация неорганического фосфата в плазме крови:

Вариации концентраций неорганического фосфата были больше, чем у ионизированного кальция и общего кальция, от 1,53 до 3,05 ммоль / л. Если учесть три возрастных фазы для экспериментальных групп, то в группе J I была измерена значительно более низкая концентрация фосфата (ГПК Ca ↓) во второй фазе эксперимента по сравнению с первой и третьей фазой. Также группа J II

(ГПК Ca ↓ + камень Ytong) показала значительно более низкую концентрацию в фазе «b» по сравнению с фазой «a». Для всех остальных групп не было установлено влияние возраста на этот параметр. По сравнению с группами по типу питания в одной и той же возрастной группе была отмечена значительно более высокая концентрация фосфатов в группе JI (pAF Ca ↓) в первой и последней фазе эксперимента в отличие от групп J III (сено + КГПК), J IV (ГПК Ca ↑) и JV (ГПК Ca ↑ + дерево).

Взрослые шиншиллы

Те же самые параметры крови были зарегистрированы у взрослых шиншилл после различных экспериментов по кормлению. Средние значения общего содержания кальция, ионизированного кальция и неорганического фосфата в соответствующей группе показаны на рисунках 18-20.

Концентрация общего кальция в плазме крови:

Концентрация общего кальция в плазме крови изменялась в большей степени, чем другие показатели. Концентрации 1,49-5,28 ммоль / л были зарегистрированы в среднем по группе. При низком содержании Ca в рационе концентрация общего кальция была в среднем 1,49 или 1,86 ммоль / л, со средним содержанием Ca 2,44 или 2,52 ммоль / л и при более высоким содержании Ca 5, 11 или 5,28 ммоль / л. Несмотря на то, что на общую концентрацию кальция в крови оказывало значительное влияние содержания кальция в питании, предполагалось, что предложение древесины для погрызания при таком же содержании Ca в рационе не повлияло на этот параметр, как и следовало ожидать. Однако потребление содержащего кальций камня Ytong (группа A) с той же гранулированной полнорационной диетой (ГПК Ca ↓) вызвало значительно более высокую концентрацию общего кальция в крови по сравнению с группой B без добавления камня. Содержание Ca в корме давало явный эффект в обеих группах: при увеличении содержания Ca в питании были измерены значительно более высокие концентрации общего кальция в плазме крови. Это изображено на рисунке 19.

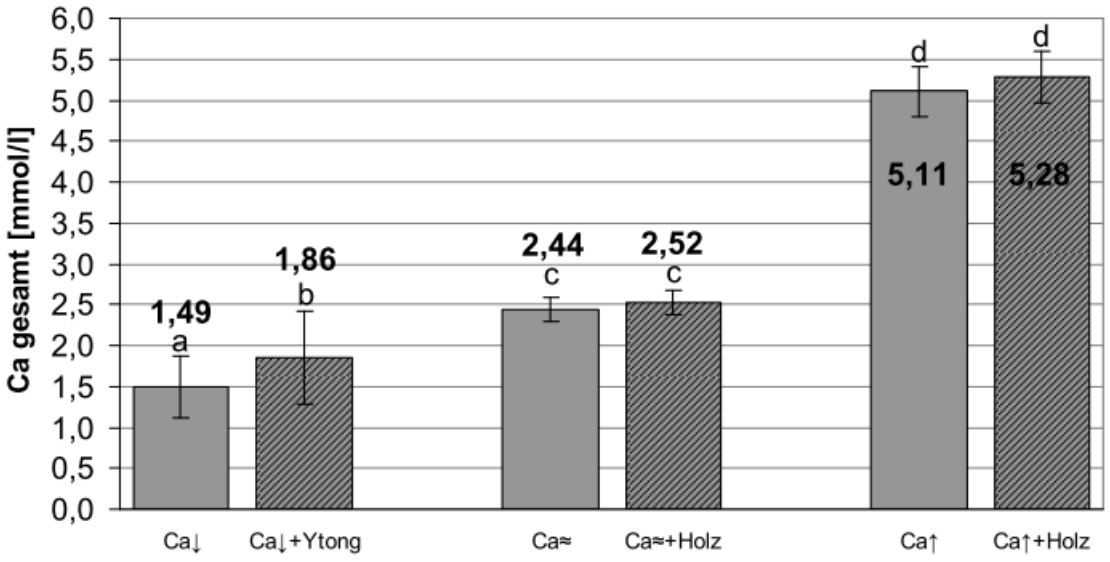


Рисунок 19: Общий кальций в плазме крови взрослых шиншилл в зависимости от содержания Ca в корме и предложения материала для погрызания.

Прим. пер. к рисунку 19: Ca gesamt [mmol/l] – общий кальций (ммоль/л), Ytong – камень из пористого бетона, Holz – древесина.

Концентрация ионизированного кальция в крови:

Для ионизированного кальция в крови взрослых шиншилл были измерены средние значения 0,92-1,23 ммоль / л. Исключительное использование гранулированного корма с низким содержанием Ca всегда приводило к значимо более низким концентрациям ионизированного кальция в крови по сравнению с другими рационами. Предполагалось, что древесина для погрызания не окажет влияния на концентрацию Ca, но при дополнительном поступлении кальцийсодержащего камня Ytong с тем же полнорационным кормом была определена значительно более высокая концентрация ионизированного кальция в крови (см. рисунок 20).

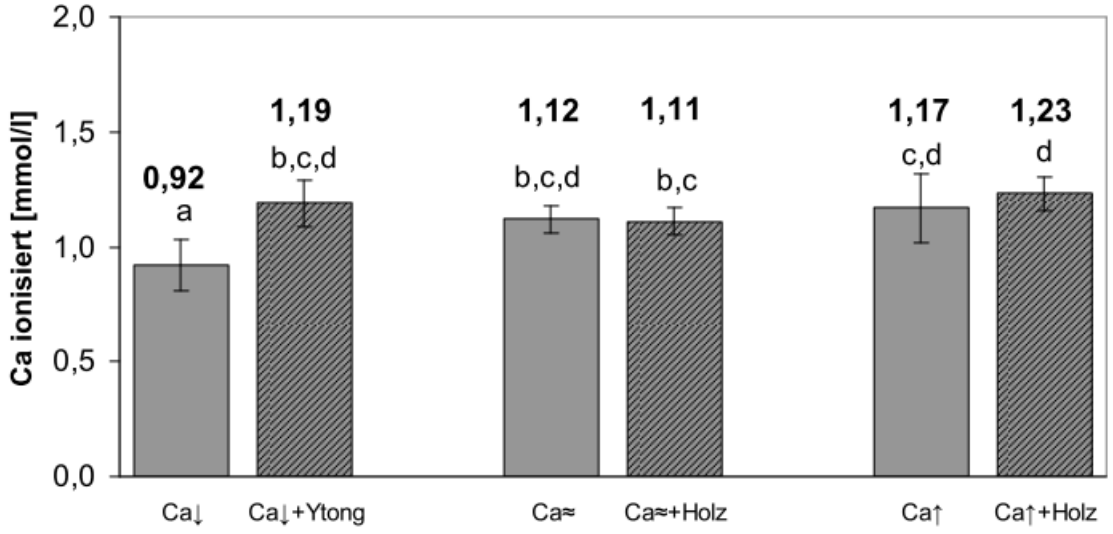


Рисунок 20: Ионизированный кальций в крови взрослых шиншилл в зависимости от содержания Ca в корме и предложения материала для погрызания.

Концентрация неорганического фосфата в плазме крови:

Концентрация неорганического фосфата в плазме крови у взрослых шиншилл варьировалась в среднем от 1,39 до 1,85 ммоль / л. Ни содержание Ca в рационе, ни предлагаемый материал для погрызания не оказали существенного влияния на концентрацию фосфата в крови (см. рисунок 21).

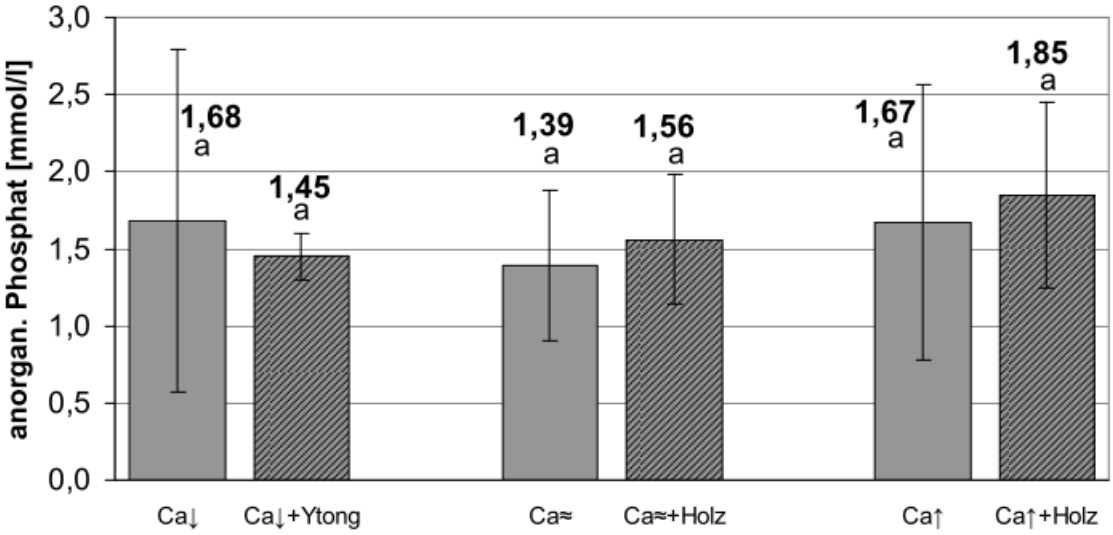


Рисунок 21: неорганический фосфат в крови взрослых шиншилл в зависимости от содержания Ca в корме и предложения материала для погрызания.

Прим. пер. к рисункам 20 и 21: Ca ionisiert [mmol/l]– ионизированный кальций (ммоль/л), anorgan. Phosphat [mmol/l] – неорганический фосфат (ммоль/л), Ytong – камень из пористого бетона, Holz – древесина.

Сравнение показателей крови молодых и взрослых шиншилл

Если посмотреть на результаты анализа общей концентрации кальция в образцах плазмы, то можно заметить, что значения взрослых шиншилл в сравнении групп различались сильнее, чем у молодняка. Этот параметр также показывает заметные различия между молодыми и взрослыми шиншиллами, т.е. дает возможность распознать возрастные эффекты. При низком содержании Ca в рационе у взрослых шиншилл, даже с добавлением камня Ytong, уровень общего кальция в крови был значительно ниже, чем у щенков, вскармливаемых аналогичным образом во всех фазах эксперимента. Также наблюдалось значительное влияние возраста при более высоком содержании Ca в рационе (ГПК Ca ↑ ± древесина): у взрослых животных концентрация Ca в плазме была значительно выше, чем у молодых шиншилл.

Концентрации ионизированного кальция практически не имели значимых средних различий. У молодых животных были измерены похожие значения, как и у взрослых животных при одинаковом кормлении. Статистическая оценка не показала однозначного влияния возраста (отдельные значимые различия в разных фазах).

Возраст и различные варианты полнорационного корма не оказывали четкого влияния на концентрации неорганического фосфата. Значимую разницу удалось обнаружить только при низком содержании Ca в рационе (ГПК Ca ↓) между взрослой группой (1,68 ± 1,11 ммоль / л) и сопоставимой по питанию группой молодых животных в первой и третьей экспериментальных фазах (3,05 ± 0, 76 ммоль / л). Также при дополнительном предложении камня Ytong у молодняка была выявлена значительно более высокая концентрация фосфата в плазме по сравнению с группой взрослых животных в фазе «a». Все статистические оценки трех параметров крови при сравнении молодых и взрослых шиншилл перечислены в приложении к работе.

10. Данные, полученные при вскрытии

Молодые особи из групп J I, II, IV и V показали при вскрытии умеренную степень ожирения и, соответственно, имели хорошую или очень хорошую упитанность. Низкий уровень содержания жира был отмечен только у 7 из 24 животных, включая 5 животных группы III (сено + КГПК). В следующей таблице 43 показаны дополнительно документированные результаты вскрытия.

Таблица 43: Результаты вскрытия у шиншилл после кормления разными рационами

Группа (питание)	№ животного	Внутрибрюшной жир	Печень	Почки	Прочее
J I (ГПК Ca↓)	1	+++, белый	Умеренное ожирение/желтая	Без особых результатов	
	2	++, желтый/оранжевый	Умеренное ожирение/желтая	Умеренно увеличены	
	3	-/+, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	
	4	++, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	
	5	++, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	
J II (ГПК Ca↓ + камень Ytong)	6	+++, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	
	7	+++, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	
	8	+++, белый	Умеренно-среднее ожирение/ желтая	Умеренно осветленные	
	9	+++, желтоватый	Умеренно-среднее ожирение/ желтая	Умеренно осветленные, умеренно увеличенные	
	10	+++, желтоватый	Без особых результатов	Без особых результатов	
J III (сено + КГПК)	11	-, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	*
	12	-/+, белый	Среднее ожирение / желтая	Без особых результатов	*
	13	-/+, белый	Без особых результатов	Пятнистое осветление	Слизистая желудка имеет много очагов покраснения; *
	14	-/+, белый	Среднее ожирение / желтая	Без особых результатов	*
	15	-/+, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	Болюсы фекалий в прямой

					кишке очень мелкие; *
J IV (ГПК Ca↑)	16	++, белый	Умеренное ожирение/желтая	Умеренно осветленные	
	17	+++, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	
	18	+++, белый	Умеренно-среднее ожирение/ желтая	Без особых результатов	
	19	-/+, белый	Умеренно уменьшена	Без особых результатов	
	20	+++, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	
J V (ГПК Ca↑ + дерево)	21	++, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	
	22	++, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	
	23	+++, белый	Среднее ожирение / желтая	Без особых результатов	
	24	+++, белый	Без особых результатов	Без особых результатов	

+++ высокая степень, ++ средняя степень, + низкая степень, - нет; * У всех животных группы J III (сено + КГПК) слепая кишка in situ была значительно более объемной, чем у животных из других групп питания.

В частности, животные групп IV и V (ГПК Ca ↑), а также группы II (с добавлением известняка в пищу) потребляли значительные массы кальция. Однако макроскопически не было обнаружено кальцификации или конкрементов мягких тканей в мочевом тракте всех исследованных животных.

11. Исследование резцов после извлечения

11.1. Размер зубов

После эвтаназии и вскрытия животного из черепа были изъяты резцы, определена их масса, длина и ширина. Различий между правым и левым резцом не делалось. L_1 определяет общую длину зуба по его естественной кривизне, L_2 – расстояние по прямой от открытой полости зуба («начало зуба») до свободного конца зубца, а B - ширину зуба (измерена лабиально) в мм (см. рисунок 22).

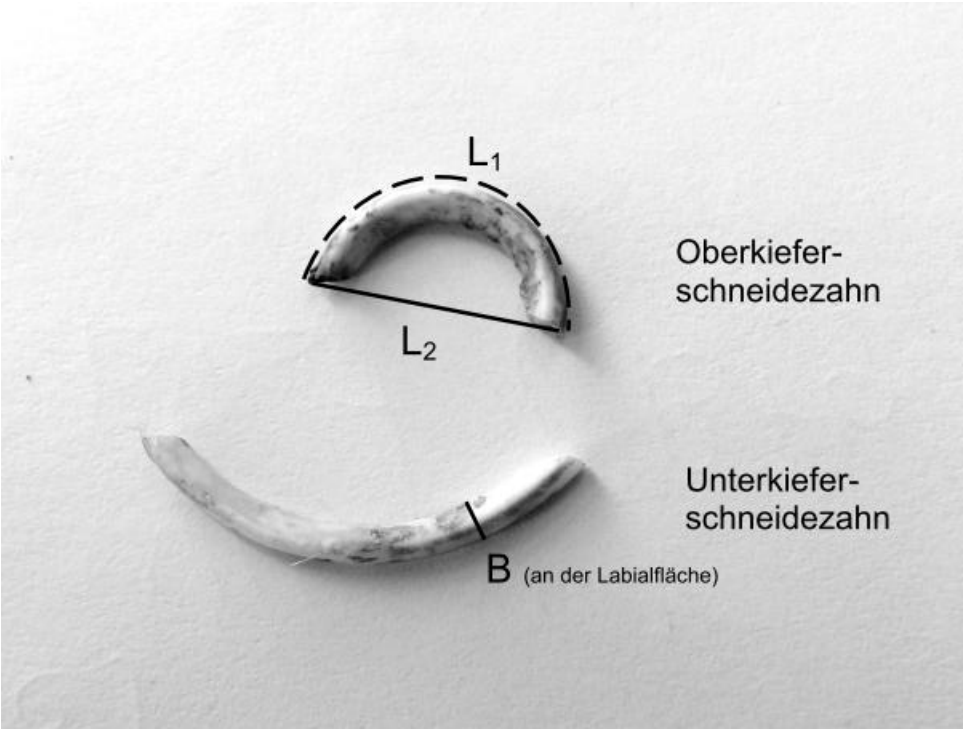


Рисунок 22: Определение размеров зуба (одинаково для верхнего и нижнего резцов)

Прим. пер. к рисунку 22: Oberkieferschneidezahn – резец верхней челюсти, Unterkieferschneidezahn – резец нижней челюсти, B (an der Labialfläche) – размер B измерен на лабиальной поверхности (прилегающей к губам)

Длина резца по внешнему изгибу (L_1) для верхнечелюстных резцов в среднем составляла 20-21 мм. Нижние резцы имели длину около 26-27 мм. Значительно более короткие верхнечелюстные резцы более изогнуты, чем нижние резцы. Резец имел ширину около двух миллиметров, при этом у верхнего резца в среднем ширина (B) составляла 2,08-2,18 мм, а у нижнего - 1,91-2,03 мм. Резцы шиншилл, которые были умерщвлены в более раннем возрасте до начала экспериментов (далее именуемые «J 0»), имели меньшую ширину: 1,80 ± 0,07 мм для резцов верхней челюсти и 1,62 ± 0,08 мм для нижних резцов. Верхние резцы имели длину 19,0 ± 0,55 мм по внешнему изгибу зуба, L_1 для нижних резцов -24,1 ± 0,75 мм. В таблицах 44 и 45 показаны измерения ширины и длины зубов для разных групп животных.

Таблица 44: Результаты измерений посмертно извлеченных верхних резцов шиншилл (данные в мм, в каждом случае n = 5 животных)

Группа	Верхние резцы		
	L_1	L_2	B
J 0	19,0 ± 0,55[a]	12,0 ± 0,08[a]	1,80 ± 0,07[a]
J I	20,4 ± 1,61[b]	13,0 ± 1,24[b]	2,17 ± 0,09[b]
J II	21,3 ± 0,97[b]	13,6 ± 0,80[b]	2,08 ± 0,1 [b]
J III	20,4 ± 0,68[b]	13,0 ± 0,27[b]	2,09 ± 0,10[b]
J IV	20,8 ± 0,61[b]	13,5 ± 0,51[b]	2,18 ± 0,05[b]
J V*	20,9 ± 0,77[b]	13,4 ± 0,49[b]	2,10 ± 0,08[b]

* n = 4; Значимые различия при p <0,05 по столбцам обозначены разными надстрочными буквами.

Таблица 45: Результаты измерений посмертно извлеченных нижних резцов шиншилл (данные в мм, в каждом случае n = 5 животных)

Группа	Нижние резцы		
	L_1	L_2	B
J 0	24,1 ± 0,75*[a]	21,1 ± 0,34*[a]	1,62 ± 0,08[a]
J I	27,1 ± 0,96° [b]	23,3 ± 1,11°[b]	2,03 ± 0,09[b]
J II	27,2 ± 0,31°[b]	23,6 ± 0,45°[b]	1,96 ± 0,07[b]
J III	26,3 ± 0,54[b]	22,8 ± 0,57[b]	1,93 ± 0,09[b]
J IV	27,0 ± 0,13°[b]	23,5 ± 0,36°[b]	1,99 ± 0,11 [b]
J V	27,0 ± 0,31[b]	23,2 ± 0,55[b]	1,91 ± 0,08 [b]

* n = 4; ° n = 3 (измерение длины невозможно из-за фрагментации материала зуба) Значимые различия при p <0,05 по столбцам обозначены разными надстрочными буквами.

Между разными группами молодых животных, которые были подвергнуты эвтаназии после завершения экспериментов по питанию, не было различий в отношении длин зубов. Ни количество Ca, ни предлагаемый материал для погрызания не оказали существенного влияния на размеры исследованных зубов. Резцы верхней и нижней челюстей, однако, были значительно длиннее и шире, чем у более молодых животных группы J 0, подвергнутых эвтаназии.

11.2. Масса зубов

Оба верхних резца молодых животных из групп I-V весили в среднем около 0,17 г, в то время как два нижних резца вместе имели в среднем несколько большую массу - 0,21–0,25 г. Масса зубов у молодых шиншилл, которые были умерщвлены в более раннем возрасте до начала экспериментов (группа J 0), была явно ниже: два верхних резца имели среднюю массу 0,12 ± 0,01 г, а резцы нижней

челюсти весили 0,14 ± 0,02 г. В таблице 46 показано сравнение всех групп животных.

Таблица 46: Масса (сумма масс) обоих резцов верхней и нижней челюсти шиншилл, извлеченных после смерти (n = 5 животных для каждой группы)

Группа	Масса обоих резцов (г)	
	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть
J 0	0,12 ± 0,01[a]	0,14 ± 0,02*[a]
J I	0,17 ± 0,03 [b]	0,23 ± 0,02° [b]
J II	0,18 ± 0,02 [b]	0,25 ± 0,02°[b]
J III	0,17 ± 0,01[b]	0,22 ± 0,02[b]
J IV	0,17 ± 0,02[b]	0,21 ± 0,01°[b]
J V	0,17 ± 0,01*[b]	0,22 ± 0,02° [b]

* n = 4; ° n = 3; Значительные различия при p <0,05 по столбцам обозначены разными надстрочными буквами.

Как для верхней, так и для нижней челюсти в группах J I-V были получены очень похожие массы зубов, которые существенно не отличались друг от друга. Заметна, однако, значительно меньшая масса верхних и нижних резцов шиншилл, подвергшихся эвтаназии до начала эксперимента, по сравнению с массой зуба более взрослых молодых животных из групп J I-V.

11.3. Химический анализ материала зубов

Посмертно извлеченные из верхней и нижней челюстей резцы были измельчены и исследованы на содержание в них сырой золы, кальция и фосфора. Результаты представлены в таблицах 47 и 48.

В верхних резцов было определено содержание сырой золы 666-686 г / кг СВ. Нижние резцы имели более высокую зольность 708-742 г / кг СВ. Анализ минеральных веществ показал содержание Са 221-253 г / кг СВ у верхнечелюстных резцов и 252-275 г Са / кг СВ у нижнечелюстных резцов. Содержание фосфора в верхней челюсти составило 119-146 г / кг СВ, в нижней челюсти - 140-150 г / кг СВ.

Таблица 47: Содержание сырой золы, кальция и фосфора в посмертно извлеченных зубах верхней челюсти шиншиллы при кормлении различными рационами (данные в г / кг СВ, в каждом случае n = 5 животных)

Группа	Верхние резцы		
	Сырая зола	Кальций	Фосфор
J 0	677 ± 15,4 [a]	228 ± 4,38[a]	125 ± 6,98[a]
J I (ГПК Ca↓)	678 ± 15,1 [a]	236 ± 6,72 [a,b]	133 ± 18,4 [a,b]
J II (ГПК Ca↓ + камень Ytong)	674 ± 20,9[a]	225 ± 9,73 [a]	119 ± 7,70[a]
J III (Сено + КГПК)	686 ± 8,76[a]	253 ± 16,0[b]	146 ± 11,4[b]
J IV (ГПК Ca↑)	666 ± 10,5[a]	235 ± 2,95 [a,b]	130 ± 3,05 [a,b]
J V (ГПК Ca↑ + дерево)*	676 ± 5,56[a]	221 ± 12,5[a]	119 ± 4,04 [a]

* n = 4; Выявленные значимые различия при p <0,05 по столбцам обозначены разными надстрочными буквами.

Таблица 48: Содержание сырой золы, кальция и фосфора в посмертно извлеченных зубах нижней челюсти шиншиллы при кормлении различными рационами (данные в г / кг СВ, в каждом случае n = 5 животных)

Группа	Нижние резцы		
	Сырая зола	Кальций	Фосфор
J 0	729 ± 6,14 [a,b]	254 ± 3,16[a]	143 ± 5,07[a]
J I (ГПК Ca↓)	732 ± 12,8[a]	259 ± 15,4[a]	147 ± 9,47*[a]
J II (ГПК Ca↓ + камень Ytong)	729 ± 10,3 [a,b]	254 ± 17,7[a]	141 ± 6,68[a]
J III (Сено + КГПК)	742 ± 12,3[a]	275 ± 19,3[a]	150 ± 11,0a
J IV (ГПК Ca↑)	708 ± 15,8[b]	257 ± 15,0*[a]	142 ± 8,96*[a]
J V (ГПК Ca↑ + дерево)*	724 ± 8,14 [a,b]	252 ± 4,20[a]	140 ± 4,65[a]

* n = 4; Выявленные значимые различия при p <0,05 по столбцам обозначены разными надстрочными буквами.

Если сравнивать разные группы кормления (J I-V) друг с другом и с гораздо более молодыми животными группы J 0, различий в содержании сырой золы в верхних резцах нет. В нижних резцах самый низкий процент золы был получен при кормлении полнорационной диетой с более высоким содержанием Ca (J IV). Значительно более высокие количества сырой золы были обнаружены в резцах

«сенной» группы (сено + КГПК) и группе с низким содержанием Ca в корме (J I, без добавления камня Ytong). С учетом содержания Ca и P, ни питание, ни возраст животных не влияли на минеральный состав нижних резцов (между группами нет существенных различий). Для верхней челюсти самые высокие уровни Ca и P были измерены при кормлении сеном с определенным количеством коммерческого полнорационного корма (J III). Для сравнения, анализы показали значительно более низкие содержания Ca и P в верхних резцах групп J 0 (умерщвленных до начала эксперимента) и J II (ГПК Ca ↓ + Ytong), а также J V (ГПК с более высоким содержанием Ca и деревом для погрызания).

Соотношение Ca-P в верхних резцах составляло 1,7-1,9: 1. Для нижних резцов получено одинаковое соотношение Ca-P 1,8: 1.

Обсуждение

Поводом для настоящих исследований стали различные встающие вопросы о метаболизме Са у шиншилл. Касаемо кальциевого баланса этих мелких грызунов, в частности выделения кальция, отсутствуют научно обоснованные данные. Необходимо было проверить и зарегистрировать частично противоречивые исходные данные и дополнительные данные, такие как показатели крови, состав зубов и другие. Кроме того, необходимо выяснить, может ли содержание Са в корме и предложение различных материалов для погрызания влиять на рост, износ и пигментацию эмали резцов шиншилл. Что касается шиншилл, пока вряд ли можно сделать какие-либо экспериментально подтвержденные заявления о зубных параметрах и возможных факторах влияния.

После обсуждения методологических вопросов обсуждение должно быть сосредоточено, в частности, на следующих аспектах:

- Регистрация основных данных о физиологии питания шиншилл - в частности, характеристики метаболизма Са - на основе данных балансовых исследований, а также на основе показателей крови.
- Важность содержания Са в корме для роста и истирания, а также для химического состава и пигментации эмали резцов.
- Рост и истирание резцов шиншилл в зависимости от возраста животных и предложенного материала для погрызания.

1. Критика методов

1.1. Потребление корма, пищевое поведение

В целом, в настоящих исследованиях было обнаружено, что у отдельных шиншилл имелись явные трудности при переходе от обычного проживания в групповом вольере к индивидуальному проживанию в метаболической клетке. Это также выражалось в балансовых тестах у животных, которые уже жили в изоляции до начала экспериментов, частично в виде уменьшения потребления корма, нервного грызения прутьев клетки или летаргической заторможенности в задней части клетки. Таким образом, не только отсутствует однотипность, но и помимо социальной депривации также происходит переход к клетке, имеющей мало стимулов и места, что вызывает недомогание. Даже пятидневный период адаптации перед исследованиями пищеварения не привел к привыканию к измененным условиям метаболической клетки.

Кроме того, можно заметить, что наибольшее количество корма почти всеми группами было потреблено в первом балансовом исследовании, во втором средняя масса корма, а в третьем наименьшая. Так как снижение потребления корма по отношению к массе тела наблюдалось с увеличением возраста животных не только у молодняка, но и у взрослых, вероятно, что у животных с каждым последующим экспериментом в метаболической клетке возникало «растущее разочарование».

Проблема с определением массы потребленного корма у некоторых животных заключалась в разбрасывании гранул и их «крошек» в балансовой клетке. GLAESER (1962) обнаружил в экспериментах с шиншиллами около 50% предложенных гранул сгрызенными до состояния муки под проволочными решетками. SCHWABE (1995) также сообщает о привычке некоторых шиншилл откусывать от гранул, удерживаемых в передней лапе, и выбрасывать остаток. Этот остаток пищи затем лежал на полу клетки или на нижележащем поддоне и должен был быть отсортирован вручную. Небольшая часть гранул распалась до состояния пыли и была сметена щеткой и убрана. Таким образом, нельзя исключать любые неточности конкретной массы потребления корма в количестве после запятой (*прим. пер. – т.е. если шиншилла съела, например, 10,5 граммов корма, нельзя точно сказать, что она съела именно 10,5, а не 10,2*), а также небольшое загрязнение части массы фекалий частицами корма. То же самое относится к определению зарегистрированной массы дерева и, особенно, камня Ytong. Из-за возможных неисчислимых потерь в результате грызущей активности или «разложения» материала (раскидывание вокруг, прилипание частиц к шерсти животных и т. д.) определяемая масса может быть слегка завышена. На основании среднего общего суточного потребления (ГПК + поглощенные части древесины или камня) полученная среднесуточная зарегистрированная масса древесины составляла примерно 1,1-7,9%, а поглощенная масса частиц камня - 2,2-13,2% от потребления корма. Эти кажущиеся очень высокими относительные значения подчеркивают методологические трудности. Поскольку не было выявлено значительных различий в потреблении гранулированного корма между группами с дополнением материала для погрызания и без такового, при определении фактически потребленной массы материала для погрызания, поглощенного животными, можно предположить только приблизительное значение.

1.2. Сбор мочи

При определении объема мочи, выделенной за 24 часа, возникла проблема, заключающаяся в том, что корм или пыль от камня Ytong неизбежно приводили к загрязнению мочи. Поэтому четыре дня подряд животных держали в течение шести часов (с учетом времени суток) в метаболической клетке без пищи или воды и без соответствующего материала для погрызания, чтобы избежать загрязнения мочи кормовой пылью, частицами материалов для погрызания или разбавления капающей водой (см. материалы и методы). Сумма четырех подмножеств (каждая сумма за шесть часов) дала количество мочи, выделившейся за 24 часа. При таком проведении процедуры, хотя незагрязненные пробы мочи и были получены для дальнейшего анализа, рассчитанная масса выделенной мочи была значительно ниже, чем указывается в литературе, поскольку не каждое животное во время шестичасовой фазы сбора выделяет репрезентативное количество мочи.

1.3. Рост зубов

Определение расстояния от метки на зубе до края десны для определения еженедельного роста зуба выявило возможные неточности в измерении. Это связано с тем, что граница десны была в некоторой степени смещена и не представляла собой структуру, к которой можно было прикрепить для использования цифровой штангенциркуль и, таким образом, зафиксировать. При измерении расстояния от отметки на зубе до свободного края зуба для определения истирания зубов этой трудности не возникало, поскольку технически возможно было зацепить штангенциркуль за отметку и зажать свободный край зуба.

1.4. Цвет зубов

Вместо оптической оценки цвета зуба с помощью цветовой шкалы RAL можно было бы сделать это при последующей работе с помощью спектрофотометра, например, с устройством, предназначенным для определения цвета пластмасс, продуктов питания, автомобильных красок. JÜRGENS использовал такое устройство в 2005 году для определения цвета перьев агапорнидов. Ограничивающим фактором в настоящих исследованиях был размер измерительного отверстия, поскольку резцы шиншилл дают лишь небольшую площадь для размещения измерительного устройства. Хотя аналогичные устройства из стоматологической медицины человека доступны,

они не подходят для этого типа исследований в соответствии с первоначальными оценками, основанными на видоспецифическом компьютерном программном обеспечении.

Если найти устройство с минимальным измерительным отверстием, необходимо учитывать плоскостность / шероховатость поверхности зуба: отражения и нестандартные углы измерения могут привести к несопоставимым результатам.

Устройства, используемые федеральным управлением уголовной полиции, работают по методам определения цвета с помощью проходящего света (нарезанные препараты на предметных стеклах микроскопа). Этот метод также не подходит для зубов живых животных.

2. Исходные данные с точки зрения физиологии питания и баланса кальция

2.1. Потребление корма

Среднее потребление пищи у шиншилл, определенное в течение пяти дней балансового теста, варьировалось от 10,2 до 22,4 г СВ / животное / день. В следующей таблице указаны массы потребляемого корма в пересчете на массу тела с указанием содержания сырой клетчатки в сравнении с результатами WENGER (1997) и SCHRÖDER (2000).

Таблица 49: Потребление пищи шиншиллами, при предложении разных кормов

Автор	Питание	Клетчатка (в % СВ)	Потребление корма (г СВ/100 г массы тела/ день
Собственные результаты	pAF Ca↓	16,1	2,50-4,56
	pAF Ca≈	15,8	3,04-3,24
	pAF Ca↑	14,3	2,27-4,59
	Сено	34,6	2,63-3,34
WENGER (1997)	pAF	19,7	4,78
	Сено	35,4	3,47
SCHRÖDER (2000)	pAF	16,0	5,51
	Кусочки моркови	13,5	3,82
	Сено	20,6	2,60

Предложение материалов для погрызания (дерево или камень Ytong) не оказало существенного влияния на потребление корма: не потреблялось ни

значительно больше, ни меньше пищи в зависимости от наличия таких материалов. Животные, которым не предлагался материал для погрызания, не показали повышенного потребления корма "из-за скуки". С другой стороны, занятость существующим материалом для погрызания не мешала животным поедать гранулированный комбикорм.

2.2. Кормление молодых шиншилл исключительно сеном

На первом этапе эксперимента молодые животные группы J III (изначальный возраст 4-5 месяцев) получали в пищу исключительно сено. В балансовом тесте было определено потребление корма 2,92 ± 0,35 г СВ / 100 г массы тела. Хотя можно было бы предположить несколько большее потребление корма во время проживания в вольере вне балансового теста, потеря массы тела в среднем составила 14,1% в течение восьминедельного периода эксперимента. После этого на следующих двух этапах эксперимента было добавлено определенное количество коммерческого гранулированного полнорационного корма.

Даже морские свинки не могут поглощать и переваривать перезрелую, очень богатую клетчаткой массу сена, необходимую для поддержания массы тела (TAU 1991). SCHRÖDER (2000) предположил, что максимальный временной интервал составляет один день на основе собственных результатов изучения потребления корма у морских свинок и шиншилл. Несмотря на возможную неудовлетворенную потребность в энергии, у животных нет готовности к дальнейшему потреблению корма, поэтому автор объясняет низким потреблением СВ сопутствующую потерю массы тела. В противоположность этому, WENGER (1997) наблюдал ежедневное потребление пищи продолжительностью до десяти часов при предложении исключительно сена, но и здесь шиншиллы показали потерю массы тела на 4% в течение десяти дней исследований.

Согласно собственным результатам и данным литературы, кормление молодняка исключительно сеном невозможно. Вероятно, время удержания («время пребывания химуса») в желудочно-кишечном тракте шиншилл может быть недостаточно продолжительным, и его использование не так эффективно, как, например, у жвачных животных. Однако следует помнить, что в наших собственных экспериментах использовалось сено «соломенного» типа (34,6% сырой клетчатки в СВ). Питание молодых шиншилл исключительное сеном

вполне возможно, если это высококачественное молодое сено (1-й покос, нижняя часть трав).

Кроме того, следует проверить, может ли кормление только сеном, помимо нехватки энергии, удовлетворить потребность в витаминах, минералах и микроэлементах шиншилл. Это также следует учитывать при все более популярном в наше время кормлении домашних животных сухими листьями, травами и цветами. Рекомендуется ограниченное добавление дополнительного корма (например, смесь семян и гранулированная витаминно-минеральная пища).

2.3. Усвояемость органических веществ

Кажущаяся усвояемость органического вещества (sV oS) у грызунов и зайцеобразных также зависит, в значительной степени от содержания сырой клетчатки в пище (SCHURCH 1949, WENGER 1997, SCHRÖDER 2000). Эта взаимосвязь может быть показана также и для шиншилл нашими собственными исследованиями по сравнению трех полнорационных кормов (очень похожих по содержанию сырой клетчатки) с сеном (см. таблицы 50 и 51).

Таблица 50: Кажущаяся усвояемость органического вещества у шиншилл и содержание сырой клетчатки в потребляемой пище при предложении гранулированного полнорационного корма (ГПК).

Автор	Питание	Сырая клетчатка (% от СВ)	Усвояемость органических веществ (%)
Собственные результаты	ГПК Са↓	16,1	61,1-64,3
	ГПК Са≈	15,8	59,9-60,4
	ГПК Са↑	14,3	57,4-64,0
WENGER (1997)	ГПК	19,7	60,0
SCHRÖDER (2000)	ГПК	16,0	62,7

Таблица 51: Кажущаяся усвояемость органического вещества у шиншилл и содержание сырой клетчатки в пище при кормлении сеном.

Автор	Сырая клетчатка (% от СВ)	Усвояемость органических веществ (%)
Собственные результаты	34,6	42,7-48,0
WENGER (1997)	35,4	35,6
SCHRÖDER (2000)	20,6	56,5

WENGER (1997) составил следующее уравнение регрессии для шиншилл, чтобы показать зависимость усвояемости органических веществ от содержания сырой клетчатки в рационе:

sV_{oS} (%) = 90,8 – 1,56 x , где x – содержание клетчатки в рационе в % от сухого вещества

Для наших результатов уравнение, составленное WENGER (1997), применимо только в ограниченной степени. Поскольку корм, использованный в этой работе, соответствовал только двум «уровням клетчатки» (≈ 35% сырой клетчатки в сене против 14–16% в ГПК), экспериментальное уравнение регрессии создать не удалось.

Не было обнаружено существенных различий кажущейся усвояемости между гранулированными кормами, схожими по содержанию сырой клетчатки. Однако, как и в работах WENGER (1997) и SCHRÖDER (2000), были выявлены четкие различия усвояемости органического вещества при кормлении сеном: с увеличением содержания сырой клетчатки в корме кажущаяся усвояемость органического вещества у шиншилл значительно снижается.

2.4. Усвояемость кальция

Об усвояемости макроэлементов у шиншилл в литературе пока нет доступных значений. Имеющиеся выводы о кроликах и крысах, в частности о кажущейся усвояемости кальция (sV Ca), очень разные и частично противоречивые (см. таблицу 52). Некоторые ученые предполагают снижение усвояемости Ca с увеличением его содержания в рационе или повышением его потребления (например, KENNEDY 1965), в то время как другие авторы предполагают увеличение усвояемости Ca с увеличением его содержания в рационе или при повышении потребления Ca (SCHRÖDER 1985, KAMPHUES et al., 1986). Кроме того, очень низкие уровни Ca в рационе должны способствовать активной абсорбции Ca (например, у крыс, ARMBRECHT et al., 1979).

Таблица 52: Кажущаяся усвояемость кальция при различном содержании Ca в пище и различное потребление Ca разными видами

Содержание кальция в пище	Потребление кальция (мг/кг/день)	Усвояемость кальция (%)	Вид животного	Автор
Нет данных	533,8	89,6	Кролик	KENNEDY (1965)
Нет данных	850,4	63,0	Кролик	
8,56 г/кг СВ	196	49	Кролик (взрослый)	SCHRÖDER (1985), KAMPHUES et al. (1986)
40,3 г/кг СВ	1092	71	Кролик (взрослый)	
5 г/кг ИВ	Нет данных	40-93	Крыса (молодая)	HANSARD und CROWDER (1957)
5 г/кг ИВ	Нет данных	40-93	Крыса (взрослая)	

Определенная в результате наших собственных опытов усвояемость Ca у шиншилл сильно различалась (от -78,7 до 72,4%). Помимо заметно высокого стандартного отклонения, что является показателем специфических различий для отдельных животных, в некоторых случаях были выявлены значимые различия между тремя балансовыми группами молодняка, несмотря на идентичный корм. Особенно сильно выделяются отрицательные значения усвояемости Ca при кормлении исключительно сеном. Даже если предположить более высокое потребление Ca при выборе богатых кальцием растительных компонентов в предлагаемом сене, очевидно, что больше кальция выделялось животными через помет, чем поступало с пищей.

Различные факторы, возможно, повлияли на определение усвояемости Ca. У отдельных животных во время относительно «бесстрессового» содержания в вольере (есть социальные партнеры, обширное пространство для движения, песчаная ванна, мебель) по сравнению с балансовым тестом, безусловно, предполагается более высокое потребление корма с сопутствующим более высоким потреблением кальция. В результате, высокая экскреция Ca с фекалиями, несмотря на пятидневный период адаптации в балансовой клетке, скорее всего, может быть связана с избыточным потреблением в Ca в вольерах.

Кроме того, животным в вольере предлагали для питья водопроводную воду из-за длительного общего периода эксперимента (в балансовом тесте была дистиллированная вода). Это привело к дополнительной, хотя и незначительной массе потребленного кальция: если перенести потребление воды в балансовом тесте 20-30 мл / животное / день на содержание в вольерах с учетом средних

значений жесткости воды в Ганновере (79 мг Ca / л , 0,4 мг фосфата / л, источник: Stadtwerke Hannover AG, 2010), шиншиллы, возможно, потребляли дополнительно 1,58-2,37 мг кальция и 0,008-0,012 мг фосфата в день с питьевой водой.

Также важным для резорбции является химическое соединение, в котором кальций поступает с пищей. При приготовлении экспериментального гранулированного корма были добавлены карбонат кальция и монокальцийфосфат. Кроме того, растительные компоненты, такие как травяная зеленая мука, сушеная морковь, соевый экстракционный шрот и т. д. (см. Материалы и методы), обеспечивают исходное содержание Ca в корме. В целом, считается, что кальций, предлагаемый в виде карбоната кальция в комбикорме, хорошо абсорбируется. В экспериментах на крысах PANSU et al. (1993) обнаружили, однако, что кальций лучше использовать в форме фосфатных солей, чем в виде труднорастворимого карбоната. PANSU обосновал свое утверждение тем, что время пребывания в просвете кишечника недостаточно продолжительное, чтобы преобразовать нерастворенный кальций в ионизированную форму, пригодную для абсорбции.

Из-за неучитываемых процессов эндогенной секреции целесообразность расчета кажущейся усвояемости минеральных веществ сомнительна (за исключением магния, натрия и калия, а в случае лошадей также кальция; KAMPHUES et al., 2009). Более точным будет подход в соответствии с индикаторным методом. Секреция избыточного кальция в просвет кишечника в этой работе не рассматривалась. Маркер или индикатор не использовались. Это можно рекомендовать для последующей работы. Особенно подходящими являются радиоактивные изотопы (Calcium-45, GREENBERG 1939).

2.5. Характеристика баланса кальция по параметрам кала, мочи и крови

После того, как количество перорально потребленного кальция было определено, был поднят вопрос о выделении возможных излишков. В то время как большинство видов животных, таких как жвачные, свиньи и крысы, выделяли кальций в основном с фекалиями (HANSARD et al., 1961, MITCHELL 1964, BENSON et al., 1969), было установлено, что у кроликов моча является основным экскреторным путем выведения кальция (KENNEDY 1965, CHEEKE and AMBERG 1973, KAMPHUES et al., 1986, REDROBE 2002). Приблизительно 75%

усвоенного кальция или около 60% потребленного кальция кролик выводит с мочой (CHEEKE и AMBERG 1973, KAMPHUES et al., 1986). Аналогичные взаимосвязи были также установлены для морской свинки (O'DELL et al., 1957). С другой стороны, в экспериментах на крысах CHEEKE и AMBERG (1973) только около двух процентов потребленного кальция выделялось с мочой. HANSARD и CROWDER (1957), напротив, определили, что у крыс 82% потребленного кальция, выделяется с фекалиями.

В рамках балансовых исследований, потребленная масса кальция была определена за счет измеренного потребления и известного состава корма. Количественная оценка фекалий и мочи, а также анализ содержания кальция в них показали, что экскреция Ca у шиншилл здесь может быть описана более подробно. Была выявлена очень тесная корреляция между потреблением Ca с пищей и экскрецией Ca с фекалиями: с увеличением потребления Ca, экскреция его с фекалиями также увеличивалась. Возраст животных не имел значения.

Форсированное потребление Ca не приводило к увеличению его объема в моче у шиншилл, но в выделенном количестве мочи обнаружились значительные индивидуальные различия. В целом, с учетом критики фазы сбора из четырех частей по сравнению с литературными источниками, были получены относительно небольшие объемы мочи, что необходимо учитывать при рассмотрении процентного распределения общего выделенного с мочой кальция (см. выше). Хотя не было обнаружено статистически значимых различий между группами питания в отношении концентрации Ca в моче, все же экскреция Ca с мочой также слегка увеличивалась с увеличением потребления Ca - по крайней мере, в количественном выражении. Не было найдено взаимосвязи между объемом пробы (количеством выделившейся мочи) и концентрацией в ней Ca. Например, низкий объем мочи не имел более высокую концентрацию Ca. Индивидуальные значения варьировались в среднем от 22,4 до 125 мг кальция / 100 мл мочи и сопоставимы с результатами BELLAMY и WEIR (1972), которые показали, что средняя концентрация Ca в моче взрослых шиншилл составляет 8,9-49,1. м-экв / л (соответствует примерно 17,8-98,4 мг / 100 мл). Хотя и были заметны макроскопически значимые различия образцов свежевыделенной мочи в окрашивании и помутнении, здесь также не было обнаружено никакой связи с питанием или содержанием Ca в корме, гораздо большее влияние оказывали индивидуальные особенности животных.

Если процент экскреции Ca с фекалиями и мочой связан с потреблением кальция с пищей, то по крайней мере 80% кальция у шиншилл выводится с фекалиями (до 102%) и только 1-3% с мочой. Принимая во внимание, возможно, слишком малые объемы мочи в день, предположим, что животное выделяет вдвое больше мочи. Даже в таком случае только до пяти процентов потребленного кальция будет выводиться с мочой. Относительно низкое процентное выделение Ca при добавлении камня Ytong, по-видимому, связано с ложно высоким потреблением Ca из-за частично неучтенного рассеяния крошек очень богатого кальцием камня Ytong. Обратная ситуация происходила когда предлагалось исключительно сено: рассчитанный чрезмерно высокий процент экскреции Ca может быть объяснен специальным отбором шиншиллами богатых кальцием растительных компонентов в сене (например, массы побегов трав).

Как следствие исследований выделения, согласно имеющимся результатам для шиншилл, принудительное потребление Ca не приводит к значительно более высокому выделению его с мочой. Малое количество медицинских отчетов о случаях уролитов у шиншилл, доступных в литературе, подчеркивают этот тезис. Следовательно, шиншилла похожа - в том, что касается метаболизма Ca - например, на крысу, а не на кролика.

Теперь, когда рассмотрены параметры фекалий и мочи, следует обсудить полученные параметры крови для дальнейшей характеристики баланса Ca у шиншилл. Для лучшего понимания следует еще раз напомнить, что кальций в крови содержится примерно на 55% в виде ионизированного кальция, 40% связано с белком и 5% с органическими кислотами. Связывание с белком сильно зависит от значения pH. Снижение pH (ацидоз) уменьшает связывание и, следовательно, увеличивает концентрацию ионизированного кальция (KRAFT et al., 2005). С точки зрения методологии анализ уровней альбумина и других белков в крови был бы полезен для интерпретации концентрации общего кальция.

Поскольку литература в основном содержит исследования метаболизма Ca других видов, эти данные нужно рассматривать в качестве основы и базиса сравнения.

У кроликов была обнаружена прямая зависимость уровня Ca в крови от потребления Ca с пищей (CHAPIN and SMITH 1967, CHEEKE 1976, KAMPHUES et al., 1986). В отличие от большинства других животных, кролик не

ориентирован на резорбцию кальция в тонком кишечнике (MEN и BRONSCH 1987), но предположительно делает это пассивно, пропорционально содержанию кальция в корме (CHEEKE 1987). LANG (1981a) утверждает, что регуляция гомеостаза уровня кальция в крови с помощью кальцитонина и паратиреоидного гормона у этого вида существует лишь частично. С другой стороны, WARREN et al. (1989) пишут о быстрой секреции паратиреоидного гормона и кальцитонина для контроля ионизированного кальция в сыворотке крови. В качестве основы можно сослаться на эксперименты LEE et al. (1969), в которых у кроликов была обнаружена регуляция метаболизма Ca с помощью кальцитонина. Помимо этой «гормональной сети», регулирование уровня кальция в крови осуществляется и через почечную экскрецию. По мере снижения объема экскреции уровень Ca в крови у взрослых кроликов увеличивается (KAMPHUES et al., 1986). В проведенных исследованиях кроликов эта зависимость не была выявлена ни TAHER (1979), ни KAMPHUES et al. (1986). Это может быть связано с различающимся в зависимости от возраста действием кальцитонина, которое COPP и KUCZERPA (1966) смогли обнаружить у крыс. Эта гормональная система должна быть дополнительно исследована в случае шиншиллы, особенно касаемо возрастных различий, поскольку, в частности, наши исследования предоставляют указания в этом отношении.

В литературе очень мало данных о параметрах крови здоровых шиншилл. С другой стороны, для морской свинки концентрации минералов в плазме очень хорошо описаны (SULIK et al., 2007). Нормальная концентрация Ca в плазме крови у них колеблется от 2,08 до 3,0 ммоль / л (ŚMIELEWSKA-ŁOŚ 2000). Фосфор в плазме крови морской свинки обычно колеблется от 0,97 до 2,46 ммоль / л в плазме (WINNICKA 1997).

MUSZCZYŃSKI et al. (2010) обнаружили у здоровых взрослых шиншилл в плазме крови среднюю концентрацию Ca 2,32 ммоль / л (≈ 9,30 мг / дл) и 0,08 ммоль фосфора / л (≈ 0,25 мг / дл; забор крови пункцией сердца; кровь ЭДТА). Интересно, что значительные отклонения были обнаружены у животных с чрезмерным ростом зубов. Значение Ca варьировалось в среднем при 2,74 ммоль / л (≈ 11,0 мг / дл), а средняя концентрация фосфора в плазме составляла 0,07 ммоль / л (≈ 0,22 мг / дл). SPANNL и KRAFT (1988) утверждают, что для шиншилл эталонное значение концентрации Ca в крови составляет 1,4-3,01 ммоль / л (≈ 5,6-12,1 мг / дл), тогда как DE OLIVEIRA SILVA et al. (2005) определили среднюю концентрацию кальция в сыворотке крови 8,1 мг / дл (≈ 2,02

ммоль / л) у взрослых шиншилл мужского пола путем пункции сердца в анестезированном состоянии при содержании Ca 1,5% в рационе. Для неорганического фосфата референсный диапазон, указанный в литературе для шиншилл, составляет 1,29-2,58 ммоль / л (≈ 4-8 мг / дл) (SPANNL и KRAFT 1988). В более поздней работе о лабораторно-диагностических референсным диапазонам шиншилл WUCK (2010) сообщает о 1,87-2,96 ммоль / л для общего кальция (≈ 7,49-11,9 мг / дл) и 0,59-3,71 ммоль / л для фосфата (≈ 1,83-11,5 мг / дл). В следующей таблице приведены наши собственные значения и литературные данные для сравнения.

Таблица 53: Сравнительное представление концентраций общего кальция, ионизированного кальция и фосфора у взрослых шиншилл (данные в ммоль / л)

Концентрация кальция в пище		Сыворотка или плазма крови	Общий кальций	Ионизированный кальций	Неорганический фосфат	Автор
Нет данных		Нет данных	1,4-3,01*		1,29-2,58	SPANNL und KRAFT (1988)
Нет данных		Сыворотка	2,2 (0,3-2,8)*		2,0 (0,5-3,6)	CROSSLEY (2003a)
1,5%[1]		Сыворотка	2,02*		Нет данных	DE OLIVEIRA SILVA et al. (2005)
Нет данных		Сыворотка	1,87-2,96	Нет данных	0,59-3,71	WUCK (2010)
Нет данных		Плазма	2,23*		0,08[2]	MUSZCZYNSKI et al. (2010)
г/кг СВ	4,14	Плазма	1,49	0,92[3]	1,68	Собственные результаты
	8,09	Плазма	2,44-2,52	1,11-1,12[3]	1,39-1,56	
	17,9	Плазма	5,11-5,28	1,17-1,23[3]	1,67-1,85	

Собственные значения получены как средние по группе.

* нет различия между общим кальцием и ионизированным кальцием

[1] неизвестно, является ли значение процентом от сухого или от исходного вещества

[2] информация, возможно, относится только к фосфору (нельзя точно понять из источника)

[3] Измерение цельной крови

Если говорить подробно, концентрация общего кальция в плазме крови у молодых шиншилл в среднем составляла от 2,10 до 2,57 ммоль / л. При одинаковом кормлении не было выявлено различий между тремя возрастными группами (только у J II во второй фазе эксперимента была значительно более низкая концентрация, которая может считаться статистически значимой только

без корректировки α, что уменьшает актуальность данного и без того сомнительного результата). Однако в одном и том же возрасте у молодняка были обнаружены существенные различия между значениями общего кальция при разных вариантах питания (представление рационов, которые значительно отличаются друг от друга): в фазе «a» ГПК Ca ↓ <сено + КГПК, ГПК Ca ↑, ГПК Ca ↑ + дерево; в фазе "b" ГПК Ca ↓, ГПК Ca ↓ + камень Ytong <ГПК Ca ↑ и в фазе "c" ГПК Ca ↓ < ГПК Ca ↑. Кроме того, в последней фазе эксперимента с одинаковым гранулированным полнорационным кормом была измерена более высокая концентрация общего кальция, когда предлагался обогащенный кальцием камень Ytong, по сравнению с группой, которая не получала такой материал для погрызания.

У взрослых шиншилл концентрация общего кальция варьировалась в гораздо большей степени, чем у молодых животных, поэтому можно подозревать возрастное изменение резорбции Ca (например, изменения рецепторов Ca в кишечнике или функций паращитовидной железы) либо снижение экскреторной способности почек, даже если это не было обнаружено в возрасте приблизительно до одного года. В среднем в плазме у взрослых шиншилл были измерены концентрации 1,49-5,28 ммоль / л. По сравнению с референсными диапазонами других видов (например, у собак и кошек 2,3-3,0 ммоль / л, у свиней 2,4-3,5 ммоль / л и у лошадей 2,5-3,4 ммоль / л; KRAFT et al., 2005), у шиншилл были определены гораздо более высокие концентрации. В зависимости от содержания Ca в рационе или потребления Ca были обнаружены значимые отличия между разными рационами питания. Они показаны на следующем рисунке. Содержание Ca в корме было намеренно выбрано в качестве исходного значения, поскольку масса кальция, потребленная при балансовых тестах, была очень разной для каждого отдельного животного. С другой стороны, во время содержания в вольере у большинства животных можно было предположить более высокое потребление кальция.

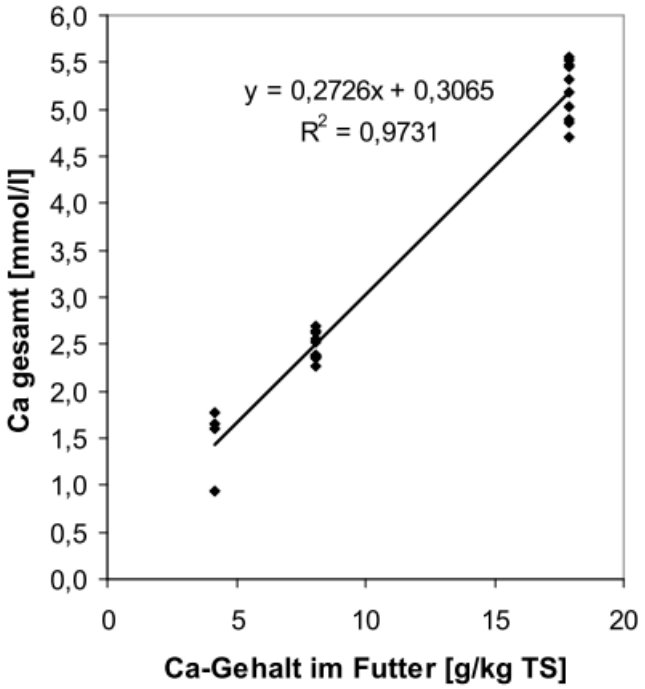


Рисунок 23: Зависимость концентрации общего кальция в плазме от содержания Ca в потребляемом рационе у взрослых шиншилл.

Прим. пер. к рисунку 23: Ca gesamt [mmol/l] – общий кальций (ммоль/л), Ca-Gehalt im Futter [g/kg TS] – содержание кальция в пище (г/кг СВ)

Концентрация биологически эффективного ионизированного кальция варьировалась в цельной крови у молодняка в среднем от 1,00 до 1,24 ммоль / л. Здесь также возраст животных не оказал влияния (единственное исключение: при рационе ГПК Ca↑ + дерево во второй экспериментальной фазе необъяснимым образом была зафиксирована значительно более низкая концентрация Ca, чем в первой фазе, что является критически важным для анализа значимости). В первые восемь недель исследования содержание Ca в рационе не влияло на этот показатель крови. На втором и третьем этапе эксперимента, однако, были обнаружены значительно более низкие концентрации ионизированного кальция в крови при потреблении корма с низким содержанием Ca, чем при питании с высоким содержанием Ca. Хотя влияние содержания Ca в рационе на состав резцов установить не удалось, повышенная минерализация костей все же может происходить из-за повышенных концентраций Ca в крови.

У взрослых животных были измерены схожие с молодыми животными значения (в среднем 0,92-1,23 ммоль / л). Здесь также потребление Ca оказало

влияние на концентрацию ионизированного кальция в крови, хотя на первый взгляд, по сравнению с общим кальцием, это не было столь выразительно. При низком содержании Ca в рационе были измерены значительно более низкие концентрации его в крови, чем при среднем или более высоком содержании в гранулированном тестовом корме. Здесь также примечательно, что при одинаковом питании (низкое содержание Ca) концентрация ионизированного кальция была значительно выше при дополнении рациона камнями Ytong. Как и в случае значений общего кальция, это указывает на резорбцию кальция из съеденного камня Ytong. Пористый бетон десятилетиями использовался ad libitum как экономически выгодный камень для грызунов в пушном звероводстве. Тот факт, что отсутствуют сообщения о проблемах со здоровьем, например, в виде кальциевых конкрементов в органах мочеиспускания, не вызывает удивления, с одной стороны, поскольку очевидно, что значительная часть избыточного кальция выделяется с фекалиями, а с другой стороны, животных обычно забивают в молодом возрасте ради использования (*для получения меха – прим. пер.*). Поскольку положительное влияние на здоровье зубов также невозможно доказать, предложение этого материала, равно как и предложения других коммерчески доступных известняковых камней, следует критически пересмотреть.

3. Рост и истирание резцов шиншилл

На рост резцов грызунов и зайцеобразных должны влиять разные факторы. Так, например, BUCHER (1994), используя литературные источники, в качестве регулирующих факторов роста зубов у кроликов назвал «трение друг об друга или истирание резцов, разгрызание пищи и погрызание твердых предметов». "(BUCHER 1994, SHADLE 1936, TAYLOR and BUTCHER 1951, WEINREB et al., 1967). BUCHER также предположил, что твердость вещества резцов также влияет на рост и скорость истирания.

В настоящем исследовании 34 самки шиншиллы (Chinchilla lanigera) разных возрастов в течение 24 недель были еженедельно обследованы на предмет роста резцов. Независимо от питания и возраста, скорость роста составляла 1,32 ± 0,33 мм / неделю для верхних резцов; для нижних резцов шиншилл еженедельный прирост в среднем составил 1,53 ± 0,50 мм. Эти значения также соответствуют существующим литературным данным (см. таблицу 54).

Таблица 54: Удлинение резцов у шиншилл [мм / неделя]

	Верхние резцы			Нижние резцы		
	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
Собственные результаты	1,32 ± 0,33	0,31	3,54	1,53 ± 0,50	0,07	3,41
KENNEDY (1952)	1,2			1,6		
KAMPHUES et al. (1999)	1,3-1,7			1,1-1,2		

В ходе эксперимента можно было предположить, что у молодых шиншилл будет иметь место зависимость роста зубов от возраста. В литературе существуют противоречивые данные о влиянии возраста на рост и скорость истирания зубов у кроликов. Например, WETZEL (1927) постулирует увеличение роста и истирания с увеличением возраста животных, в то время как другие авторы говорят о снижении роста и истирания зубов у взрослых животных по сравнению с растущими (например, STILLER 1923). Для шиншилл такие взаимосвязи до сих пор не были изучены. Из наших собственных исследований молодых животных можно предположить, что скорость роста как верхних, так и нижних резцов снижается с увеличением возраста шиншилл. На первом этапе исследования, при возрасте животных от пяти до семи месяцев, рост зубов был значительно сильнее, чем в конце экспериментов, примерно через десять-двенадцать месяцев, и в сравнении с гораздо более старшими животными взрослых экспериментальных групп.

После завершения экспериментов и вскрытия тел «видимую» длину резца (от края десны до свободного конца зуба) сравнивали с общей длиной зуба. Поскольку различий между правым и левым резцами животного во время экспериментальных измерений длины зуба и наблюдения свободного края зуба не было выявлено (см. также BUCHER 1994 в исследованиях резцов кроликов), в следующей таблице приведено только одно значение.

Таблица 55: Сравнение видимой длины резцов в конце эксперимента с общей длиной зуба, измеренной посмертно, для шиншилл, получавших разные рационы питания (в мм, 5 животных в группе)

Группа	Верхние резцы		Нижние резцы	
	Видимая длина в конце эксперимента	Общая длина зуба (посмертно)	Видимая длина в конце эксперимента	Общая длина зуба (посмертно)
J I	5,23	20,37	7,17	27,12 [1]
J II	5,17	21,35	7,30	27,18 [1]
J III	4,65	20,39	7,29	26,32
J IV	5,17	20,84	6,79	26,97 [1]
J V	5,38	20,88	7,04	26,99

[1] n=3 (зубной материал был расщеплен)

По сравнению с нашими данными, BUCHER (1994) приводит видимую длину резца 3,23-4,25 мм для верхней челюсти и 3,28-4,30 мм для нижней челюсти взрослых карликовых кроликов независимо от пола. Для извлеченных резцов автор получила посмертную общую длину зуба 20,28-24,51 мм для верхних резцов и 21,19-24,57 мм для нижних. BUCHER не обнаружила корреляции между двумя измерениями длины у карликового кролика. Это относится и к настоящим исследованиям шиншилл.

В то время как у карликового кролика были измерены схожие значения длин верхнего и нижнего резцов, либо в группах верхний или нижний резцы были длиннее (BUCHER 1994), у шиншилл в настоящем исследовании нижние резцы постоянно были значительно длиннее верхних. Это также относится и к общей длине зуба.

Поскольку еженедельные измерения роста зубов у живых животных могли иметь методологические ошибки, общая длина зубов после окончания экспериментов была важной величиной для оценки изменения длины резцов. После 24 недель кормления различными рационами не было выявлено никаких существенных различий между экспериментальными группами. Результирующая важность содержания Ca в питании и предлагаемом материале для погрызания будет вновь рассмотрена в следующих главах 4 и 5.

Износ резцов определялся в настоящем исследовании на тех же животных в течение 24 недель. Без учета питания и возраста, для верхних резцов шиншиллы

было получено истирание величиной 1,25 ± 0,26 мм / нед; для нижних резцов шиншилл это значение в среднем составляло 1,69 ± 0,40 мм.

Таблица 56: Истирание резцов у шиншилл (мм / неделя, n = 34 животных)

Верхние резцы			Нижние резцы		
Среднее	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум
1,25 ± 0,26	0,33	2,32	1,69 ± 0,40	0,20	3,20

Результаты, полученные для молодых шиншилл, показывают также, что скорость истирания нижних резцов возрастает с увеличением возраста животных. Для верхних резцов, однако, это невозможно установить.

При сравнении верхних и нижних резцов настоящее исследование показывает более высокие показатели роста и истирания нижних резцов шиншилл. Согласно опубликованной литературе, некоторые авторы также зафиксировали более высокие значения роста нижних резцов по сравнению с верхними у крыс и кроликов (STILLER 1923, NACHTSHEIM 1936, SHADLE 1936, цитируется в BUCHER 1994). В 1936 году NACHTSHEIM пришел к выводу, что нижние резцы, которые в основном ответственны за грызение, истираются больше, чем верхние, и поэтому должны демонстрировать более сильный рост. HERMANN (1953) подтвердил наблюдения Wetzel (1927) о том, что укороченные резцы, а также те, что находятся напротив них, демонстрируют более высокие темпы роста. WETZEL (цитируется в BUCHER 1994) видит причину увеличения роста в отсутствии давления во время жевания и грызения, а также отсутствие истирания.

4. Значимость содержания кальция в корме для выбранных параметров зубов

4.1. Содержание кальция в пище, рост и истирание зубов

Содержание Ca в гранулированном экспериментальном корме (ГПК Ca ↓: 4,14 г Ca / кг СВ; ГПК Ca ↑: 17,9 г Ca / кг СВ) в настоящем исследовании не оказало значимого влияния на рост и истирание резцов молодых животных ни через два, ни через четыре, ни, наконец, через шесть месяцев, в течение которых длился эксперимент. Этот результат также может быть подтвержден измерениями на взрослых животных и применим как к верхним, так и к нижним резцам. Заметны только несколько более высокие значения роста и истирания для нижних резцов животных взрослой группы «B» (без материала для погрызания)

при среднем содержании Ca в корме (ГПК Ca≈: 8,09 г Ca / кг СВ), из чего нельзя сделать логический вывод о влиянии потребления Ca на рост и истирание зубов. Кроме того, в статистических оценках следует учитывать, что после α-корректировки на экспериментальный уровень не было выявлено значимых различий средних значений, при этом наблюдаемые различия при сравнении не появлялись до тех пор, пока не были рассмотрены значения без корректировки α. Это также относится к влиянию материала для погрызания на рост и износ зубов (см. обсуждение, глава 5).

При рассмотрении большинства групп и экспериментальных животных, вышеупомянутое содержание Ca в корме, даже при исключительном предложении соответствующих экспериментальных кормов в течение по крайней мере шести месяцев, не влияло ни на рост, ни на скорость истирания резцов у шиншилл. Это следует также из результатов сравнения общей длины зубов после посмертного удаления резцов. Относительно этого не было никаких существенных различий между группами по типу питания. Кроме того, макроскопически на резцах не удалось обнаружить структурных изменений зубов, которые могут указывать на более низкую минерализацию. Также в области челюсти не было обнаружено клинически видимых заболеваний.

В наших исследованиях, однако, рассматривалось только изменение длины резцов. JEKL и соавт. (2011) обнаружили в недавнем исследовании дегу (Octodon degus), что питание с высоким содержанием фосфора и соотношением Ca-P 1: 1 за время 14-месячного кормления привело к удлинению щечных зубов и более низкой плотности кости нижней челюсти, что впоследствии вызвало серьезное ухудшение здоровья зубов. Однако, длины моляров и премоляров, плотность и минерализация челюстной кости шиншилл не были в фокусе нашей работы.

4.2. Содержание кальция в пище и состав зубов

Кальций и фосфор являются основными составляющими неорганического базового вещества материала зуба (KEIL 1966). В связи с этим в данном исследовании следовало также изучить, может ли их концентрация в веществе зуба зависеть от изменения содержания Ca в потребляемом корме.

SOBEL и HANOK смогли установить в 1948 г. для белых крыс связь между кальцием, фосфором или карбонатом и фосфатом, а также между кормлением, составом сыворотки крови и материалом зубов. В частности, была обнаружена связь между концентрацией минералов в сыворотке крови и составом верхних

резцов. Кроме того, авторы продемонстрировали связь между соотношением PO_4: CO_3 в эмали и дентине и в сыворотке. Во всех случаях соотношение PO_4: CO_3 было выше в дентине, чем в эмали. Кроме того, SOBEL и HANOK (1948) не обнаружили влияния на минерализацию эмали или дентина в зависимости от содержания витамина D в рационе крысы.

После завершения шестимесячных экспериментов с питанием животных, описанных в нашей работе, молодые шиншиллы подверглись эвтаназии, их резцы были удалены и исследованы на содержание кальция и фосфора.

Верхние резцы группы, получавшей ограниченное количество коммерческого гранулированного полнорационного корма и сено ad libitum (J III; Ca: P в веществе зуба 1,7: 1) содержали значительно больше кальция и фосфора, чем верхние резцы группы J 0 (подвергшиеся эвтаназии до начала экспериментов в очень молодом возрасте, Ca: P 1.8: 1), группы J II (ГПК Ca ↓ + Ytong, 1.8: 1) и группы JV (ГПК Ca ↑ + дерево; 1,9: 1). Не было выявлено существенных различий в других группах питания и между ними, так что влияние содержания Ca в корме на минеральный состав резцов не установлено. Коммерческий корм для шиншилл, предлагавшийся животным группы III, содержал меньше кальция в концентрации 13,1 г Ca / кг CB, чем предлагавшаяся гранулированная диета с более высоким содержанием Ca 17,9 г / кг CB. Однако сено было еще одним источником Ca (3,83 г Ca / кг CB), также следует учитывать предполагаемый отбор шиншиллами растительных компонентов, богатых кальцием. Кроме того, коммерческий корм имел значительно более высокий уровень микроэлементов и витамина D3. Соотношение кальция и фосфора в коммерческом корме, видимо, 1,7: 1 (Ca: P) более благоприятное, чем в изготовленном экспериментальном корме с высоким содержанием Ca (ГПК Ca ↑ 4,9: 1), при этом в плазме крови обеих экспериментальных групп никаких существенных различий концентраций Ca не обнаружено.

При анализе нижних резцов на кальций и фосфор не было выявлено существенных различий между пятью опытными группами, получавшими разное питание (J I-V) и не подвергшимися эксперименту умерщвленных молодых шиншилл, после более чем шести месяцев разного питания. В количественном выражении самые высокие средние концентрации Ca и P были измерены в нижних резцах при кормлении рационом сено + КГПК (J III), самые низкие - в группе J V (ГПК Ca ↑ + древесина). Соотношение Ca: P для нижних резцов шиншиллы было одинаковым 1,8: 1.

Тем не менее, результаты не указывают явно, что питание влияет на состав зубов. В частности, не было обнаружено существенных различий между группами молодняка, получавшими корм, изготовленный с пониженным или повышенным содержанием Ca, поэтому влияние содержания Ca в корме (а именно: 4.14 / 8.09 / 17.9 г кальция на кг СВ) на состав резцов шиншилл не удалось воспроизвести.

4.3. Влияние питания на цвет зубов

«Цвет» резцов неоднократно обсуждался в литературе как показатель достаточного обеспечения Ca. Чтобы частично возразить запутанным утверждениям, приведём некоторые выводы по этому поводу.

Под «цветом зуба» обычно подразумевается пигментированная внешняя зона эмали резцов.

В исследовании 104 черепов шиншилл CROSSLEY (2003) отметил индивидуальные различия пигментации резцов, сопоставимые с нашими собственными наблюдениями. Хотя у большинства животных поверхность эмали была от темно-оранжевой до желтой, часто встречались «белые пятна» и большие участки непигментированной эмали, в том числе у животных, не имевших клинических признаков. Отдельные животные также продемонстрировали полную депигментацию одного или нескольких резцов. Однако при микроскопическом рассмотрении CROSSLEY обнаружил признаки гипоплазии эмали только в исключительных случаях. В большинстве случаев автор не смог найти причину вариаций пигментации (CROSSLEY 2003a). STEIN и BOYLE (1959) обнаружили гистологически на резцах крыс, что желтый пигмент находится в гранулах и образуется амелобластами. Пигмент накапливается в протоплазме амелобластов и транспортируется во внешний слой эмали. Эта пигментация начинается от границы между проксимальной и средней третью зуба, на верхних резцах взрослых крыс на расстоянии примерно 7-9 мм от начала роста зуба при росте зуба примерно на 2 мм / неделю на четвертой неделе после начала образования эмали амелобластами. На следующем рисунке 24 показана граница пигментации в качестве примера для шиншилл из наших экспериментальных групп.

Рисунок 24: Граница пигментации эмали на нижних резцах шиншиллы после вскрытия (челюсть повреждена)

Еще в 1911 году ERDHEIM наблюдал, что экспериментально индуцированный гипопаратиреоз вызывает потерю пигмента резцов у крыс или побеление поверхности эмали. С тех пор в литературе было сделано много разных сообщений о возможных причинах нарушений пигментации поверхности резцов, таких как дефицит питательных веществ (недостаток минералов и витаминов), гормональный дисбаланс и интоксикация, например, селеном, кадмием или фтором (PINDBORG 1953, STEIN and BOYLE 1959).

STEIN и BOYLE (1959) обнаружили в исследованиях крыс, что этот внешний пигментированный слой является относительно кислотоустойчивым (5% азотной кислоты) по сравнению с нижележащим непигментированным слоем. Декальцификация окрашенной части резцов показала две мембранные структуры: наружный покрывающий слой толщиной приблизительно 1 мкм и нижележащий желтый слой толщиной приблизительно 6-8 мкм. После экспериментального удаления самого верхнего, пигментосодержащего слоя, в нижележащей зоне эмали пигмент больше не сохранялся. Аналогичным образом, авторы обнаружили, что хирургическое разрушение эмалевого органа в проксимальной трети зуба приводило к появлению пятен неокрашенной эмали, которые из-за роста зуба продвигались далее по зубному материалу (STEIN and BOYLE 1959).

STEIN и BOYLE (1959) пришли к выводу, что в случае постоянно растущих зубов грызунов место контакта между эмалевым органом и эмалевым матриксом довольно нестабильно, как при жизни животного, так и посмертно.

Согласно STEIN и BOYLE (1959), окрашивающий поверхность резца пигмент, с большей вероятностью богат железом (об этом, например, свидетельствует положительная реакция с берлинским синим) более, чем порфирин, липохром или меланин. Этот пигмент, по-видимому, укрепляет свободный конец зуба (*вне десны – прим. пер.)* и делает его кислотостойким.

STEIN и BOYLE (1959) делают вывод о трех возможных функциях эмалевого органа:

1. Отложение эмалевого матрикса
2. Формирование кутикулы эмали (покрывающего слоя),
3. Минерализация эмалевого матрикса

Минерализация, согласно STEIN и BOYLE (1959), происходит в две фазы: во-первых, путем введения солей Ca («созревание») и, во-вторых, путем отложения солей железа с последующей пигментацией («сидерация»).

Другие ученые приходят к аналогичным выводам. Так, MILES (1963) обнаружил, что у крыс образование богатого железом пигмента происходит в цитоплазме амелобластов. SELVIG и HALSE (1975), также проводившие исследования крыс, считают ответственным связанное с кальцием железо за пигментацию эмали резцов у грызунов. Поскольку несколько авторов, таких как BONUCCI et al. (1994) утверждают, что дефицит Ca может привести к гипоминерализации эмали, можно заключить, что осветление эмали следует ожидать у животных с дефицитом Ca. SELVIG и HALSE (1975) утверждают, что при наличии дефицита Ca и, следовательно, более низкой минерализации эмали, в качестве окрашивающего компонента с кальцием может быть связано меньше железа, а поверхность зуба выглядит светлее.

В ветеринарной практике широко распространено мнение, что даже обследование резцов - и, в частности, их окрашивания - может дать первые сигналы дефицита Ca. Если в рационе недостаточно кальция и неправильное соотношение Ca-P, физиологически окрашенные зубы оранжевого цвета «обесцвечиваются» и становятся бледно-желтыми вплоть до белых (JEKL et al., 2011). Эти наблюдения или тезисы частично совпадают с приведенными выше выводами из литературы и должны были быть проверены в настоящем исследовании. В случае взрослых шиншилл корм меняли в каждом случае после восьминедельной фазы эксперимента, тогда как молодым животным предлагали один и тот же экспериментальный корм в течение 24 недель.

Наши собственные оценки показали, что при постоянном кормлении (идентичный состав гранулированного экспериментального корма) в течение восьми или 24 недель изменения «цвета зубов» в виде осветления, а также усиления окрашивания эмали у отдельных животных были возможны, однако наблюдения ни для взрослых ни для молодых шиншилл не показали отслеживаемого влияния корма на пигментацию эмали.

Следующая таблица еще раз показывает уровни кальция и фосфора в гранулированном полнорационном корме. Для полноты и ввиду его не совсем не относящейся к делу функции в соответствии с литературными источниками указано содержание железа. Даже относительно высокое содержание железа в обогащенном кальцием корме (ГПК Ca ↑) по отношению к полученным в данной работе параметрам, по-видимому, не имеет значения.

Таблица 57: Уровни кальция, фосфора и железа в используемых экспериментальных кормах

Корм	Кальций (г/кг СВ)	Фосфор (г/кг СВ)	Железо (мг/кг СВ)
Сено	3,83	2,62	62,1
ГПК Ca↓	4,14	4,44	469
ГПК Ca≈	8,09	4,43	487
ГПК Ca↑	17,9	3,68	833
КГПК	13,1	7,80	741

Наблюдение, что пигментация не была настолько сильно оранжевой у любого из молодых животных, в отличие от взрослых, особенно очень старых шиншилл, может поддержать предположение о том, что с возрастом способность или мощность амелобластов к отложению / образованию пигмента увеличивается.

Такие явления, как точечное посветление или «выцветание» только одного резца (см. рисунок 20), могут указывать на дефект эмали (разрушение эмалевого органа в проксимальной трети зуба, согласно Stein и Boyle 1959, например, при местном воспалении), а не на влияние, связанное с питанием.

5. Влияние материала для погрызания на длину зубов и их истирание

Вопрос о том, могут ли и через какие механизмы тип кормления или потребление корма влиять на рост и истирание постоянно растущих резцов у грызунов, уже рассматривался многими авторами. BUCHER (1994) не смог

подтвердить возможное влияние содержания сырой клетчатки в рационе на рост и истирание резцов (FOX и KOMICH 1970) на основании исследований карликовых кроликов. Решающим фактором является скорее структура и свойства сырой клетчатки, поскольку жесткость корма, а также тип и продолжительность его потребления будут определяться этими факторами. В настоящем исследовании использовались гранулированные экспериментальные корма, которые практически не различались по содержанию сырой клетчатки и размеру частиц / длине волокон, чтобы можно было проверить влияние содержания Ca и предлагаемого материала для погрызания. Предлагаемые гранулы (длиной около 10 мм, диаметром 4 мм) шиншиллы всегда брали в лапы и откусывали их кусочки резцами. Из-за их размера гранулы не могли или же с трудом проталкивались языком и измельчались щечными зубами. Точно так же резцы хватали и кусали стебли сена, однако было невозможно наверняка определить, толкали ли резцы отдельные короткие части сена далее в рот.

При погрызании древесины или пористого бетона Ytong, материал удерживался шиншиллами частично верхними резцами и разгрызался нижними (данное описание типично для кролика), но также материал для погрызания отчасти удерживался передними лапами и, как казалось, откусывался движениями, выполняемыми одновременно верхней и нижней челюстью.

Тем не менее, предлагаемый материал в виде дерева, пористого бетона или даже сена в качестве «структурированной сырой клетчатки» не оказал существенного влияния на рост зубов. Между группами с материалом для погрызания и без него, при этом с идентичным гранулированным кормом, значимых различий роста обнаружено не было.

Глядя на истирание зубов, мы не можем описать очевидные эффекты от материалов для погрызания. Несмотря на то, что предлагаемая древесина или материал Ytong хорошо потреблялись и сильно сгрызались животными, в целом, не было замечено изменений в истирании ни верхних, ни нижних резцов по сравнению с группами, которым не предлагали такие материалы для погрызания. Хотя у молодых животных было определено значимо более высокое истирание нижних резцов на первых двух этапах экспериментов при кормлении рационом «ГПК Ca↑ + дерево», это наблюдение не относится к последнему экспериментальному этапу для молодняка и взрослых групп. Необъяснимым было то, что у взрослых шиншилл истирание зубов превосходило даже группы, которые не имели доступа к материалам для погрызания. Поскольку не было

замечено, что шиншиллы грызли прутья или металлические площадки в вольере или, в отсутствие материала для погрызания, потребляли большие массы корма, чтобы быть занятыми, в качестве объяснения остаются только специфические для конкретных животных различия.

Таким образом, на основании настоящих исследований с различными группами кормления не было обнаружено влияния на рост и истирание зубов предлагаемых относительно мягких материалов для погрызания в виде сосновой древесины и пористого бетона. Кроме того, касаемо общей длины зубов, не было выявлено существенных различий длин между группами. Фактически, это открытие не удивительно, ведь, например, если оценивать твердость резцов грызунов по шкале Мооса, можно получить степень твердости, сопоставимую с апатитом и сталью (HEROLD 1950). Поэтому WOLF и KAMPHUES (1995) были убеждены, что износ зубов при физиологическим их положении, происходит не за счет «твердой пищи» или материалов для погрызания, а главным образом с помощью противоположных зубов за счет жевательных и шлифовальных движений (см. также KAMPHUES et 1999, SHADLE 1936).

Если рассмотреть структурированную клетчатку как «материал для погрызания», в настоящих исследованиях шиншиллы не показали ускоренного истирания или стимуляции роста зубов, несмотря на относительно долгое время приема корма и более интенсивные жевательные движения (BUCHER 1994, KAMPHUES et al.) по сравнению с другими материалами для погрызания. Однако форма изготовления, состав и длина волокон используемых экспериментальных гранул также могли оказывать благоприятное влияние на сохранение здоровья зубов, поскольку никаких проблем с зубами не возникало, даже когда шиншиллы питались исключительно этими гранулами.

Однако, исходя из соображений благополучия животных, нельзя сделать вывод о том, что при содержании шиншилл можно отказаться от любых материалов для погрызания. Следует заметить, что почти все животные интенсивно использовали предложенный материал для погрызания - дерево, а также камень Ytong - как для удовлетворения имеющихся потребностей в грызении (продолжительное погрызание), так и для игровых действий (прыжки, хватание и т. д.) либо для других занятий (например, купание в крошках, отколовшихся от камня Ytong).

Резюме

Ганзен, Штефани: Исследование метаболизма кальция, а также роста зубов шиншилл при различном содержании кальция в питании и наличии материала для погрызания.

В настоящих исследованиях шиншилл (C. lanigera) была дана характеристика баланса Ca при различном содержании Ca в корме и предложении различных материалов для погрызания, а также их влияния на выбранные параметры зубов. Две группы по пять взрослых животных в каждой получали один и тот же полнорационный гранулированный корм. Одна группа получала дополнительный материал для погрызания в виде сосновой древесины или известняка в зависимости от исследования. Кроме того, содержание Ca в корме варьировалось по фазам, причем каждая фаза кормления длилась восемь недель. Молодые животные были разделены на пять групп (J I-V), также по пять животных в каждой. Группы различались по содержанию Ca в корме и по типу предлагаемого материала для погрызания (древесина, известняк, сено или без такого материала). После шести месяцев исследований без каких-либо изменений в питании все молодые животные были подвергнуты эвтаназии для того, чтобы получить их резцы для дальнейшего анализа.

Балансовые исследования были направлены на установление основных данных о потреблении корма и воды, переваримости рационов и экскреции кальция с фекалиями и мочой. Кроме того, были проведены анализы крови для выявления минерального баланса (кальций, фосфор). В дальнейшем определялись еженедельный рост и истирание резцов, оценивалась пигментация эмали, резцы умерщвленных молодых особей измерялись, взвешивались и подвергались химическому анализу.

Основные результаты перечислены ниже:

Основные данные по питанию шиншилл

- При предложении ad libitum гранулированного полнорационного корма, потребление СВ в балансовой клетке составляло около 3,37 г / 100 г массы тела / день, при предложении исключительно сена - 2,96 г / 100 г массы тела / день.

- Потребление воды (из ниппельной поилки) составило в среднем 1,27 мл / г СВ в группах с гранулированным кормом и 2,34 мл / г СВ при кормлении сеном.
- Усвояемость органического вещества варьировалась в зависимости от содержания сырой клетчатки в пище. Для гранулированных кормов усвояемость составила 61,3%, если предлагалось только сено 44,7%.
- Объем мочи варьировался от 0,4 до 17,4 мл / животное / сут.

Характеристика метаболизма кальция у шиншилл

- Была обнаружена очень тесная корреляция между пероральным потреблением Са и выделением его с фекалиями: чем больше кальция потреблялось шиншиллами, тем больше выделялось Са с калом. В среднем от 80 до 100% (иногда даже > 100%) потребленного кальция выводится с калом.
- При таком условии только относительно небольшое количество кальция выводится с мочой (около 1-3% от потребляемого с пищей кальция).
- Кажущаяся усвояемость кальция варьировалась в большом диапазоне: в среднем от -78,7 до 72,4% (в целом, уравновешенный баланс).
- На исследуемые показатели крови влияли как возраст животных, так и питание. У молодняка концентрации Са в плазме варьировались около 2,39 ммоль / л (общий кальций) или 1,11 ммоль / л (ионизированный кальций в цельной крови), фосфор около 2,00 ммоль / л. Взрослые животные продемонстрировали следующие средние концентрации в плазме: 3,17 ммоль / л (общий кальций), 1,12 ммоль / л (ионизированный кальций в цельной крови) и 1,60 ммоль / л (фосфор). При высоком потреблении Са у взрослых животных в плазме уровень общего кальция составлял 5,20 ммоль / л.

Рост, истирание, масса и размеры резцов, а также их химический состав и пигментация эмали

- Рост верхних и нижних резцов варьировался в пределах 1,32 ± 0,33 и 1,53 ± 0,50 мм в неделю соответственно (с индивидуальными различиями).
- Истирание зубов в среднем составило 1,25 ± 0,26 мм/неделю для верхних и 1,69 ± 0,40 мм/неделю для нижних резцов.

- При исключении какого-либо материала для погрызания в течение 24 недель ни у одного из животных (группа J I, J IV и B) не было отмечено чрезмерного удлинения резцов.
- Ни потребление Ca с пищей (~ 4–18 г / кг сухого вещества), ни предлагаемый материал для погрызания (дерево и камень Ytong, сено) не оказали заметного влияния на рост или истирание резцов.
- Два верхних резца весили вместе в среднем 0,17 г. Два нижних были несколько тяжелее - 0,22 г.
- Верхний резец имел длину 20,8 мм вдоль внешней поверхности кривизны. Менее сильно изогнутые резцы нижней челюсти были значительно длиннее – в среднем 26,9 мм.
- При анализе верхних резцов были получены средние значения 235 г Ca / кг CB и 130 г P / кг CB. Нижние резцы имели немного более высокое содержание этих веществ: 260 г Ca и 145 г P / кг CB.
- Различное предложение кальция и материала для погрызания не оказало влияния ни на массу, ни на общую длину, ни на состав зубов в течение 24 недель.
- Изменения пигментации эмали у отдельных животных происходили снова и снова (спорадически) в разных экспериментальных группах, независимо от используемого корма или содержания Ca в нем.

Заключение

Результаты настоящего исследования показывают, что шиншиллы выделяют кальций, поступающий с кормом (4,14-17,9 г Ca / кг CB), главным образом с фекалиями. Образование конкрементов в мочеобразующих и мочевыводящих органах у этого вида животных, по-видимому, маловероятно из-за очень низкой экскреции Ca почками. Тем не менее, были отмечены значительные изменения концентрации Ca в плазме крови, зависящие от питания и возраста. Их физиологическое значение и причины (гормональная регуляция, резорбция и секреция Ca в кишечнике) должны быть изучены более подробно.

Кроме того, результаты показывают, что содержание Ca в используемых кормах (самое низкое значение здесь: 4,14 г / кг CB, все еще покрывающее потребности) не влияло на рост и истирание резцов шиншилл. Это также отразилось в результатах анализа состава зубов: в соответствии ним разное содержание Ca в рационе не влияло на содержание Ca и P в резцах, а также на

пигментацию их эмали. Однако для всех зарегистрированных параметров зубов следует различать верхние и нижние резцы. Предлагаемый материал для погрызания не имел какого-либо существенного значения в отношении исследуемых параметров зубов: ни использованная древесина, ни предложенный известняк (пористый бетон) не влияли на рост и скорость истирания резцов в рассматриваемый период (два либо шесть месяцев).

Библиография

ADOLPH, P. (1994): Untersuchungen zum Energie- und Nährstoffbedarf adulter Meerschweinchen. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

AITKEN, F.C. (1963): Chinchilla. In: AITKEN, F.C. (Hrsg.): Feeding of fur-bearing animals. 1. Aufl., Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks, England, 86-92

ALBERT, F. (1900): La chinchilla. Anales de la Universidad de Chile 107, 915-934

ANDERSON, L.C. (1987): Guinea Pig Husbandry and Medicine. In: HARKNESS, J.E. (Hrsg.): The Veterinary Clinics of North America. Small Anim. Pract. 17, 1045-1060

ARC: Agricultural Research Council (1980): The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux

ARNOLD, W.H. u. P. GAENGLER (2007): Quantitative analysis of the calcium and phosphorus content of developing and permanent human teeth. Ann. Anat. 189, 183-190

AUL, J.J., K.W. ANDERSON, L.A. KINGSLEY, R.M. WADOWSKY, J.C. POST, W.J. DOYLE u. G.D. EHRLICH (1998): Comparative evaluation of culture and PCR for the detection and determination of persistence bacterial strains and DNAs in the Chinchilla laniger model of otitis media. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 107, 508-513

BAMBERG, E. (1987): Beispiele der hormonellen Regulation physiologischer Vorgänge: Calciumstoffwechsel. In: SCHEUNERT, A. u. A. TRAUTMANN (Hrsg.): Günther Wittke, Lehrbuch der Veterinär-Physiologie. 7. Aufl., Verlag Parey, Berlin, 470

BARANOWSKI, P., J. WOJTAS, J. CIS, G. MUSIAŁ, M. WRÓBLEWSKA u. M. SULIK (2008): Value of craniometrical traits in chinchillas (chinchilla laniger) skulls considering teeth defects. Bull. Vet. Inst. Pulawy 52, 271-280

BARTL, J. (2006): Lautäußerungen von Chinchillas im Sozialverband. München, Ludwig-Maximilians-Univ., Tierärztl. Fakultät, Diss.

BELLAMY, D. u. B.J. WEIR (1972): Urine composition of some hystricomorph rodents confined to metabolism cages. Comp. Biochem. Physiol. 42 A, 759-771

BENSON, J.D., R.S. EMERY u. J.W. THOMAS (1969): Effects of previous calcium intakes on adaptation to low and high calcium diets in rats. J. Nutr. 97, 53-60

BERGHOFF, P.C. (1989): Kleine Heimtiere und ihre Erkrankungen. 1. Aufl., Verlag Parey, Berlin

BEYNON, P.H. u. J.E. COOPER (Hrsg.) (1997): Kompendium der Heimtiere. Haltung – Diagnostik – Therapie – ins Deutsche übertragen von J. Frech. Fachliche Redaktion M. Fehr. Verlag Schlütersche, Hannover

BICKEL, E. (1962): Zum Thema: Fütterung der Chinchillas. Dtsch. Pelztierzüchter 36, 66-72

BICKEL, E. (1977): Südamerikanische Chinchillas: wie man sie hält und züchtet. Verlag Philler, Minden

BIDDULPH, D.M., P.F. HIRSCH, C.W. COOPER u. P.L. MUNSON (1970): Effect of Thyroparathyroidectomy and Parathyroid Hormone on Urinary Excretion of Calcium and Phosphate in the Golden Hamster. Endocrinology 87, 1346-1350

BIELACZYC, A. u. M. GOLEBIEWSKA (1997): Ultrastructural changes of a tooth root in young rats fed a low calcium and vitamin D-deficient diet. Rocz. Akad. Med. Bialymst. 42 (Suppl. 2), 153-158

BJÖRNHAG, G. (1972): Separation and delay of contents in the rabbit colon. Swed. J. Agri. Res. 2, 125-136

BJÖRNHAG, G. (1981): Separation and retrograde transport in the large intestine of herbivores. Livest. Prod. Sci. 8, 351-360

BJÖRNHAG, G. u. L. SJÖBLOM (1977): Demonstration of coprophagy in some rodents. Swed. J. Agri. Res. 7, 105-113

BJÖRNHAG, G. u. R.L. SNIPES (1999): Colonic Separation Mechanism in Lagomorph and Rodent Species – a Comparison. Mitt. Mus. Natkd. Berl., Zool. Reihe 75(2), 275-281

BÖHMER, E. u. R.G. KÖSTLIN (1988): Zahnerkrankungen bzw. -anomalien bei Hasenartigen und Nagern. Prakt. Tierarzt 2, 37-50

BÖHMER, E. (2001): Röntgendiagnostik bei Zahn- sowie Kiefererkrankungen der Hasenartigen und Nager. Teil 1: Tierartspezifische Zahn- und Kieferanatomie sowie Pathologie, Indikationen für die Röntgendiagnostik. Tierärztl. Prax. 29, 316-327

BÖHMER, E. (2003): Extraktion von Schneidezähnen bei Kaninchen und Nagern – Indikationen und Technik. Tierärztl. Prax. 31, 309-320

BOERSMA, A.A. (1994): Untersuchungen zur Bewegungsaktivität und Körpertemperatur beim Chinchilla (Chinchilla laniger). München, Ludwig-Maximilians-Univ., Tierärztl. Fakultät, Diss.

BONUCCI, E., E. LOZUPONE, G. SILVESTRINI, A. FAVIA u. P. MOCETTI (1994): Morphological studies of hypomineralized enamel of rat pubs on calcium-deficient diet and of its changes after return to normal diet. Anat. Rec. 239, 379-395

BOWDEN, R.S.T. (1962): The Nutrition of Chinchillas Observations on Pelleted Diets, Hay Roughage, and Fur Chewing. J. Small Anim. Pract. 3, 141-149

BOYDE, A. (1978): Development of the structure of the enamel of the incisor teeth in the three classical subordinal groups. In: BUTLER, P.M. u. K.A. JOSEY (Hrsg.): Development, Function and Evolution of Teeth. Academic Press, London, New York, San Francisco, 43-58

BRENNER, S.Z.G., M.G. HAWKINS, L.A. TELL, W.J. HORNOF, C.G. PLOPPER u. F.J.M. VERSTRAETE (2005): Clinical Anatomy, Radiography and Computed Tomography of the Chinchilla Skull. Comp. Cont. Ed. Pract. Vet. 27, 933-944

BROMMAGE, R., S.C. MILLER, C.B. LANGMAN, R. BOUILLON, R. SMITH u. J.E. BOURDEAU (1988): The effects of chronic vitamin D deficiency on the skeleton in the adult rabbit. Bone 9, 131-139

BROWN, S.A. (1992): Surgical removal of incisors in the rabbit. J. Small Exotic Anim. Med. 1, 150-153

BRÜGGEMANN, C. (2001): Chinchillas. Rodentia 1, 17-22

BRYER, L.W. (1957): An experimental evaluation of the physiology of tooth eruption. Int. Dent. J. 7, 432-478

BUCHER, L. (1994): Fütterungsbedingte Einflüsse auf Wachstum und Abrieb von Schneidezähnen bei Zwergkaninchen. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

BURNETT, G.W. u. J.A. ZENEWITZ (1957): Studies on the Composition of Teeth: VI. The Composition of Syrian Hamster Enamel and Dentin Extracted with KOH-Ethylene Glycol. J. Dent. Res. 36, 684-689

BUTTNER, W. u. J.C. MUHLER (1958): The effect of feeding calcium phosphate salts with different solubilities on dental caries, the composition of saliva, and the femurs of rats. J. Dent. Res. 37, 860

CAPELLO, V. (2004): Diagnosis and treatment of dental disease in pet rabbits and rodents: a review. J. Exotic Mammal. Med. Surg. 2(2), 12-19

CAPELLO, V. (2008): Diagnosis and Treatment of Dental Disease in Pet Rodents. J. Exotic Pet Med. 17(2), 114-123

CARSTENSEN, P. (1984): Untersuchungen zum Ca-Stoffwechsel ausgewachsener Kaninchen. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

CHAPIN, R.E. u. S.E. SMITH (1967): The calcium tolerance of growing and reproducing rabbits. Cornell Vet. 57, 480-491

CHAPIN, R.E. u. S.E. SMITH (1967): Calcium requirement of growing rabbits. J. Anim. Sci. 26, 67-71

CHEEKE, P.R. (1976): Nutrition of the domestic rabbit. Lab. Anim. Sci. 26, 654-658

CHEEKE, P.R. (1983): The significance of fibre in rabbit nutrition. J. Appl. Rabbit Res. 6, 103-106

CHEEKE, P.R. (1987): Rabbit Feeding and Nutrition. Academic Press, Inc., Orlando

CHEEKE, P.R. u. J.W. AMBERG (1973): Comparative Calcium Excretion by Rats and Rabbits. J. Anim. Sci. 37, 450-454

CHEEKE, P.R., M.A. GROBNER u. N.M. PATTON (1986): Fibre digestion and utilization in rabbits. J. Appl. Rabbit Res. 9, 23-30

COENEN, M. u. K. SCHWABE (1999): Wasseraufnahme und -haushalt von Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla und Hamstern bei Angebot von Trocken- bzw. Saftfutter. In: Praxisrelevante Fragen zur Ernährung kleiner Heimtiere. Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung des Inst. f. Tierernährung und der Klinik f. kleine Haustiere der Tierärztl. Hochsch. Hannover am 02.10.1999, 155f

COHRS, P., R. JAFFE u. H. MEESEN (1958): Pathologie der Laboratoriumstiere. Verlag Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg

CORRUCCINI, R.S. u. R.M. BEECHER (1982): Occlusal variation related to soft diet in a nonhuman primate. Science 218, 74-76

CORTÉS, A., E. MIRANDA u. J. JIMÉNEZ (2002): Seasonal food habits of the endangered long-tailed chinchilla (Chinchilla lanigera): the effect of precipitation. Mamm. biol. 67, 167-175

CREMER, S. (2002): Das große Chinchilla-Handbuch. Verlag Books on Demand GmbH, Norderstedt, 15

CROSSLEY, D.A. (1993): Extraction of rabbit incisor teeth. EVDS (European Veterinary Dental Society) Forum 1993, 4

CROSSLEY, D.A. (1995): Clinical aspects of rodent dental anatomy. J. Vet. Dent. 12(4), 131-135

CROSSLEY, D.A., R.R. DUBIELZIG u. K.G. BENSON (1997): Caries and odontoclastic resorptive lesions in chinchilla (Chinchilla lanigera). Vet. Rec. 141, 337-339

CROSSLEY, D.A., A. JACKSON, J. YATES u. I.P. BOYDELL (1998): Use of computed tomography to investigate cheek tooth abnormalities in chinchillas (Chinchilla lanigera). J. Small Anim. Pract. 39, 385-389

CROSSLEY, D.A. (2001): Dental disease in chinchillas in the UK. J. Small Anim. Pract. 42, 12-19

CROSSLEY, D.A. u. M.M. MIGUÉLEZ (2001): Skull size and cheek-tooth length in wild-caught and captive-bred chinchillas. Arch. Oral Biol. 46, 919-928

CROSSLEY, D.A. (2003a): Dental Disease in Chinchillas. Manchester, University, Faculty of Medicine, Dentistry, Nursing and Pharmacy, PhD

CROSSLEY, D.A. (2003b): Oral biology and disorders of lagomorphs. Vet. Clin. North Am. Exotic Anim. Pract. 6, 629-659

DE OLIVEIRA SILVA, T., L.C. KREUTZ, L.J.G. BARCELLOS, J. BORELLA, A. BENCK SOSO u. C. SOUZA (2005): Reference values for chinchilla (Chinchilla laniger) blood cells and serum biochemical parameters. Ciência Rural, Univ. Santa Maria, 35, 602-606

EGEN, H. u. H. ERNST (1998): Chinchilla. In: GABRISCH, K. u. P. ZWART (Hrsg.): Krankheiten der Heimtiere. 4. Aufl., Verlag Schlütersche, Hannover, 173-196

EHRLEIN, H.J., M. REICH u. M. SCHWINGER (1983): Colonic motility and transit of digesta during hard and soft faeces formation in rabbits. J. Physiol. 338, 75-86

EICKHOFF, M. (2005): Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde bei Klein- und Heimtieren. Verlag Enke, Stuttgart, 223-235

EMMEL, L. (1938): Die Herkunft des Schmelzes der erwachsenen Nager, mit Untersuchungen über den Nagezahn von sciurus vulg. L. Z. Wiss. Zoologie 150, 538

ENGELHARDT, W.v. u. G. BREVES (2010): Physiologie der Haustiere. 3. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart

ERBEN, R.G. (2010): Knochen und Calciumhomöostase. In: ENGELHARDT, W.v. u. G. BREVES(Hrsg.): Physiologie der Haustiere. 3. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart, 656-658

ERDHEIM, J. (1911): Zur Kenntnis der parathyreopriven Dentinveränderungen. Frankfurt Z. Path. 7, 238-248

EWRINGMANN, A. u. T. GÖBEL (1998): Untersuchungen blutchemischer Parameter bei Heimtierkaninchen. Kleintierprax. 43, 447-452

EWRINGMANN, A. (2005): Leitsymptome beim Kaninchen. 1. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart, 254-255

FAIRBANKS, B.W. u. H.H. MITCHELL (1938): The availability of calcium in spinach, in skim milk powder, and in calcium oxalate. J. Nutr. 16, 79-89

FEHR, M. (1989): Urolithiasis beim Kaninchen und Meerschweinchen. Kurzfassung des Vortrages auf dem BpT-Kongress, Karlsruhe 27.9.-30.9.1989

FEHR, M. u. S. RAPPOLD (1997): Harnsteinbildung bei 20 Meerschweinchen. Tierärztl. Prax. 25, 543-547

FEKETE, S. u. W. WIESEMÜLLER (1993): Ernährung des Kaninchens. In: WIESEMÜLLER, W. und J. LEIBETSEDER (Hrsg.): Ernährung monogastrischer Nutztiere. Verlag Fischer, Jena, Stuttgart, 211-233

FOX, L.M. u. R.J. KOMICH (1970): Treatment of elongated central incisor teeth. Med. Vet. Pract. 51, 68

FROMM, M. u. G. GÄBEL (2005): Calcium und Magnesium, Phosphat und Sulfat. In: ENGELHARDT, W.v. u. G. BREVES (Hrsg.): Physiologie der Haustiere. 2. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart, 290

FROMM, M. u. G. GÄBEL (2010): Calcium und Magnesium, Phosphat und Sulfat. In: ENGELHARDT, W.v. u. BREVES (2010), Physiologie der Haustiere. 3. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart, 306

FULGHUM, R.S., J.E. BRINN, A.M. SMITH, H.J. DANIEL u. P.J. LOESCHE (1982): Experimental otitis media in gerbils and chinchillas with Streptococcus pneumoniae, Haemophilus influenzae and other aerobic and anaerobic bacteria. Infect. Immun. 36, 802-810

GABRISCH, K. u. P. ZWART (Hrsg.) (1998): Krankheiten der Heimtiere. 4. Aufl., Verlag Schlütersche, Hannover

GABRISCH, K. u. P. ZWART (2008): Krankheiten der Heimtiere. FEHR, M., L. SASSENBURG u. P. ZWART (Hrsg.) 7. Aufl., Verlag Schlütersche, Hannover

GERSHOFF, S.N., LEGG, M.A. u. D.M. HEGSTED (1958): Adaptation to different calcium intakes in dogs. J. Nutr. 64, 303-312

GIDENNE, T. (1992): Rate of passage of fibre particles of different size in rabbit: effect of the dietary lignin level. J. Appl. Rabbit Res. 15, 1175-1182

GIDENNE, T. (1993): Measurement of the rate of passage in restricted fed rabbits: effect of dietary cell wall levels on the transit of fibre particles of different sizes. Anim. Feed. Sci. Technol. 42, 151-163

GLAESER, H. (1962): Zum Thema: Fütterung der Chinchillas. Dtsch. Pelztierzüchter 36, 66-72

GLÖCKNER, B. (2002): Untersuchungen zur Ätiologie und Behandlung von Zahn- und Kiefererkrankungen beim Heimtierkaninchen. Berlin, Freie Univ., Fachber. Verterinärmed., Diss.

GNAUCK, M. (2005): Methodenkritische Untersuchungen zur Abrasionssimulation von Kompositen. Jena, Friedrich-Schiller-Univ., Fachber. Zahnmed., Diss.

GOLEBIEWSKA, M. u. A. BIELACZYC (1997): Scanning electron microscopy of the influence of dietary calcium and vitamin D-deficiency on peridontium in the adult rats. Rocz. Akad. Med. Bialymst. 42 (Suppl. 2), 159-165

GORGAS, M. (1967): Vergleichend-anatomische Untersuchungen am Magen-Darm-Kanal der Sciuromorpha, Hystricomorpha und Caviomorpha (Rodentia). Z. Wiss. Zool. 175, 237-404

GRAU, J. (1986): La chinchilla, su crianza en todos los climas. 3. Aufl., El Ateneo, Buenos Aires, Argentinien

GREENBERG, D.M. (1939): Mineral Metabolism – Calcium, Magnesium and Phosphorus. Annu. Rev. Biochem. 8, 269-300.

GUTMAN, Y. u. Y. BEYTH (1970): Chinchilla laniger – Discrepancy between concentrating ability and kidney structure. Life Sci. 9, 37-42

HAGEN, P. u. K.W. ROBINSON (1953): The production and absorption of volatile fatty acids in the intestine of the guinea pig. Austral. J. Exp. Biol. 31, 99-103

HANSARD, S.L. u. H.M. CROWDER (1957): The physiological behaviour of calcium in the rat. J. Nutr. 62(3), 325-339

HANSARD, S.L., W.A. LYKE u. H.M. CROWDER (1961): Absorption, excretion and utilization of calcium by swine. J. Anim. Sci. 20, 292-296

HARCOURT-BROWN, F.M. (1996): Calcium deficiency, diet and dental disease in pet rabbits. Vet. Rec. 139(23), 567-571

HARCOURT-BROWN, F.M. (1997a): Diagnosis, treatment and prognosis of dental disease in pet rabbits. In Practice 19, 407-421

HARCOURT-BROWN, F.M. (1997b): Diet and dental disease in rabbits. Proc. of the 5 th World Veterinary Dental Congress 01.-03.04.1997, Birmingham, 171-172

HARCOURT-BROWN, F.M. u. S.J. BAKER (2001): Parathyroid hormone, haematological and biochemical parameters in relation to dental disease and husbandry in rabbits. J. Small Anim. Pract. 42, 130-136

HARKNESS, J.E., P.V. TURNER, S.V. WOUDE u. C.L. WHELER (2010): Harkness and Wagner's Biology and Medicine of Rabbits and Rodents. 5. Aufl., Verlag Blackwell, Berlin, 58

HARRIS, J.C. (1987): Chinchillas. A complete introduction. T.F.H. Publications Inc., 24

HARTMANN, K. (1993): Haltungsbedingte Erkrankungen beim Chinchilla. Tierärztl. Prax. 21, 574-580

HEFFNER, R.S. u. H.E. HEFFNER (1991): Behavioural hearing range of the chinchilla. Hearing Res. 52, 13-16

HENNEMAN, P.H. (1959): Effects of high calcium intakes on renal function. Fed. Proc. 18, 1093

HERMANN, U. (1983): Knaurs etymologisches Lexikon. Verlag Knaur, München

HERRMANN, M. (1953): Über das Wachstum der Nagezähne bei Ratten, Meerschweinchen und Kaninchen. Dtsch. Zahn-, Mund- u Kieferheilk. 18, 30-39

HEROLD, W. (1950): Über die Härte der Nagezähne der Wanderratte und einiger anderer Nager. Anz. f. Schädl.kde 23, 145-148

HICKING, W. (1981): Aspekte der Urolithiasis bei Säugern. Bonn, Univ., Math.-Nat. Fak., Diss.

HICKING, W., A. HESSE, M. GEBHARDT u. W. VAHLENSIECK (1981): Analytische Untersuchungen an Harnsteinen von Säugetieren. Fortschr. Urolog. Nephrol. 17, 40-49 zit. nach FEHR, M. u. S. RAPPOLD (1997)

HILLYER, E.V., K.E. QUESENBERRY u. T.M. DONNELLY (1997): Biology, husbandry and clinical techniques. In: HILLYER, E.V. u. K.E. QUESENBERRY (Hrsg.): Ferrets, rabbits and rodents. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, 243-287

HOLLMANN, P. (1997): Kleinsäuger als Heimtiere. In: SAMBRAUS, H.H. u. A. STEIGER (Hrsg.): Das Buch vom Tierschutz. Verlag Enke, Stuttgart, 308-362

HOLTENIUS, K. u. G. BJÖRNHAG (1985): The colonic separation mechanism in the guinea pig (Cavia porcellus) and the chinchilla (Chinchilla laniger). Comp. Biochem. Physiol. 82 A, 537-542

HOLTZMANN, M. (1991):Die Punktion der Vena saphena lateralis zur Blutentnahme und intravenösenInjektion beim Kaninchen.Kleintierprax. 39, 37-40

HÖRNICKE, H. (1980):Neuere Ergebnisse zur Physiologie des Dickdarms beim Kaninchen. Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelkd. 44, 15

HUERKAMP, M.J. u. D.L. DILLEHAY (1991): Struvite urolithiasis in a male mouse. Lab. Anim. Sci. 41(6), 642-643

ISENBÜGEL, E. (1985): Chinchilla. In: ISENBÜGEL, E. u. W. FRANK (1985): Heimtierkrankheiten. UTB, Große Reihe, Verlag Ulmer, Stuttgart

INDUSTRIEVERBAND HEIMTIERBEDARF (2011): Heimtiere in Deutschland – aktuelle Zahlen. Prakt. Tierarzt 92(7), 560

JAROSZ, D., S. BURACZEWSKI u. J. KAMIŃSKI (2004):Animal nutrition and feed science. Book I, Physiological and Biochemical Grounds of Animal Nutrition. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 190 ff (In Polnisch)

JEKL, V., M. GUMPENBERGER, E. JEKLOVA, K. HAUPTMAN, L. STEHLIK u. Z. KNOTEK (2011): Impact of pelleted diets with different mineral compositions on the crown size of mandibular cheek teeth and mandibular relative density in degus (Octodon degus). Vet. Rec. 168, 641-647

JENKINS, J.R. (1992): Husbandry and common disease of the chinchilla (Chinchilla laniger). J. Small Anim. Med. 2, 15-17

JIMÉNEZ, J.E. (1990): Bases biológicas para la conservación y el manejo de la chinchilla chilena silvestre. Proyecto conservación de la chinchilla chilena (Chinchilla lanigera). CO-NAF-WWF (Corporación Nacional Forestal – World Wildlife Fund) 1297, Final report, März 1987 - Februar 1990. CONAF IV Región, Chile

JIMÉNEZ, J.E. (1995): Conservation of the last wild chinchilla (Chinchilla lanigera) archipelago: a metapopulation approach. Vida Silvestre Neotropical 4, 89-97

JIMÉNEZ, J.E. (1996): The extirpation and current status of wild chinchillas (Chinchilla lanigera and C. brevicaudata). Biol. Cons. 77, 1-6

JIMÉNEZ, J.E., P. FEINSINGER u. F.M. JAKSIC (1992): Spatiotemporal patterns of an irruption and decline of small mammals in northcentral Chile. J. Mammalogy 73, 356-364

JOHNSON-DELANEY, C.A. (2006): Anatomy and Physiology of the Rabbit and Rodent Gastrointestinal System. Proc. of the AEMV (Association of Exotic Mammal Veterinarians) 2006, Bonita Springs, FL, Section 1, 16

JONES, R.J., R. STEPHENSON, D. FOUNTAIN u. R. HOOKER (1995): Urolithiasis in a chinchilla. Vet. Rec. 136(15), 400

JÜRGENS, N. (2005): Untersuchungen zum möglichen Einfluss verschiedener Nährstoffergänzungen im Futter auf den Ersatz, das Wachstum sowie die Zusammensetzung und Qualität von Federn bei adulten Agaporniden (Agapornis spp.). Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

KAMPHUES, J. (1983): Der Einfluss der Caecotrophie bzw. ihrer Verhinderung auf die Verdaulichkeit von Rohnährstoffen und Mengenelementen beim Kaninchen. Unveröffentlicht

KAMPHUES, J., P. CARSTENSEN, D. SCHROEDER, H. MEYER, H.-A. SCHOON u. M. ROSENBRUCH (1986): Effekte einer steigenden Calcium- und Vitamin D-Zufuhr auf den Calciumstoffwechsel von Kaninchen. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 56, 191-208

KAMPHUES, J. (1986): Ca-Stoffwechsel bei Kaninchen – Bedeutung für die Kleintierpraxis. Tagungsband 35. Jahrestagung Fachgruppe Kleintierkrankheiten der DVG, 12.-14.10.1989, Gießen, 314-321

KAMPHUES, J. (1991): Calcium Metabolism of Rabbits as an Etiological Factor for Urolithiasis. J. Nutr. 121, 95-96

KAMPHUES, J. u. P. WOLF (1995): Probleme der art- und bedarfsgerechten Ernährung kleiner Nager als Heimtiere. Prakt. Tierarzt 76, 1088-1092

KAMPHUES, J., WOLF, P. u. L. BUCHER (1995): Einflüsse der Fütterung auf die Entwicklung von Schneidezahnlängen bei Spezies mit kontinuierlichem Zahnwachstum. Unveröffentlicht

KAMPHUES, J. (1999): Besonderheiten in der Verdauungsphysiologie „kleiner Nager". Vortragsband „Praxisrelevante Fragen zur Ernährung kleiner Heimtiere" einer Fortbildungsveranstaltung des Inst. f. Tierernährung und der Klinik f. kleine Haustiere, 02.10.1999, Tierärztl. Hochsch., Hannover, 7-13

KAMPHUES, J. (2000): Zum Wasserbedarf von Nutz- und Liebhabertieren. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 107, 297-302

KAMPHUES, J., M. COENEN, C. IBEN, E. KIENZLE, J. PALLAUF, O. SIMON, M. WANNER u. J. ZENTEK (2009): Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. 11. Aufl., Verlag Schaper, Hannover

KAUTZ, A. u. D.M. KÜPFER (2008): Naturnahe Ernährung von Chinchillas (Chinchilla lanigera) Degupedia Magazin 2, 1-8

KEIL, A. (1966): Grundzüge der Odontologie – Allgemeine und vergleichende Zahnkunde als Organwissenschaft. Verlag Borntraeger, Berlin, 192-198

KENNEDY, A.H. (1952): Chinchilla Diseases and Ailments. Clay Publishing, Bewdley, Ontario. zit. nach D.A. CROSSLEY (2003)

KENNEDY, A. (1965): The urinary excretion of calcium by normal rabbits. J. Comp. Path. 75, 69-74

KETZ, H.A. (1989): Der Stoffwechsel des Wassers und der Mineralstoffe. In: E. KOLB (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie der Haustiere, Teil II. 5. Aufl., Verlag Fischer, Jena, 592-603

KIENZLE, E. (1991): Ernährung und Urolithiasis bei Haussäugetieren. Übers. Tierernährg. 19, 157-200

KORVENKONTIO, V.A. (1934): Mikroskopische Untersuchungen an Nagerincisiven unter Hinweis auf die Schmelzstruktur der Backenzähne. Ann. Zool. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 2, 1-274

KRAFT, H. (1994): Krankheiten der Chinchillas. 5. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart

KRAFT, W., M. FÜRLL, H. BOSTEDT u. K. HEINRITZI (2005): Skelettmuskulatur, Knochen, Kalzium-, Phosphor-, Magnesiumstoffwechsel. In: KRAFT, W. u. U.M. DÜRR (Hrsg.): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. 6. Aufl., Verlag Schattauer, Stuttgart

KRALL, E.A., C. WEHLER, R.I. HARRIS u. B. DAWSON-HUGHES (2001): Calcium and vitamin D supplements reduce tooth loss in the elderly. Am. J. Med. 111, 452-456

KRUG, S. (1983): Systematik, Naturgeschichte, Haltung, Jugendentwicklung und Möglichkeiten der Altersbestimmung beim Chinchilla. Gießen, Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

KUHLMANN, E.T. u. D.S. LONGNECKER (1984): Urinary calculi in Lewis and Wistar rats. Lab. Anim. Sci. 34(3), 299-302

KUNSTYR, I., W. HEIMANN u. K. GIIRTNER (1977): Meerschweinchen als Liebhabertiere und Patienten. Ethologie, Physiologie und Pathologie. Tierärztl. Prax. 5, 99-113

LAJEUNESSE, D., I. BOUHTIAUY u. M.G. BRUNETTE (1994): Parathyroid hormone and hydrochlorothiazide increase calcium transport by the luminal membrane of rabbit distal nephron segments through different pathways. Endocrinology 134, 35-41

LARRIVEE, G.P. u. C.A. ELVEHJEM (1953): Studies on the nutritional requirements of chinchillas. J. Nutr. 52, 427-436

LEBAS, F. u. J.P. LAPLACE (1977a): Growth and digestive transit in the rabbit. Variations determined by physical form, composition and crude fibre content of the feed. Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys. 17, 535-538

LEBAS, F. u. J.P. LAPLACE (1977b): Le transit digestif chez le Lapin. VI. Influence de la granulation des aliments. Ann. Zootech. 26, 83-91

LEE, M.R., L.J. DEFTOS u. J.T. POTT (1969): Control of Secretion of Thyrocalcitonin in the Rabbit as Evaluated by Radioimmunoassay. Endocrinology 84, 36-40

LEGENDRE, L.F.J. (2002): Malocclusion in guinea pigs, chinchillas and rabbits. Can. Vet. J. 43(5), 385-390

LEGENDRE, L.F.J. (2003): Oral disorders of exotic rodents. Vet. Clin. North. Am. Exotic Anim. Pract. 6, 601-628

LEWIS, J.R. u. A.M. REITER (2011): Anatomy and Physiology – Rodent and lagomorph dental anatomy. In: B.A. NIEMIEC (Hrsg.): Small Animal Dental, Oral and Maxillofacial Disease. 2. Aufl., Manson Publishing, London, 13

LIEBICH, H.-G. (1998): Funktionelle Histologie der Haussäugetiere. Verlag Schattauer, Stuttgart, 182-185

LÖLIGER, H.C. (1970): Pelztierkrankheiten. Verlag Fischer, Jena, Stuttgart

LOWE, J.A. (1998): Pet Rabbit Feeding and Nutrition. In: DE BLAS, C. u. J. WISEMAN (Hrsg.): The nutrition of the rabbit. Cab International Publishing, University Press, Cambridge, 309-331

MACHOY, Z., D. CHLUBEK u. E. DĄBKOWSKA (2005): Biochemistry for Stomatology Students. Wyd. PAM, Szczecin, 227 ff. (In Polnisch)

MALLEY, D. (1994): The pet rabbit in companion animal practice. 1. A clinican's approach to the pet rabbit. Irish Vet. J. 47, 9-15

MARTIN, T. (1993): Early Rodent Incisor Enamel Evolution: Phylogenetic Implications. J. Mamm. Evol. 1(4), 227-254

MATEOS, G.G. u. C. de BLAS (1998): Minerals, Vitamins and Additives. In: de BLAS, C. u. J. WISEMAN (Hrsg.): The nutrition of the rabbit. Cab International Publishing, University Press, Cambridge, 145-149

MÄNNER, K. u. K. BRONSCH (1987): Stoff- und Energiewechsel: Mineralstoffe. In: SCHEUNERT, A. u. A. TRAUTMANN (Hrsg.): Lehrbuch der Veterinär-Physiologie. 7. Aufl., Verlag Parey, Berlin, 95-99

McFADDEN, S.L., D. DING, H. JIANG, J.M. WOO u. R.J. SALVI (2002): Chinchilla models of selective cochlear hair cell loss. Hearing Res. 174, 230-238

McMANUS, J.J. (1972): Water relations of the chinchilla (Chinchilla laniger). Comp. Biochem. Physiol. 41 A, 445-450

MERRY, C.J. (1990): An introduction to chinchillas. Vet. Tech. 11, 315-331

MILES, A.E.W. (1963): Pigmented Enamel. Proc. R. Soc. Med. 56(10), 918-920

MILLER, S. (1980): Human influences on the distribution and abundance of wild Chilean mammals: prehistoric-present.Seattle, Univ. of Washington, Ph. D.

MITCHELL, H.H. (1964): Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals. Vol. 2, New York, NY, Academic Press, 664

MUNOZ, A. u. J. JÁNEZ (2000): Mamíferos de Chile. Ediciones CEA, Valdivia, Chile, 455ff

MUSZCZYŃSKI, Z., M. SULIK, T. OGOŃSKI u. J. ANTOSZEK (2010): Plasma Concentration of Calcium, Magnesium and Phosphorus in Chinchilla with and without Tooth Overgrowth. Folia biol. 58(1-2), 107-111

NACHTSHEIM, H. (1936): Erbliche Zahnanomalien beim Kaninchen. Züchtungskunde 11, 273-287

NAUMANN, C. u. R. BASSLER (1976): Methodenbuch Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Ergänzungslieferung, VDLUFA, Darmstadt

NEIRA, R., X. GARCÍA u. R. SCHEU (1989): Análisis descriptivo del comportamiento reproductivo y crecimiento de chinchillas (Chinchilla laniger Gray) en confinamiento. Avances en Producción Animal (Chile) 14, 109-119

NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL) (1995): Nutrient Requirements of Laboratory Animals. 4. Aufl., National Academy Press, Washington, D.C., 103-124
O'DELL, B.L., E.R. MORRIS, E.E. PICKETT u. A.G. HOGAN (1957): Diet composition and mineral balance in guinea pigs. J. Nutr. 63, 65-77

OSGOOD, W.H. (1943): The mammals of Chile. Field Mus. Nat. Hist., Zool. Ser. 30, 1-268

OSOFSKY, A. u. F.J.M. VERSTRAETE (2006): Dentistry in Pet Rodents. Compendium Vet. 4, 61-73

PIATKOWSKI, P., H. GÜRTLER u. J. VOIGT (1990): Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung. Gustav Fischer Verlag, Jena, 91-111

PICKARD, D.W. u. C.E. STEVENS (1972): Digesta flow through the rabbit large intestine. Am. J. Physiol. 222, 1161-1166

PINDBORG, J.J. (1953): The pigmentation of the rat incisor as an index of metabolic disturbances. Oral Surg. 6, 780–787

QUESENBERRY, K.E., T.M. DONNELLY u. E.V. HILLYER (2004): Biology, husbandry, and clinical techniques of guinea pigs and chinchillas. In: QUESENBERRY, K.E. u. J.W. CARPENTER (Hrsg.): Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery. Saunders Company, Saint Louis, 232-244

RABEHL, N. u. J. KAMPHUES (1997): Ernährungsphysiologische Besonderheiten beim Haustier. 43. Jahrestagung der Fachgruppe „Kleintierkrankheiten“ der DVG, 29.-31.8.1997, Hannover, 306-314

RAPPOLD, S. (2001): Vergleichende Untersuchungen zur Urolithiasis bei Kaninchen und Meerschweinchen. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

REDROBE, S. (2002): Calcium Metabolism in Rabbits. Sem. Avian Exotic Pet Med. 11(2), 94-101 REITER, A.M. (2008): Pathophysiology of Dental Disease in the Rabbit, Guinea Pig and Chinchilla. J. Exotic Pet Med. 17(2), 70-77

RENSBERGER, J.M. (1973): An occlusal model for mastication and dental wear in herbivorous mammals. J. Paleontol. 47(3), 515-528

RÖDER-THIEDE, M. (1990): Chinchillas. 3. Aufl., Verlag Gräfe und Unzer, München

SAKAGUCHI, E., G. BECKER, G. RECHKEMMER u. W. VON ENGELHARDT (1985): Volume, solute concentration and production of short-chain fatty acids in the

caecum and upper colon of the guinea pig. Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelkd. 54, 276-285

SAKAGUCHI, E., R. HELLER, G. BECKER u. W. VON ENGELHARDT (1986): Retention of digesta in the gastrointestinal tract of the guinea pig. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 55, 44-55

E., H. ITOH, S. UCHIDA u. T. HORIGOME (1987): Comparison of fibre digestion and digesta retention time between rabbits, guinea pigs, rats and hamsters. Br. J. Nutr. 58, 149-158

SAKAGUCHI, E. u. I.D. HUME (1990): Digesta retention and fibre digestion in brushtail possums, ringtail possums and rabbits. Comp. Biochem. Physiol. 96 A, 351-354

SCHAEFFER, D.O. u. T.M. DONNELLY (1997): Disease problems of guinea pigs and chinchillas. In: HILLYER, E.V. u. K.E. QUESENBERRY (Hrsg.): Ferrets, rabbits and rodents. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, 260-281

SCHMIDTKE, D. u. H.O. SCHMIDTKE (1976): Harnsteine bei Kaninchen und Goldhamster. Kleintierprax. 21, 126-128

SCHRÖDER, D. (1985): Einfluss einer unterschiedlichen Kalzium- und Vitamin D-Aufnahme auf Gesundheit, Entwicklung und Grunddaten des Kalzium-, Phosphor- und Magnesium-Stoffwechsels von Jungkaninchen. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

SCHRÖDER, A. (2000): Vergleichende Untersuchungen zur Futteraufnahme von Zwergkaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla bei Angebot unterschiedlich konfektionierter Einzelund Mischfuttermittel. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

SCHURCH, A. (1949): Die theoretischen Grundlagen der Kaninchenfütterung. Schweiz. landw. Monatsh. 1, 41-65

SCHWABE, K. (1995): Futter- und Wasseraufnahme von Heimtieren verschiedener Spezies (Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla, Hamster) bei unterschiedlicher Art des Wasserangebotes (Tränke vs. Saftfutter). Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

SCHWEIGART, G. (1995): Chinchilla. Heimtier und Patient. Verlag Fischer, Stuttgart

SCHWEIGART, G. (2008): Chinchillas. Veterinärmedizinischer Fachverlag Schweigart, Berlin, 105

SELVIG, K.A. u. A. HALSE (1975): The ultrastructural localization of iron in rat incisor enamel. Scand. J. dent. Res. 83, 88-95

SHADLE, A.R. (1936): The attrition and extrusive growth of the four major incisor teeth of the domestic rabbits. J. Mammal. 17, 15-21

SHANNON. I.L. u. J.R. PRIGMORE (1959): Free 17-hydroxycorticosteroid levels in parotid fluid, serum, and urine following the oral administration of synthetic analogs of hydrocortone. Air Univ. School of Aviation Med. USAF. Randolph Field AF Base, Texas, 59-79

SHIRLEY, E.K. u. K. SCHMIDT-NIELSEN (1967): Oxalate metabolism in the pack rat, sand rat, hamster and white rat. J. Nutr. 91, 496-502

SIDHU, H., M.J. ALLISON, J.M. CHOW, A. CLARK u. A.B. PECK (2001): Rapid reversal of hyperoxaluria in a rat model after probiotic administration of Oxalobacter formigenes. J. Urol. 166, 1487-1491

ŚMIELEWSKA-ŁOŚ, E. (2000): Alimentary system disorders in the chinchilla. Mag. Wet. 9, 8-9 (In Polnisch)

SOBEL, A.E. u. A. HANOK (1948): Calcification of teeth. I. Composition in relation to blood and diet. J. Biol. Chem. 176, 1103-1122

SOBEL, A.E. (1960): Interrelationship of tooth composition, body fluids, diet, and caries susceptibility. Ann. New York Acad. of Sci. 85, 96-109

SONE, K., K. KOYASU, S. TANAKA u. S. ODA (2005). Effect of diet on the incidence of dental pathology in free living caviomorph rodents. Arch. oral Biol. 50, 323-331

SOTO, V.V. (1993): Proyecto "Conservation de la Chinchilla lanigera". Una evaluacion general. Corporation National Forestal CONAF, IV Region Coquimbo, Chile

SPANNBRUCKER, D., D. SCHMIDTKE u. O.H. SCHMIDTKE (1977): Anomalien der Backenzähne bei Zwergkaninchen und Meerschweinchen. Kleintierprax. 22, 331-334

SPANNL, M. u. H. KRAFT (1988): Blutwerte vom Chinchilla. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 101, 344-347

SPENCE, S. u. K. SKAE (1995): Urolithiasis in a chinchilla. Vet. Rec. 136, 254

SPOTORNO, A.E., J.P. VALLADARES, J.C. MARIN, R.E. PALMA u. C. ZULETA

(2004): Molecular divergence and phylogenetic relationships among chinchillids (Rodentia, Chinchillidae). J. Mammal. 85, 384-388

STANIK, K. (2006): Tierartlich vergleichende Literatur und experimentelle Arbeiten zu Effekten unterschiedlicher Calcium-Aufnahmen auf die Calcium-Homöostase beim arbeitenden Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

STEIN, G. u. P.E. BOYLE (1959): Pigmentation of the enamel of albino rat incisor teeth. Arch. oral Biol. 1, 97-105

STILLER, L. (1923): Experimentelle Untersuchung über das Wachstum der Nagetierzähne und seine funktionelle Abhängigkeit von der Art der Ernährung. Halle, Univ., Diss. zit. nach L. BUCHER (1994)

SULIK, M., E. SOBOLEWSKA, B. SEREMAK, H. EY-CHMIELEWSKA u. B. FRĄCZAK (2007): Radiological evaluation of chinchilla mastication organs. Bull. Vet. Inst. Pulawy 51, 121-124

TAHER, I.M. (1979): Mineral metabolism in rabbits with reference to calcium and phosphorus ratio. Assiut., Veterinärmed. Fak., Diss. zit. nach KAMPHUES et al. (1986)

TAPPA, B., H. AMAO u. K.W. TAKAHASHI (1989): A simple method for intravenous injection and blood collection in the chinchilla (Chinchilla laniger). Lab. Anim. 23, 73-75 TAU, A. (1991): Verdaulichkeit verschiedener Futtermittel beim Meerschweinchen in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

TAYLOR, A.C. u. E.O. BUTCHER (1951): The regulation of eruption rate in the incisor teeth of the white rat. J. Exp. Zool. 117, 165-189

TELEB, H. (1984): Untersuchungen über den intestinalen Ca-Stoffwechsel beim Pferd nach variierender Ca-Zufuhr und einer Oxalatzulage. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

UNSHELM, J. u. K. ZRENNER (1960): Die Chinchilla in der tierärztlichen Praxis. Tierärztl. Umschau 15, 155

VERSTRAETE, F.J.M. (2003): Advances in diagnosis and treatment of small exotic mammal dental disease. Semin. Avian Exot. Pet Med. 12(1), 37-48

WAHLERT, J.H. (1968): Variability of rodent incisor enamel as viewed in thin section, and the microstructure of the enamel in fossil and Recent rodent groups. Brev. Mus. Comp. Zool. 309, 1-18

WARREN, H.B., N.C.C. LAUSEN, G.V. SEGRE, G. EL-HAJJ u. E.M. BROWN (1989): Regulation of Calciotropic Hormones in Vivo in the New Zealand White Rabbit. Endocrinology 125(5), 2683-2690

WEIJS, W.A., P. BRUGMAN u. C.A. GRIMBERGEN (1989): Jaw movements and muscle activity during mastication in growing rabbits. Anat. Rec. 224, 407-416

WEINREB, M.M., D. ASSIF u. Y. MICHAELI (1967): Role of attrition in the physiology of the rat incisor: I. The relative value of different components of attrition and their effect on eruption. J. dent. Res. 46, 527-531

WEIR, B.J. (1967): The care and management of laboratory hystricomorph rodents. Lab. Anim. 1, 95-104

WEIR, B.J. (1974): Reproductive characteristic of hystricomorph rodents. Symp. Zool. Soc. London 34, 265-301

WEISS, S. (2005): Verhaltensuntersuchungen an Chinchillas in ausgestalteten Kletterkäfigen. München, Ludwig-Maximilians-Univ., Tierärztl. Fakultät, Diss.

WENGER, A. (1997): Vergleichende Untersuchungen zur Aufnahme und Verdaulichkeit verschiedener rohfaserreicher Rationen und Futtermittel bei Zwergkaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

WENZEL, U.D. (1990): Fütterung der Chinchilla. In: WENZEL, U.D. (Hrsg.): Das Pelztierbuch: Biologie, Zucht, Haltung, Fütterung, Fortpflanzung, Krankheiten. Verlag Ulmer, Stuttgart, 301-304

WETZEL, G. (1927): Die Regulation der Nagetierschneidezähne. Wilhelm Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, Zeitschrift für wissenschaftliche Biologie 112, Festschrift für H. Driesch, 454-479 zit. nach L. BUCHER (1994)

WHARY, M.T. u. R.L. PEPER (1994): Calcium carbonate urolithiasis in a rabbit. Lab. Anim. Sci. 44, 534-536

WIESNER, E. (1970): Schäden durch Fehlernährung: Mineralstoffe. In: WIESNER, E. (Hrsg.): Ernährungsschäden landwirtschaftlicher Nutztiere. 2. Aufl., Verlag Fischer, Jena, 515-539

WIGGS, R.B. u. H.B. LOBPRISE (1990): Dental disease in rodents. J. Vet. Dent. 7(3), 6-8

WIGGS, R.B. u. H.B. LOBPRISE (1997): Dental and Oral Disease in Rodents and Lagomorphs. In: WIGGS, R.B. u. H.B. LOBPRISE (Hrsg.): Veterinary Dentistry – Principles and Practice. Lippincott-Raven-Publishers, Philadelphia, 518-537

WILCOX, H.N. (1950): Histology of the skin and hair of the adult chinchilla. Anatom. Rec. 108, 385-397

WINNICKA, A. (1997): Reference standards of basic laboratory tests in veterinary. J. Rudzka ed., SGGW, Warszawa, 115 ff (In Polnisch)

WOLF, P., SOLTAN, M. u. J. KAMPHUES (1995): Vergleichende Untersuchungen zu Fütterungseinflüssen auf die Entwicklung der Schneidezähne bei Kaninchen, Chinchillas und Ratten. Tagungsbericht der 9. Arbeitstagung über Haltung und Krankheiten der Kaninchen, Pelztiere und Heimtiere, 10.-11. Mai 1995, Celle, 150-157

WOLF, P. (1996): Wachstum und Abnutzung von Schneidezähnen bei kleinen Nagern. Tagungsbericht der BpT/DVG-Fortbildungsveranstaltung, 12.-13. Oktober 1996, Hannover

WOLF, P. u. J. KAMPHUES (1996): Untersuchungen zu Fütterungseinflüssen auf die Entwicklung der Incisivi bei Kaninchen, Chinchilla und Ratte. Kleintierprax. 41(10), 723-732

WOLF, P. u. J. KAMPHUES (1999a): Empfehlungen zur Fütterung kleiner Nager in der Heimtierhaltung. Vortragsband „Praxisrelevante Fragen zur Ernährung kleiner Heimtiere“ einer Fortbildungsveranstaltung des Inst. f. Tierernährung und der Klinik f. kleine Haustiere, 02. Oktober 1999, Hannover, 41-50

WOLF, P., A. SCHRÖDER, A. WENGER u. J. KAMPHUES (2003): The nutrition of the chinchilla as a companion animal – basic data, influences and dependences. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 87, 129-133

WOLFF, D. u. S. KLOMBURG (1979): Das Hauskaninchen (Systematische Stellung, Pathophysiologie, Ernährung, Reproduktion, Narkose, Krankheiten). Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 92, 65-72

WOLFFRAM, S. u. E. SCHARRER (2010): Funktionen des Dünndarms und seiner Anhangdrüsen. In: ENGELHARDT, W.v. u. BREVES (Hrsg.): Physiologie der Haustiere. 3. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart, 428-429

WOODS, C.A. u. C.W. KILPATRICK (2005): Hystricognathi. In: WILSON, D.E. u. D.M. REEDER (Hrsg.): Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. 3. Aufl., Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 1538-1600

WORTHINGTON, J.M. u. R.S. FULGHUM (1988): Ceacal and faecal bacterial flora of the Mongolian gerbil and the chinchilla. Appl. Environ. Microbiol. 54(5), 1210-1215

WUCK, A.C. (2010): Labordiagnostische Referenzbereiche bei Chinchillas. München, Ludwig-Maximilians-Univ., Tierärztl. Fakultät, Diss.

YARRELL, W. (1831): Chinchilla lanigera. Proc. Sci. Corres. Zool. Soc. London, 31-34

ZIMMERMANN, W. (1961): Über den Wasserhaushalt der Chinchillas. Dt. Pelztierzüchter 35, 31

Приложения с таблицами и рисунками

Абсолютное потребление и выделение Ca

Статистические оценки потребления и выделения кальция с фекалиями были проведены на одинаковых возрастных ступенях (фазах) между пятью группами молодняка и для взрослых животных между сопоставимыми группами по типу кормления (значимые различия средних значений при P <0,05 обозначены разными надстрочными цифрами), или в случае молодых животных в рамках варианта кормления, в каждом случае между возрастными группами (a, b, c, разные надстрочные буквы указывают на значимые различия).

Таблица 58: Потребление и выделения Ca из организма с фекалиями у шиншилл при кормлении разными рационами (мг / животное / 5 дней на группу n = 5 животных)

Группа	Питание	Баланс. тест	Потребление кальция с кормом (мг/животное/5 дней)	Выделение кальция с фекалиями (мг/животное/5 дней)
J I	ГПК Ca↓	a	405 ± 20,0 ^{a,1}	342 ± 53,5 ^{a,1}
		b	361 ± 59,2 ^{a,1,3}	336 ± 54,9 ^{a,1}
		c	342 ± 62,0 ^{a,1}	271 ± 42,3 ^{a,1}
J II	ГПК Ca↓ + камень Ytong	a	1100 ± 492 ^{a,2}	584 ± 181 ^{a,1}
		b	834 ± 195 ^{a,1}	648 ± 115 ^{a,1}
		c	1972 ± 269 ^{b,2}	613 ± 163 ^{a,1}
J III	Сено	a	240 ± 41,2 ^{a,1}	320 ± 59,1 ^{a,1}
		b	237 ± 21,9 ^{a,1,3}	425 ± 72,1 ^{a,1}
		c	226 ± 15,2 ^{a,1,3}	312 ± 63,8 ^{a,1}
J IV	ГПК Ca↑	a	1842 ± 352 ^{a,3}	1831 ± 484 ^{a,2}
		b	1520 ± 372 ^{a,2}	1470 ± 334 ^{a,2}
		c	1568 ± 252 ^{a,2,4}	1599 ± 222 ^{a,2}
J V (n = 4)	ГПК Ca↑ + дерево	a	1910 ± 277 ^{a,3}	1816 ± 163 ^{a,2}
		b	1563 ± 266 ^{a,2}	1549 ± 238 ^{a,2}
		c	1638 ± 146 ^{a,2,4}	1643 ± 112 ^{a,2}
A	ГПК Ca≈ + дерево	1	614 ± 160 ^{1}	562 ± 142 ^{1}
	ГПК Ca↑ + дерево	2	909 ± 281 ^{1}	816 ± 339 ^{1}
	ГПК Ca↓ + камень Ytong	3	2243 ± 343 *^{2}	650 ± 361 ^{1}
B	ГПК Ca≈	1	732 ± 108 ^{1}	686 ± 132^{1}
	ГПК Ca↑ (n = 4)	2	1306 ± 248^{2}	1270 ± 284^{2}
	ГПК Ca↓	3	250 ± 38,1 *^{3}	220 ± 47,1 ^{3}

* значимая средняя разница между A 3 и B 3 в потреблении Ca

Оценки должны читаться по столбцам для каждого параметра.

Статистический анализ потребления, выделения и усвояемости Са сопоставимых групп молодняка и взрослых животных

Значимые различия средних значений обозначаются разными надстрочными цифрами (читать следует построчно).

Таблица 59: Статистический анализ потребления Са с пищей сопоставимых молодых и взрослых групп шиншилл

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Са↓	B 3 ^{1}	J I a^{1}	J I b ^{1}	J I c ^{1}
ГПК Са↓ + камень Ytong	A 3^{1}	J II a^{2}	J II b ^{2}	J II c ^{1}
pAF Са↑	B 2^{1}	J IV a^{1}	J IV b ^{1}	J IV c ^{1}
pAF Са↑ + дерево	A 2^{1}	J V a ^{2}	J V b ^{2}	J V c ^{2}

Таблица 60: Статистическая оценка экскреции Са с фекалиями сопоставимых групп молодых и взрослых шиншилл

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Са↓	B 3 ^{1}	J I a^{1}	J I b ^{1}	J I c ^{1}
ГПК Са↓ + камень Ytong	A 3^{1}	J II a^{2}	J II b ^{1}	J II c ^{1}
ГПК Са↑	B 2^{1}	J IV a^{2}	J IV b ^{1}	J IV c ^{1}
ГПК Са↑ + дерево	A 2^{1}	J V a ^{2}	J V b ^{1}	J V c ^{2}

Таблица 61: Статистическая оценка усвояемости Са сопоставимых групп молодых и взрослых шиншилл

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Са↓	B 3 ^{1}	J I a^{1}	J I b ^{1}	J I c ^{1}
ГПК Са↓ + камень Ytong	A 3^{1}	J II a^{1}	J II b ^{2}	J II c ^{1}
ГПК Са↑	B 2^{1}	J IV a^{1}	J IV b ^{1}	J IV c ^{1}
ГПК Са↑ + дерево	A 2^{1}	J V a ^{1}	J V b ^{1}	J V c ^{1}

Абсолютное потребление и выделение P:

Обозначения значимости следует читать так же, как для потребления и выделения Ca.

Таблица 62: Потребление и выделения P из организма с фекалиями у шиншилл при кормлении разными рационами (мг / животное / 5 дней на группу n = 5 животных)

Группа	Питание	Баланс. тест	Потребление фосфора с кормом (мг/животное/5 дней)	Выделение фосфора с фекалиями (мг/животное/5 дней)
J I	ГПК Ca↓	a	431 ± 21,2 ^{a,1}	356 ± 48,6$_{a,1}$
		b	384 ± 63,0^{a,1,3,4}	348 ± 44,9^{a,1}
		c	364 ± 66,0^{a,1}	312 ± 54,2 $_{a,1,2,3}$
J II	ГПК Ca↓ + камень Ytong	a	457 ± 50,0 ^{a,1}	420 ± 57,9 ^{a,1}
		b	438 ± 31,3^{a,3}	361 ± 26,8 ^{a,1}
		c	378 ± 38,0^{a,1}	361 ± 33,2^{a,3}
J III	Сено	a	164 ± 28,2^{a,2}	198 ± 25,5^{a,2}
		b	162 ± 15,0^{a,2}	250 ± 32,1^{a,1}
		c	154 ± 10,4^{a,2}	188 ± 11,7 ^{a,2}
J IV	ГПК Ca↑	a	379 ± 72,3 ^{a,1}	382 ± 119 ^{a,1}
		b	312 ± 76,4^{a,4}	323 ± 68,5^{a,1}
		c	322 ± 51,9^{a,1}	371 ± 52,8^{a,1,3}
J V (n = 4)	ГПК Ca↑ + дерево	a	393 ± 57,0^{a,1}	387 ± 52,1 ^{a,1}
		b	321 ± 54,7 ^{a,1,3}	327 ± 48,1^{a,1}
		c	337 ± 30,1^{a,1}	361 ± 37,0^{a,1,3}
A	ГПК Ca≈ + дерево	1	336 ± 87,4^{1}	325 ± 89,5^{1}
	ГПК Ca↑ + дерево	2	187 ± 57,7^{2}	224 ± 74,3 ^{1}
	ГПК Ca↓ + камень Ytong	3	301 ± 37,8^{1}	263 ± 26,0 ^{1}
B	ГПК Ca≈	1	401 ± 58,9^{1}	326 ± 102^{1}
	ГПК Ca↑ (n = 4)	2	243 ± 71,4^{2}	272 ± 76,3^{1}
	ГПК Ca↓	3	266 ± 40,5^{2}	224 ± 50,9^{1}

Статистический анализ усвоения, экскреции и усвояемости P сопоставимых групп молодых и взрослых животных

Значимые средние различия обозначены разными надстрочными числами (читать построчно).

Таблица 64: Статистический анализ потребления P с пищей сопоставимых молодых и взрослых групп шиншилл

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Ca↓	B 3 [1]	J I a[2]	J I b [1]	J I c [1]
ГПК Ca↓ + камень Ytong	A 3[1]	J II a[2]	J II b [2]	J II c [1]
pAF Ca↑	B 2[1]	J IV a[2]	J IV b [1]	J IV c [1]
pAF Ca↑ + дерево	A 2[1]	J V a [2]	J V b [2]	J V c [2]

Таблица 65: Статистическая оценка экскреции P с фекалиями сопоставимых групп молодых и взрослых шиншилл

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Ca↓	B 3 [1]	J I a[1]	J I b [1]	J I c [1]
ГПК Ca↓ + камень Ytong	A 3[1]	J II a[2]	J II b [1]	J II c [1]
ГПК Ca↑	B 2[1]	J IV a[1]	J IV b [1]	J IV c [1]
ГПК Ca↑ + дерево	A 2[1]	J V a [2]	J V b [1]	J V c [1]

Дополнительное представление статистического анализа показателей крови у взрослых шиншилл:

Таблица 65: Общий кальций, ионизированный кальций и неорганический фосфат в плазме крови взрослых шиншилл при различных диетах (n = 5 животных на группу)

Группа	Питание	Общий кальций (ммоль/л)	Ионизированный кальций (ммоль/л)	Неорганический фосфат (ммоль/л)
A	ГПК Ca≈ + дерево	2,52 ± 0,15 [1,a]	1,11 ± 0,06[1,a]	1,56 ± 0,42[1,a]
	ГПК Ca↑ + дерево	5,28 ± 0,32[2,a]	1,23 ± 0,07[2,a]	1,85 ± 0,60[1,a]
	ГПК Ca↓ + камень Ytong	1,86 ± 0,57[3,a]	1,19 ± 0,10* [1,2,a]	1,45 ± 0,15[1,a]
B	ГПК Ca≈	2,44 ± 0,15[1,a]	1,12 ± 0,06[1,a]	1,39 ± 0,49[1,a]
	ГПК Ca↑	5,11 ± 0,31[2,a]	1,17 ± 0,15[1,a]	1,67 ± 0,89 [1,a]
	ГПК Ca↓	1,49 ± 0,38* [3,b]	0,92 ± 0,11[2,b]	1,68 ± 1,11 [1,a]

* n = 4; Значимые различия без корректировки α (p <0,05) обозначены разными надстрочными числами (сравнение внутри группы) и буквами (сравнение между A и B при одном и том же содержании Ca). Статистические оценки проводились в каждом случае в

пределах группы (А или В) для трех разных диет с различным содержанием Са или между группами А и В с одинаковым содержанием Са в рационе по отношению к материалу для погрызания. Рассматривать их необходимо по столбцам.

Дополнительное представление статистических оценок относительно роста и истирания зубов:

Таблица 66: Статистический анализ роста верхних резцов сопоставимых групп молодых и взрослых шиншилл.

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Са↓	В 3 ^{1}	J I a^{2}	J I b ^{1}	J I c ^{1}
ГПК Са↓ + камень Ytong	А 3^{1}	J II a^{2}	J II b ^{1}	J II c ^{1}
ГПК Са↑	В 2^{1}	J IV a^{1}	J IV b ^{1}	J IV c ^{1}
ГПК Са↑ + дерево	А 2^{1}	J V a ^{1}	J V b ^{1}	J V c ^{1}

(Значимые различия средних значений обозначены разными надстрочными цифрами)

Таблица 67: Статистический анализ роста нижних резцов сопоставимых групп молодых и взрослых шиншилл.

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Са↓	В 3 ^{1}	J I a^{1}	J I b ^{1}	J I c ^{1}
ГПК Са↓ + камень Ytong	А 3^{1}	J II a^{2}	J II b ^{1}	J II c ^{1}
ГПК Са↑	В 2^{1}	J IV a^{2}	J IV b ^{1}	J IV c ^{1}
ГПК Са↑ + дерево	А 2^{1}	J V a ^{2}	J V b ^{1}	J V c ^{1}

(Значимые различия средних значений обозначены разными надстрочными цифрами)

Статистическая оценка показателей крови при сравнению молодых и взрослых шиншилл.

Табл. 68: Статистический анализ общего кальция в плазме крови сопоставимых групп молодых и взрослых шиншилл.

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Са↓	В 3 ^{1}	J I a^{2}	J I b ^{2}	J I c ^{2}
ГПК Са↓ + камень Ytong	А 3^{1}	J II a^{2}	J II b ^{2}	J II c ^{2}
ГПК Са↑	В 2^{1}	J IV a^{2}	J IV b ^{2}	J IV c ^{2}
ГПК Са↑ + дерево	А 2^{1}	J V a ^{2}	J V b ^{2}	J V c ^{2}

(Значимые различия средних значений при $p < 0,05$ обозначены разными надстрочными цифрами)

Таблица 69: Статистический анализ ионизированного кальция в плазме крови сопоставимых групп молодых и взрослых шиншилл.

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Ca↓	B 3 [1]	J I a[2]	J I b [1]	J I c [1]
ГПК Ca↓ + камень Ytong	A 3[1]	J II a[1]	J II b [1]	J II c [2]
ГПК Ca↑	B 2[1]	J IV a[1]	J IV b [1]	J IV c [1]
ГПК Ca↑ + дерево	A 2[1]	J V a [1]	J V b [2]	J V c [1]

(Значимые различия средних значений при p <0,05 обозначены разными надстрочными цифрами)

Таблица 70: Статистический анализ неорганического фосфата в плазме крови сопоставимых групп молодых и взрослых шиншилл.

Питание	Экспериментальные группы			
	Взрослые животные	Молодые животные		
ГПК Ca↓	B 3 [1]	J I a[2]	J I b [1]	J I c [2]
ГПК Ca↓ + камень Ytong	A 3[1]	J II a[2]	J II b [1]	J II c [1]
ГПК Ca↑	B 2[1]	J IV a[1]	J IV b [1]	J IV c [1]
ГПК Ca↑ + дерево	A 2[1]	J V a [1]	J V b [1]	J V c [1]

(Значимые различия средних значений при p <0,05 обозначены разными надстрочными цифрами)

Зарегистрированные значения pH:

Таблица 71: Значение pH в моче шиншилл при кормлении разными рационами (в каждой группе n = 5 животных, J V n = 4)

	Питание	Среднее значение	Минимальное	Максимальное
Взрослые животные	pAFCa↓	8,54 ± 0,65	6,17	9,27
	pAFCa↓ + Ytong	8,74 ± 0,36	7,60	9,32
	pAFCa≈	8,66 ± 0,46	7,68	9,55
	pAFCa≈ + Holz	8,72 ± 0,36	8,10	9,39
	pAFCa↑	8,84 ± 0,33	8,31	9,51
	pAFCa↑ + Holz	8,98 ± 0,29	8,43	9,41
Молодые животные	pAFCa↓	8,66 ± 0,53	7,18	9,26
	pAFCa↓ + Ytong	8,64 ± 0,46	7,65	9,15
	Сено	7,42 ± 1,08	5,61	9,15
	pAFCa↑	8,65 ± 0,33	8,10	9,21
	pAFCa↑ + Holz	8,64 ± 0,39	8,05	9,21

(Измерения проводились со свежими образцами мочи с помощью предварительно откалиброванного pH-метра [Einstabmesskette, pH-Meter 766 calimatic, Fa. Knick, Berlin])

Пример документирования структуры и цвета содержимого желудка:

Рисунок 25: Посмертное содержимое желудка шиншиллы при кормлении исключительно сеном.

Рисунок 26: Посмертное желудочное содержимое (частицы химуса и камня Ytong) шиншиллы при кормлении ГПК Ca ↓ + камень Ytong

Распределение цвета зубов перед началом эксперимента:

Таблица 72: номера цветов окраски в соответствии с RAL, вспомогательные названия и частотное распределение у взрослых шиншилл (жирным шрифтом, n = 10 животных) и молодых животных (курсивом, n = 24 животных) перед началом эксперимента.

Номер согласно RAL	Вспомогательное название	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть
1001	Бежевый		*1*
1002	Песочно-желтый	**1**	**1**,*5*
1003	Сигнальный желтый	**1**,*14* светлее *2*	*7* светлее: **1**, *5*
1006	Маисовый желтый	**2**,*6*	**2**,*3* светлее: *1*
1007	Нарциссовый желтый	**4**	**2**
1013	Жемчужно-белый		
1015	Цвет слоновой кости		*1*
1017	Шафрановый желтый	светлее *1*	**1**
1018	Цинковый желтый	**2**	**2**
1037	Солнечно-желтый	*1*	**1**,*1*
9003	Сигнальный белый		

Благодарность

Профессора, доктора Йозефа Камфуэса я хотела бы поблагодарить за предоставление темы и за всестороннюю щедрую помощь в подготовке работы.

Я благодарю доктора Петру Вольф за опеку во время экспериментальной фазы исследования и поддержку во время докладов и презентаций.

Я хотела бы от всего сердца поблагодарить Анну Мёсселер за проверку рукописи, эффективную помощь по вопросам содержания, а также за ее юмористический, мотивирующий характер.

Я хотела бы поблагодарить всех сотрудников Института питания животных, в частности команду по уходу за животными г-на Мике Патцера и персонал лаборатории дипломированного инженера-химика Питера Раста за хорошую рабочую атмосферу, дружелюбность, готовность помочь и поддержку.

Профессора, доктора Михаэля Фера и ветеринарный персонал клиники для домашних животных, рептилий, декоративных и диких птиц я благодарю за сотрудничество при исследованиях крови.

Я благодарю доктора Карла Рона из Института биометрии, эпидемиологии и обработки информации за руководство и поддержку при статистической оценке результатов моих исследований.

Я выражаю особую благодарность моим родителям, которые дали мне возможность учиться и написать эту диссертацию. Я благодарю мою семью за веру в меня и постоянное ободрение, моего молодого человека и друзей за опору, понимание, профессиональные дискуссии и энергичную поддержку, например, при заборе крови, а также за то, что составили мне компанию во время ночной работы. Я благодарю всех, кто сопровождал меня на этом пути.