

УДК: 611.716.4:616.718.5-089.843-092.9:661.842.455

© Лузин В. И., Морозов В. Н., 2011

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ КРЫС

Лузин В. И., Морозов В. Н.

ГЗ «Луганский государственный медицинский университет»

Лузин В. И., Морозов В. М. Сучасні уявлення про морфо-функціональну організацію нижньої щелепи щурів // Український морфологічний альманах. – 2011. – Том 9, №4. – С. 161-166.

Дана оглядова стаття присвячена основним моментам морфофункціональної організації нижньої щелепи щурів: зовнішній будові, будові альвеолярної кістки, тканин зубів, особливостям та гістологічній будові виросткового хряща та біомеханіці нижньої щелепи щурів.

Ключові слова: щури, нижня щелепа, різець, виростковий хрящ.

Лузин В. И., Морозов В. Н. Современные представления о морфо-функциональной организации нижней челюсти крыс // Украинский морфологический альманах. – 2011. – Том 9, №4. – С. 161-166.

Данная обзорная статья посвящена рассмотрению современных представлений об основных моментах морфофункциональной организации нижней челюсти крыс: внешнего строения, строения альвеолярной кости, тканей зубов, особенностей и гистологического строения мышечкового хряща и биомеханики нижней челюсти крыс.

Ключевые слова: крысы, нижняя челюсть, резец, мышечковый хрящ.

Luzin V. I., Morozov V. N. Contemporary presentations about morpho-functional organization of rats mandible // Украинский морфологический альманах. – 2011. – Том 9, №4. – С. 161-166.

This review article is dedicated to consideration a contemporary presentations the fundamental moments of morphofunctional organization of rats mandible: external structure, structure of alveolar bone, tissues of teeth, peculiarities and histologic structure of condylar cartilage and biomechanics of rats mandible.

Key words: rats, mandible, incisor, condylar cartilage.

Нижняя челюсть крыс является уникальным объектом экспериментальных исследований, что обусловлено особенностями ее происхождения, пре- и постнатального роста и развития, наличием мышечкового хряща, который не подвергается энхондральному окостенению в процессе онтогенеза и особыми биомеханическими условиями, в которых она находится. С данным органом костной системы непосредственно связаны зубы, которые обеспечивают захват и механическую обработку пищи, что является одним из необходимых условий существования биологической системы. В экспериментальных исследованиях нижняя челюсть используется для создания моделей различных патологических состояний (переломы, периодонтит, нарушение дентино- и энамелогенеза различной этиологии и др.) [1, 25, 35]. Знание особенностей внешнего, внутреннего строения, а также функционирования нижней челюсти позволит исследователю без особых трудностей, целенаправленно производить моделирование этих состояний, а также правильно осуществлять анализ и описывать изменения, возникающих в этом органе под влиянием разнообразных экзо- и эндогенных факторов.

Согласно данным международной ветеринарной анатомической номенклатуры, нижняя челюсть крыс относится к костям лица и состоит из тела, несущего зубы, и дорсально расположенной каудальной части – ветви. Тела правой и левой нижних челюстей соединяются между собой посредством симфиза. В теле органа выделяют переднюю резцовую часть, несущую альвеолу для нижнего резца, и заднюю молярную часть, содержащую альвеолы для больших

коренных зубов. Дорсальный отдел резцовой части называется альвеолярной дугой. На теле нижней челюсти различают следующие поверхности: губную, имеющуюся только у резцовой части, щечную, представляющую латеральную поверхность молярной части, обращенную к щекам и внутреннюю язычную поверхность. Данная часть тела нижней челюсти крыс заканчивается сверху альвеолярным краем, а внизу – вентральным. На альвеолярном крае расположены зубные альвеолы для корней больших коренных зубов, разделенные межальвеолярными перегородками с межальвеолярными гребнями. Корни одного и того же моляра разделены межкорневыми перегородками. Между резцовой и щечной частями расположен межальвеолярный край, не несущий зубных альвеол. На границе этих частей, с латеральной стороны, расположено подбородочное отверстие. На щечной поверхности молярной части тела находится жевательная ямка, служащая местом прикрепления жевательной мышцы, а на язычной – челюстно – подъязычная линия. Ветвь нижней челюсти у крыс значительно наклонена вниз, поэтому образует с телом угол нижней челюсти. Ветвь несет на себе несколько отростков: хорошо развитый угловой отросток, ориентированный назад и вниз и расположенные выше мышечковый и венечный отростки. На внутренней поверхности углового отростка расположена крыловидная ямка для прикрепления медиальной крыловидной мышцы. Мышечковый отросток состоит из расширенной части – головки и суженной части – шейки, на верхушке мышечкового отростка располагается мышечковый хрящ, а сам отросток вместе с нижнечелюстной ямкой височной

кости участвует в образовании височно-нижнечелюстного сустава. На медиальной поверхности мышцевого отростка расположена крыловидная ямка (место прикрепления латеральной крыловидной мышцы), а в области ее основания имеется отверстие, ведущее в канал нижней челюсти, в нем проходят сосуды и нервы. В области основания мышцевого отростка, на медиальной поверхности, расположено отверстие, ведущее в канал нижней челюсти, где проходят сосуды и нервы. Ниже отверстия нижней челюсти начинается челюстно-подъязычная борозда. Венечный отросток служит местом прикрепления височной мышцы. Мыщелковый отросток отделяется от венечного вырезкой нижней челюсти. Вышеперечисленные мышцы относятся к мышцам головы (жевательная группа) и во время своего сокращения действуют на височно-нижнечелюстной сустав, приводя к смещению нижней челюсти в различных направлениях [3].

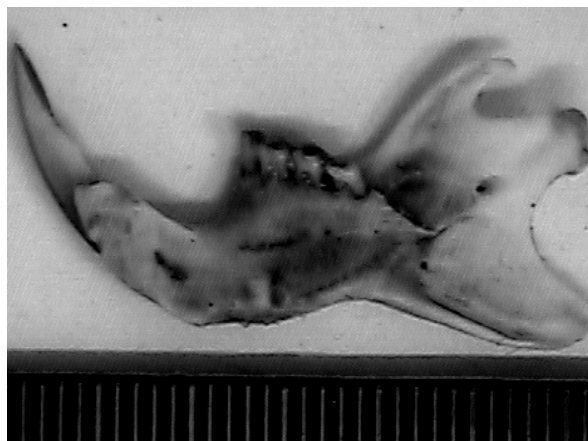
Зубы крыс очень специализированы, монофиодонтные, то есть существует только одна их генерация и нет молочных зубов. Результаты исследования R. B. Chiasson (1988), W. F. Walker et al. (1997) показали, что нижняя челюсть имеет два резца и шесть больших коренных зубов (моляров), отсутствуют клыки и малые коренные зубы [10, 38]. Резцы представляют собой большие и изогнутые зубы с толстым слоем оранжево-желтой эмали на передней их поверхности. Они не имеют корней и расположены в глубоких костных карманах - зубных альвеолах. Последние простираются глубоко в теле нижней челюсти, обходя с латеральной стороны большие коренные зубы и заканчиваются у основания мышцевого отростка ветви нижней челюсти. Каждый большой коренной зуб имеет коронку, шейку и корень. Первый моляр имеет четыре корня, второй и третий - по три. Жевательная поверхность коронки этих зубов неровная, обусловленная наличием девяти жевательных бугорков, расположенных в три ряда по три бугорка в каждом [3, 10, 38] (рис. 1. А, Б, В)

Микроскопически, нижняя челюсть крыс, в отличие от других органов костной системы, имеет сложное гистологическое строение, что обусловлено наличием в ней нескольких разновидностей тканей: костной, хрящевой, тканей зубов. Костная ткань образует тело и ветвь нижней челюсти. В свою очередь, молярная часть тела нижней челюсти крыс состоит из собственной и поддерживающей альвеолярной кости. Первая из них, представляет собой тонкую костную пластинку, непосредственно окружающую с язычной и щечной сторон корни больших коренных зубов и носит название альвеолярного гребня, а вторая - расположена под собственной альвеолярной костью. По данным D. S. Feitosa et al. (2009) альвеолярный гребень построен из пластинчатой костной ткани, пронизанной Шарпеевскими волокнами периодонта и образованной компактной костью с расположенной между ней губчатой костью [36]. В свою

очередь компактная кость состоит из слоя наружных генеральных пластинок, затем остеонного слоя и слоя внутренних генеральных пластинок. Губчатая кость представлена костными трабекулами, между которыми расположены костномозговые полости с красным костным мозгом. В своих исследованиях P. J. Zecha et al. (2011) показал, что поддерживающая альвеолярная кость имеет аналогичное строение, при этом в вентральном направлении слой компактной кости и губчатой утолщаются, а костномозговые полости увеличиваются в размерах [6].



А



Б



В

Рис. 1. Нижняя челюсть крысы: А – латеральная поверхность, Б – медиальная поверхность, В – вид сверху.

В толще поддерживающей альвеолярной кости расположена зубная альвеола для нижнего резца [9, 13, 19]. Пространство между наружной поверхностью резца и зубной альвеолой называется периодонтальным. В нем расположены клетки и волокна периодонта. S. Okada et al. (2002) выделяют в строении компактной кости тела нижней челюсти базальную и альвеолярную части [33]. Первая из них, имеет аналогичное строение с поддерживающей альвеолярной костью, а вторая – с собственной. Венечный, мышечковый и угловой отростки образованы двумя тонкими слоями компактной кости, между которыми расположена губчатая кость. Последняя представлена костными трабекулами, образующими мелкоячеистую сеть, между которыми расположены узкие костномозговые полости, содержащие красный костный мозг (рис. 2).



Рис. 2. Участок нижней челюсти крысы с большими коренными зубами: А – собственная альвеолярная кость, Б – поддерживающая альвеолярная кость, 1 – компактная кость, 2 – губчатая кость, 3 – костномозговые полости, содержащие красный костный мозг, 4 – периодонт. Окраска: гематоксилин – эозин. Увеличение $\times 80$ [34].

Немаловажной составной частью нижней челюсти крыс, участвующей в захватывании и измельчении пищи, являются зубы. По мнению М. Н. Kuijpers (1996) наибольший интерес для исследователей представляют резцы нижней челюсти, так как они способны постоянно расти и обновляться каждые 40 - 50 дней (2,8 мм в неделю) [20]. Это происходит благодаря процессам пролиферации и дифференцировки одонтобластов, расположенных по периферии пульпы в области основания резца. Животное способно самостоятельно регулировать размер резцов, постоянно стачивая их о твердую поверхность или пищу. Исследования S. V. Dmitrienko et al. (2007) показали, что резцы крыс построены из дентина, эмали, цемента и пульпы, имеющих определенное строение и функции [31]. Основная часть резца крыс образована дентином, который рассматривается как специализированная костная ткань, так как содержит 70% неорганических веществ, 20% органических веществ и 10% воды. На губной поверхности

сти резца дентин покрыт эмалью, а на боковых и язычной – цементом. Дентин является бесклеточной тканью, состоящей из дентинных канальцев, выстланных более минерализованным перитубулярным дентином, в промежутках между которым расположен менее минерализованный интертубулярный дентин. Его межклеточное вещество представлено коллагеновыми волокнами и основным веществом (протеогликаны, связанные с кристаллами гидроксипатита).

Дентин структурно и функционально связан с пульпой зуба, так как образован клетками, лежащими в периферических отделах пульпы – одонтобластами (дентинобластами). В различных частях одного и того же резца эти клетки отличаются по форме, размерам и уровню синтеза и секреции дентина. По данным H. Ohshima et al. (1992) процесс образования дентина в резцах крыс усиливается к средней трети зуба, а затем постепенно затормаживается и прекращается на верхушке резца [24]. Дентиногенез начинается в периферических отделах пульпы с дифференцировки клеток мезенхимы в одонтобласты. Синтетическая и секреторная активность этих клеток обеспечивает непрерывное образование слоя неизвестного дентина (преддентина), пронизанного отростками одонтобластов. В процессе его обызвествления образуется дентин. Место перехода преддентина в дентин соответствует фронту минерализации.

Губная поверхность резца нижней челюсти покрыта эмалью и состоит из эмалевых призм и межпризменного вещества. G. Anastasi (1989) определил, что эмаль содержит 95% неорганических веществ, 1-2% органических и 3-4% воды [4]. Процесс образования эмали в резцах нижней челюсти крыс протекает непрерывно и находится под индуцирующим влиянием формирующегося дентина. Эна멜отенез связан с функциональной активностью амелобластов и распространяется из базальной части резца в апикальном направлении. Результаты исследования D. M. Lyaru et al. (2008) показали, что к моменту прорезывания резца амелобласты постепенно атрофируются [35].

Боковые и язычные поверхности резца нижней челюсти крыс покрыты тонким слоем (3 мкм) цемента, который не имеет сосудов. По мнению S. P. Ho et al. (2009), T. Yamamoto et al. (2000) он содержит 50-60% неорганических веществ и 30-40% органических и состоит из клеток (цементоцитов и цементобластов) и матрикса (коллагеновые волокна и основное аморфное вещество) [32, 37]. Синтетическая и секреторная активность цементобластов обеспечивает постоянное отложение цемента, а цементоциты являются дефинитивными клетками цемента, расположенными в лакунах. Цемент резца является важной составляющей поддерживающего аппарата резца, обеспечивая прикрепление к нему волокон периодонта (Рис. 3).

Мышечковый хрящ расположен на верхушке мышечкового отростка нижней челюсти крыс,

имеет серповидную форму и по данным Н. U. Luder (1994) является источником роста ветви этого органа в длину [22].

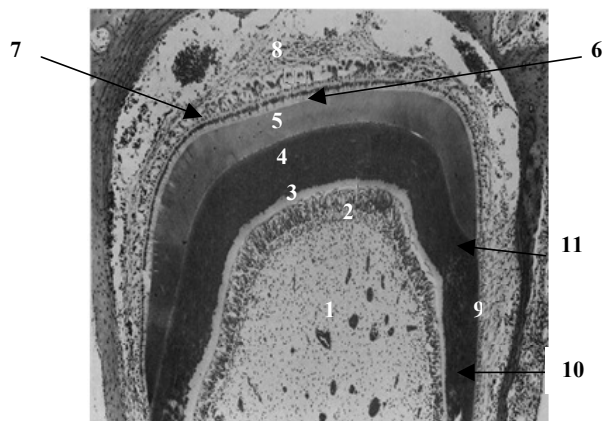


Рис. 3. Срез резца нижней челюсти крысы на уровне 2 большого коренного зуба: 1 – пульпа, 2 – одонтобласты, 3 – предентин, 4 – дентин, 5 – эмаль 6 – энамелобласты внутреннего эмалевого эпителия, 7 – наружный эмалевый эпителий, 8 – надкостница зубной альвеолы, 9 – Периодонт, 10 – цемент, 11 – цементно-эмалевое соединение. Окраска: гематоксилин - азоксифлюоресцин. Увеличение $\times 80$ [20].

Этот хрящ имеет ряд характерных особенностей, связанных с его происхождением, постнатальным ростом, гистологическим строением, адаптивной перестройкой под действием внешних стимулов. По мнению S. Shibata et al. (1997) он относится к категории вторичных суставных хрящей, так как в эмбриональном периоде развития появляется позже других суставных хрящей [17]. Результаты исследования W. E. Roberts et al. (2004) показали, что мышечковый хрящ не подвергается энхондральному окостенению и функционирует на протяжении всего периода онтогенеза [29]. По данным Sakamoto et al. (2002), A. B. Rabie et al. (2003) он обладает способностью к адаптивной перестройке в ответ на изменение функциональной нагрузки или положения нижней челюсти во время или после завершения своего роста, что достигается путем изменения хондрогенеза и, впоследствии, энхондрального окостенения [27, 30]. Источником роста мышечкового хряща нижней челюсти является тонкий слой мезенхимальной ткани, покрывающей хрящ. По результатам исследований Y. Hiraki et al. (2001), A. Kajikawa et al. (2003) в процессе его роста клетки этого слоя делятся, увеличиваются в размерах и перемещаются в глубину мышечкового хряща, где вступают в процесс дифференцировки с образованием клеток предшественников хряща [12, 18]. Описанный выше аппозиционный способ роста является характерным для мышечкового хряща, однако по данным Н. U. Luder. (1994) имеет место и интерстициальный способ его роста, который реализуется путем увеличения размеров хондроцитов и количества секретируемого ими хрящевого матрикса [22].

Микроскопически, M. Delatte et al. (2004) в

мышечковом хряще нижней челюсти крыс выделяют несколько зон: суставную, зону покоя, пролиферации, гипертрофического хряща, эрозивную и зону субхондрального остеогенеза [26]. Н. U. Luder et al. (1988), I. Mizoguchi et al. (1996) полагают, что мышечковый хрящ состоит из суставной зоны, зоны пролиферации, созревания клеток и гипертрофических хондроцитов [5, 21]. Первая является наиболее поверхностно расположенной зоной хряща и по данным J. R. Merida-Velasco et al. (1999) представлена коллагеновыми волокнами и фибробластами, лежащими параллельно поверхности головки мышечкового отростка нижней челюсти [11]. Под этой зоной располагается тонкий слой мезенхимальной ткани [7].

Зона покоя представлена небольшими по размерам хондроцитами и незначительным количеством хрящевого матрикса. G. Shen et al. (2000) полагают, что высокое ядерно-цитоплазматическое соотношение клеток этой зоны отражает их высокий митотический потенциал [14]. В зоне пролиферации обнаруживаются зрелые хондроциты, расположенные в лакунах и большое количество хрящевого матрикса [16]. Хондроциты зоны гипертрофического хряща достигают крайней степени зрелости, некоторые из них подвергаются дегенеративному процессу. По данным P. R. Garant (2003) для этой зоны характерно увеличение размеров лакун, высокая плотность коллагеновых волокон в хрящевом матриксе и первые признаки обызвествления хряща [15]. Завершение хондрогенеза и начало энхондрального окостенения наблюдаются в эрозивной зоне мышечкового хряща. В результате гибели хондроцитов и разрушения хряща образуются спиккулы, временно подвергающиеся обызвествлению кристаллами гидроксиапатита. Одновременно происходит врастание кровеносных сосудов в разрушающийся хрящ. Совокупность вышеперечисленных процессов, согласно результатам исследований С. M. Meikle (2002), приводит к замещению хрящевой ткани грубоволокнистой костной тканью [23]. Данные изменения наиболее выражены в зоне субхондрального остеогенеза.

Описывая морфофункциональную характеристику мышечкового хряща нижней челюсти крыс, необходимо иметь в виду, что он, как и эпифизарный, образован гиалиновым хрящом. Этот факт позволяет провести сравнительный анализ разных зон мышечкового и эпифизарного хрящей. Основываясь на морфофункциональной классификации В. Г. Ковешникова, (1980), можно предположить, что зона покоя клеток мышечкового хряща представляется аналогом зоны индифферентного хряща, пролиферации клеток – зоны пролиферативного хряща, гипертрофических хондроцитов – зоны дефинитивного хряща, эрозивная – зоны деструкции хряща [2]. Расположенный под ней участок является аналогом зоны остеогенеза эпифизарного хряща. Особенностью мышечкового

хряща является наличие суставной зоны, которая участвует в образовании височно – нижнечелюстного сустава (Рис 4.)

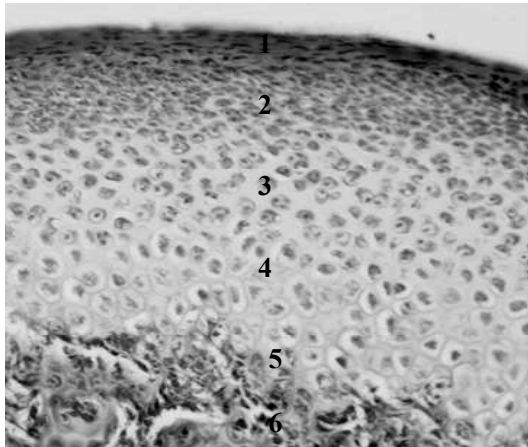


Рис. 4. Участок хряща мыщелкового отростка нижней челюсти крысы: 1 – суставная зона, 2 – зона покоя клеток, 3 – зона пролиферации клеток, 4 – зона гипертрофических хондроцитов, 5 – эрозивная зона, 6 – зона субхондрального остеогенеза. Окраска: гематоксилин – эозин. Увеличение $\times 200$ [8]

По данным А. В. Rabie et al. (2002) регуляция роста мыщелкового хряща осуществляется, в первую очередь, местными факторами роста (инсулиноподобный, трансформирующий, фактор роста фибробластов, костные морфогенетические белки и др.), после чего в процессы регуляции роста и развития включаются гормоны [28].

Особенности строения нижней челюсти крысы тесно связаны с выполняемыми ею функциями. В процессе грызения твердой пищи, ее нижняя челюсть выдвигается вперед и резцы соприкасаются друг с другом, за счет этого моляры не имеют контакта друг с другом. Верхние резцы удерживают объект, а нижние его разрезают, поэтому моляры оказываются не вовлеченными в процесс грызения и не изнашиваются. В процессе жевания животного нижняя челюсть сдвигается назад таким образом, что моляры могут соприкасаться друг с другом, а резцы нет, поэтому в процессе жевания задействованы только моляры. Соединение между половинами нижней челюсти крысы не монолитное, а образовано симфизом, который позволяет половинам изменять положение относительно своей оси, за счет чего становится возможным раздвижение нижних резцов на угол около 40 градусов. В процессе жевания, грызения, а также при укусе животное регулирует степень раздвижения резцов [39, 40].

Таким образом, основываясь на вышеизложенном, нижняя челюсть крыс характеризуется своеобразием морфофункциональной организации, что необходимо учитывать при планировании и проведении научных исследований. На современном этапе развития морфологии, несмотря на наличие большого количества данных, касающихся строения и функции нижней челюсти, исследователи из разных стран

мира продолжают заниматься исследованием этого органа, как при нормальном функционировании организма, так и при действии на него различных экзо-и эндогенных факторов. В дальнейшем, планируется изучить остеометрические параметры нижней челюсти белых беспородных половозрелых крыс – самцов в эксперименте.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гаврилов В. А. Методика моделирования перелома нижней челюсти у лабораторных животных / В. А. Гаврилов, Л. В. Стянина, Д. А. Астраханцев // Украинський морфологічний альманах. – 2006. – № 2. – С. 35–36
2. Ковешников В. Г. Зональное строение эпифизарного хряща / В. Г. Ковешников // Антропогенетика, антропология, спорт. – Винница, 1980. – Т.2. – С.251–252.
3. Міжнародна ветеринарна анатомічна номенклатура / [Хомич В. Т., Левчук В. С., Горальський Л. П. та ін.]; за ред. В. Т. Хомича. – К. «Полісся», 2005. – 388 с.
4. Anastasi G. Mineralization and structure of enamel (a study using scanning electron microscopy and X-ray micro-analysis of the lower incisor of the albino rat / G. Anastasi // Arch. Ital. Anat. Embriol. – 1989. – V. 94, № 2. – P. 97–152.
5. An immunohistochemical study of regional differences in the distribution of type I and type II collagens in rat mandibular condylar cartilage / I. Mizoguchi, I. Takahashi, M. Nakamura [et al.] // Archives of Oral Biology. – 1996. – № 41. – P. 863–869.
6. Applicability of equine hydroxyapatite collagen (eHAC) bone blocks for lateral augmentation of the alveolar crest. A histological and histomorphometric analysis in rats / P. J. Zecha, J. Schortinghuis, J. E. van der Wal [et al.] // Int. J. Oral Maxillofac. Surg. – 2011. – V. 40, № 5. – P. 533–542.
7. Bibb C. A. The relationship of undifferentiated mesenchymal cells to temporomandibular joint articular tissue thickness / C. A. Bibb, A. G. Pullinger, F. Baldiaceda // Journal of Dental Research. – 1992. – № 71. – P. 1816–1821.
8. Changes of condyle cartilage in orchidectomized rats fed with young coconut juice: Novel preliminary findings / M. Yusuh, N. Phochanukoon, N. Radenahmad [et al.] // Songklanakarin J. Sci. Technol. – 2010. – V. 32, № 4. – P. 333–339.
9. Characterization of mandibular bone in a rat model of chronic kidney disease / M. M. Lee, E. Y. Chu, M. M. El-Abadi [et al.] // J. Periodontol. – 2010. – V. 81, № 2 – P. 300–309.
10. Chiasson R. B. Laboratory anatomy of the white rat / Chiasson R. B. – W. C. Brown Co., 1988. – 129 p.
11. Development of the human temporomandibular joint / J. R. Merida-Velasco, J. F. Rodriguez-Vazquez, J. A. Merida-Velasco [et al.] // Anat. Rec. – 1999. – № 255. – P. 20–33.
12. Differentiation of chondrogenic precursor cells during the regeneration of articular cartilage / Y.

- Hiraki, C. Shukunami, K. Iyama [et al.] // Osteoarthr. Cart. – 2001. – № 9 (Suppl A). – P. 102–108.
13. Effects of cyclosporin A on alveolar bone: an experimental study in the rat / E. Fu, Y. D. Hsieh, S. Nieh [et al.] // J. Periodontol. – 1999. – V. 70, № 2. – P. 189–194.
14. Expression of type X collagen in condylar cartilage during mandibular protrusion [in Chinese] / G. Shen, A. B. Rabie, U. Hägg [et al.] // Hägg Hua Xi Kou Qiang. Yi Xue Za Zhi. – 2000. – № 18. – P. 78–84.
15. Garant P. R. Oral cells and tissues / Garant P. R. – Quintessence Publishing (IL), Chicago, 2003. – 430 p.
16. Image analysis of condylar cartilaginous adaptation to mandibular protrusion in rats (in Chinese). / Z. Zhao, A. B. Rabie, U. Hägg [et al.] // Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. – 1999. – № 17. – P. 155–158.
17. Immunohistochemistry of collagen types II and X, and enzyme-histochemistry of alkaline phosphatase in the developing condylar cartilage of the fetal mouse mandible / S. Shibata, K. Fukada, S. Suzuki [et al.] // J. Anat. – 1997. – № 191. – P. 561–570.
18. Kajikawa A. An experimental study on the growth of condylar cartilage, using a new vascularized mandible heterotopic transplant model / A. Kajikawa, S. Hirabayashi, K. Harii // J. Oral. Maxillofac. Surg. – 2003. – № 61. – P. 239–245.
19. Long-term changes in trabecular structure of aged rat alveolar bone after ovariectomy / M. Tanaka, E. Toyooka, S. Kohno [et al.] // Oral Surg. Oral. Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod. – 2003. – V. 95, № 4. – P. 495–502.
20. Kuijpers M. H. Review article. The rat incisor in toxicologic pathology / M. H. Kuijpers, A. J. van de Kooij, P. J. Slootweg // Toxicol Pathol. – 1996. – V. 24, № 3. – P. 346–360.
21. Luder H. U. Cellular stages in cartilage formation as revealed by morphometry, radioautography and type II collagen immunostaining of the mandibular condyle from weanling rats / H. U. Luder, C. P. Leblond, K. von der Mark // The American Journal of Anatomy. – 1988. – № 182. – P. 197–214.
22. Luder H. U. Perichondrial and endochondral components of mandibular condylar growth: morphometric and autoradiographic quantitation in rats / H. U. Luder // J. Anat. – 1994. – № 185. – P. 587–598.
23. Meikle C. M. Craniofacial development, growth and evolution / Meikle C. M. – Bateson Publishing, Norfolk, 2002. – 384 p.
24. Ohshima H. The relationship between odontoblasts and pulp capillaries in the process of enamel and cement-related dentin formation in rats incisor / H. Ohshima, S. Yoshida // Cell Tissue Res. – 1992. – № 268. – P. 51–63.
25. Oz H. S. Animal Models for Periodontal Disease / H. S. Oz, D. A. Puleo // J. Biomed. Biotechnol. – 2011. – № 1. – P. 1–8.
26. Primary and secondary cartilages of the neonatal rat: the femoral head and the mandibular condyle / M. Delatte, J. W. Von den Hoff, R. E. van Rheden [et al.] // Eur. J. Oral. Sci. – 2004. – № 112. – P. 156–162.
27. Rabie A. B. Functional appliance therapy accelerates and enhances condylar growth / A. B. Rabie, T. T. She, U. Hägg // Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. – 2003. – № 123. – P. 40–48.
28. Rabie A. B. Factors regulating mandibular condylar growth / A. B. Rabie, U. Hägg // Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. – 2002. – № 122. – P. 401–409.
29. Roberts W. E. Bone development and function: genetic and environmental mechanism / W. E. Roberts, J. K. Jr. Hartsfield // Semin. Orthod. – 2004. – № 10. – P. 100–122.
30. Sakamoto Y. Morphological influence of ascorbic acid deficiency on endochondral ossification in osteogenic disorder Shionogi rat / Y. Sakamoto, Y. Takano // Anat. Rec. – 2002. – № 268. – P. 93–104.
31. Topographic peculiarities of bone tissue structure in the mandibular incisors region / S. V. Dmitrienko, A. I. Kraiushkin, D. S. Dmitrienko [et al.] // Stomatologia (Mosk). – 2007. – V. 86, № 6. – P. 10–12.
32. Structure, chemical composition and mechanical properties of human and rat cementum and its interface with root dentin / S. P. Ho, B. Yu, W. Yun [et al.] // Acta Biomater. – 2009. – V. 5, № 2. – P. 707–717.
33. The canalicular structure of compact bone in the rat at different ages / S. Okada, S. Yoshida, S. H. Ashrafi [et al.] // Microsc. Microanal. – 2002. – V. 8, № 2. – P. 104–115.
34. The Effect of Cyclosporin A on Alveolar Bone in Rats Subjected to Experimental Periodontal Disease / B. O. Cetinkaya, G. Acikcoz, G. C. Keles [et al.] // Toxicol. Pathol. – 2006. – № 34. – P. 716–722.
35. The effect of fluoride on enamel and dentin formation in the uremic rats incisor / D. A. Lua-ruu, A. L. Bronckers, F. Santos [et al.] // Pediatr. Nephrol. – 2008. – № 23. – P. 1973–1979.
36. The influence of thyroid hormones on periodontitis-related bone loss and tooth-supporting alveolar bone: a histological study in rats / D. S. Feitosa, M. R. Marques, M. Z. Casati [et al.] // J. Periodontal Res. – 2009. – V. 44, № 4. – P. 472–478.
37. The fibrillar structure of cementum and dentin at the cemento-dentinal junction in rat molars / T. Yamamoto, T. Domon, S. Takahashi [et al.] // Ann. Anat. – 2000. – V. 182, № 6. – P. 499–503.
38. Walker W. F. Anatomy and dissection of the rat / Walker W. F., Homberger D. G. – W. H. Freeman & Co Ltd, 1997. – 122 p.
39. Weijs W. A. Electromyography and mechanics of mastication in the albino rat / W. A. Weijs, R. Dantuma // J. of Morphol. – 1975. – V. 146, № 1. – P. 1–33.
40. Weijs W. A. Mandibular movements of the albino rat during feeding / W. A. Weijs // J. of Morphol. – 1975. – V. 145, № 1. – P. 107–124.

Надійшла 14.09.2011 р.

Рецензент: проф. В.Г.Ковешніков