

# ВЛИЯНИЕ ОРТОДОНТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ НА СОСТОЯНИЕ ВНЧС ПРИ ЛЕЧЕНИИ САГИТТАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ПРИКУСА

**Ключевые слова:** мышцы, ВНЧС, функциональное лечение.

Изменения, происходящие в ВНЧС, мышечном комплексе и окклюзионных контактах под влиянием функциональных методов лечения, давно интересуют исследователей и широко обсуждаются в научной литературе. Поскольку действие функциональных аппаратов направлено на усиление роста челюсти, которая развита недостаточно, главным является вопрос, есть ли такие методы лечения эффективными, то есть на самом деле они так регулируют рост челюстей, как нужно в конкретной клинической ситуации. Кроме того, важным является вопрос, не вызывает ли применение таких методов нежелательных эффектов. В последнее время большое внимание уделяется изучению несъемных функциональных аппаратов в связи с их интенсивным развитием: на рынке ортодонтической продукции появились такие модифицированные варианты аппарата Гербста, как Twin Force Bite Corrector, Forsus. Они достаточно хорошо адаптированы к потребностям пациента и получили довольно широкое распространение. Однако в доступной литературе имеются и современные исследования, изучающие влияние съемных функциональных аппаратов для лечения сагиттальных аномалий на челюстно-лицевые структуры, а именно аппарат Френкеля, бионаторы, активаторы, твин-блоки.

В серии исследований А. Gupta и соавторов исследовали влияние протракции нижней челюсти на распределение нагрузки в ВНЧС в трехмерной модели, созданной на базе магнитно-резонансных томограмм двенадцатилетнего мальчика [1, 2]. Модель симулировала сагиттальное перемещение нижней челюсти на 5 мм и открытие прикуса на 2, 4 и 6 мм.

Авторы определили, что нагрузка, а именно растяжение тканей, было локализовано на дистально-верхней поверхности суставной головки, а компрессия тканей происходила на передней и передне-верхней ее поверхности. Кроме того, растяжение тканей было найдено в дистальной области суставной ямки у прикрепления связок сустава. При увеличении высоты конструктивного прикуса нагрузка в ВНЧС увеличивалась при аналогичной локализации. Авторы отмечают, что выявленное распределение нагрузки в ВНЧС при протракции нижней челюсти и открытии прикуса мо-

жет объяснить рост мышечка, что происходит в дистально-переднем направлении. Распределение нагрузки в суставной ямке также коррелирует с повышенной активностью клеток в ее дистальной области. По мнению исследователей, повышение высоты прикуса может повысить эффективность функциональных аппаратов.

S. Baltromejus и соавторы сравнивали так называемый эффективный рост ВНЧС и положение подбородка при лечении активатором и аппаратом Гербста [3]. Эффективный рост ВНЧС — это сумма ремоделирования мышечка, ремоделирования суставной ямки и изменений положения мышечка в пределах ямки. Авторы отмечают, что ремоделирование сустава в этих двух группах пациентов происходило в совершенно разном направлении: вертикальные и несколько передние изменения в группе с активатором и изменения преимущественно в заднем направлении в группе с аппаратом Гербста. Изменения положения подбородка в группе с аппаратом Гербста были достоверно более выраженными. В группе с активатором наблюдалась передняя ротация нижней челюсти, в группе с аппаратом Гербста — небольшая задняя ротация. Авторы отмечают, что позитивные изменения наблюдались в обеих группах, однако с аппаратом Гербста они были достигнуты значительно быстрее с лучшим сагиттальным эффектом.

S. Ruf и H. Pancherz при применении аппарата Гербста наблюдали существенную перестройку как мышечка, так и суставной ямки [4]. Авторы наблюдали признаки перестройки мышечка и ямки на магнитно-резонансных изображениях через 6–12 недель после начала лечения, при этом перестройка мышечка происходила раньше перестройки ямки.

C. Serbesis-Tsarudis и H. Pancherz также исследовали эффективный рост ВНЧС и изменения положения подбородка при применении аппарата Гербста и сравнивали его с таковым при применении межчелюстных тяг по II классу при лечении брекет-системой [5]. Авторы вообще не обнаружили никакого ортопедического эффекта при применении межчелюстных эластиков, в то время как с помощью аппарата Гербста необходимые изменения происходили в короткое время. Однако применение эла-

стик по II классу, вероятно, может влиять на структуры ВНЧС.

N. Wadhawan и соавторы отмечают, что после применения твин-блока или бионатора при лечении II класса, 1 подкласса и завершения лечения на несъемной технике наблюдалось смещение вперед комплекса мышечка и суставной ямки [7]. Что же касается соотношения структур сустава, после начала лечения наблюдалось переднее смещение мышечка и ретрузия диска.

Явление адаптации структур ВНЧС после проведенной функциональной терапии наблюдали G. Kinzinger и соавторы после проведенной функциональной терапии с помощью аппарата FMA (Functional Mandibular Advancer) [8]. Это же явление при применении различных типов функциональных аппаратов наблюдали и J. Sobo и соавторы [9]. G. Kinzinger и соавторы также исследовали влияние несъемных функциональных аппаратов на соотношение структур ВНЧС и наблюдали то же [10, 11]. S. Ruf и H. Pancherz при применении аппарата Гербста также отмечали физиологическое соотношение структур ВНЧС в конце лечения, несмотря на выраженный эффективный рост ВНЧС [12]. То же отмечают и K. Porowicz с соавторами, которые провели систематический обзор литературы по вопросам влияния аппарата Гербста на ВНЧС [13]. K. Hansen и соавторы наблюдали пациентов, которые лечились аппаратом Гербста, в возрасте 7,5 лет по завершении лечения и не выявили каких-либо негативных побочных эффектов этого аппарата на ВНЧС [14].

Однако, например, ZM Arat и соавторы наблюдали переднее смещение мышечка после лечения II класса, 1 подкласса активатором Андресена [15]. S. Arici и соавторы вообще наблюдали более дистальное положение мышечка после лечения аппаратом Forsus [16].

A. A. Gianelly и соавторы оценивали положение мышечка у пациентов с II классом, которые лечились с удалением первых премоляров на несъемной технике, но не обнаружили изменений соотношения мышечка и суставных ямок [18]. Авторы не нашли корреляции положения мышечка с видом ортодонтического лечения, глубиной прикуса, между резцовым углом и инклинацией верхних резцов.

Y. Azumi и соавторы при использовании distraction для удлинения тела нижней

челюсти и/или расширения ее переднего отдела в тяжелых скелетных случаях класса II наблюдали смещение мышцелка в суставных ямках вверх и назад; в 20% случаев наблюдалась резорбция мышцелка [19].

#### Влияние на мышечный комплекс

В доступной литературе имеется довольно значительное количество публикаций, касающихся функционирования мышц головы и шеи при применении функциональных методов лечения сагиттальных аномалий.

TD Freeland исследовал активность мимической и жевательной мускулатуры у пациентов с сагиттальными аномалиями при лечении функциональным регулятором Френкеля [20]. Автор отмечает, что у пациентов с II классом, которые лечились указанным аппаратом, активность мышц супрагидной группы и верхней губы была достоверно ниже, чем у пациентов контрольной группы с I классом окклюзии. У пациентов с III классом после лечения активность жевательных и мимических мышц была выше по сравнению с контрольной группой.

R. Miralles и соавторы отмечают, что при использовании активатора электромиографическая активность жевательной и височной мышц у пациентов с II классом была достоверно выше, чем без его применения [21]. Интересно, что этот эффект с возрастом был менее выраженным, на базе чего авторы рекомендовали начинать лечение активатором в раннем возрасте.

C. Yamin-Lacouture и соавторы исследовали электромиографическую активность жевательной, двубрюшной, верхней и нижней головок латеральной крыловидной мышц в эксперименте на приматах с хронически вживленными электродами [22]. Основой эксперимента была гипотеза, что при применении функционального аппарата повышается активность верхней и нижней головок латеральной крыловидной мышцы, что, в свою очередь, стимулирует рост мышцелка. Авторы применяли аппарат Гербста, регулятор Френкеля и твин-блок Кларка. Выяснилось, что как в ближайший, так и в отдаленные сроки применения этих аппаратов в эксперименте приводило к снижению активности всех указанных мышц в покое и при глотании, хотя у всех животных происходили существенные скелетные изменения. Таким образом, гипотеза латеральной крыловидной мышцы не получила подтверждения.

J. Ahlgren отмечает, что при использовании активатора днем наблюдалось повышение активности мышц-протракторов и угнетение ретракторов, однако ночью никаких изменений в их активности не наблюдалось и имело место лишь пассивное растяжение тканей [23].

C. Carels и D. van Steenberghe при исследовании электромиографической активности жевательной мышцы у детей при лечении II класса, 1 подкласса бионатором выявили специфические паттерны активности мышцы, что было характерным для

клинически успешного лечения [24]. Авторы считали, что дальнейшие исследования в этом направлении могут быть полезными для развития функциональной терапии. Однако надо отметить, что после указанного исследования в 1986 году аналогичных работ нами найдено не было.

Интересная серия исследований состояния мышц была проведена немецкими учеными, при этом показателем состояния мускулатуры служила экспрессия тяжелых цепочек миозина и миостатина, которая оценивалась по содержанию соответствующих матричных РНК. Безусловная новизна такого подхода состоит в том, что проводится непосредственная оценка состояния мышц по экспрессии сократительного белка, в то время как на электромиографические показатели могут влиять посторонние факторы. Однако надо учитывать, что метод требует биопсии мышечной ткани.

T. Gedrange и соавторы изучали экспрессию мРНК и белка тяжелых цепочек миозина в жевательной мышце пациентов с дистальной и мезиальной окклюзией [25]. По их данным, у пациентов с дистальной окклюзией передняя часть жевательной мышцы содержала больше мРНК указанного протеина по сравнению с пациентами с мезиальной окклюзией. Авторы считают, что разница в экспрессии мРНК сократительного белка может быть вызвана повышенной нагрузкой мышцы из-за неблагоприятного вектора сокращения. Разницы в распределении миозина в мышце при этом выявлено не было.

В дальнейшем была проведена серия исследований состояния мышц до и после ортогнатического хирургического лечения скелетных сагиттальных аномалий прикуса. N. Maricic и соавторы изучали адаптацию жевательной мышцы после ортогнатических операций с целью определения вероятности рецидива вследствие дезадаптации мышц [26]. Авторы определили, что возвращение экспрессии мРНК тяжелых цепей миозина и миостатина происходило к шестому месяцу после ортогнатического вмешательства как в случаях дистального, так и мезиального соотношения челюстей. K. Oukhai и соавторы изучали диагностическую и прогностическую эффективность определения содержания эмбриональных модификаций миозина в жевательной мышце, и отмечают, что эти белки могут играть определенную роль в адаптации мышц [27]. W. Harzer и соавторы отмечают, что после ортогнатических операций происходило смещение относительного содержания миозина I типа (46% к, 37% после) в сторону миозина IIa типа (29% к, 42% после) в жевательной мышце, при этом это смещение коррелирует с увеличением количества зубов, которые находились в окклюзии [28]. Авторы отмечают, что корреляция между сдвигом содержания изоформ миозина и увеличением числа окклюзионных контактов указывает на увеличение силы жевательной мышцы, стабилизирует результат лечения.

T. Gedrange и соавторы отмечают, что восстановление уровня мРНК тяжелых цепей миозина в жевательной мышце после ортогнатических операций происходило быстрее у пациентов с дистальной окклюзией по сравнению с мезиальной [29]. Авторы отмечают, что пациенты должны тренировать жевательные и мимические мышцы в послеоперационном периоде, что улучшит стабильность полученных результатов и предотвратит рецидив. Что касается самого метода диагностики для оценки количества мРНК в жевательной мышце необходимо лишь 35 мг мышечной ткани.

Надо отметить, что эти результаты интересны и в мире применения несъемных функциональных аппаратов, где «скачок прикуса» довольно быстрый и также требует адаптации мышечного комплекса.

S. Niyaма и соавторы отмечают, что, несмотря на очевидное улучшение функции мышц после ортодонтического лечения, нужно уточнить причинно-следственные связи между показателями электромиографии и приобретенными окклюзионными контактами [30].

A. Erdem и соавторы исследовали изменения профиля мягких тканей и электромиографической активности при лечении класса II, подкласса 1 с помощью активатора [31]. По данным авторов, лечение сопровождалось улучшением профиля мягких тканей и ростом электромиографической активности жевательной, височной мышц и круговой мышцы рта.

По данным S. Kiliaridis и соавторов, после лечения детей с II дистальным и скелетным классом с помощью твин-блоков наблюдалась умеренная атрофия жевательной мышцы [32]. Исходное состояние мышц может быть ассоциировано с проклинацией нижних резцов, положением первых верхних моляров и точки А. Дети, у которых до начала лечения жевательная мышца был тоньше, демонстрировали более значительную проклинацию нижних резцов, дистализацию верхних моляров и перемещение точки А назад.

S. Sood и соавторы при применении аппарата Forsus обнаружили, что через месяц после его установки наблюдалось существенное снижение активности височной и жевательной мышцы, в дальнейшем же происходило ее постепенное восстановление [33]. Электромиографические показатели возвращались к исходному уровню через 6 месяцев после начала лечения. Еще в одном исследовании похожего дизайна S. Sood и соавторы получили аналогичные результаты [34].

Надо отметить, что данные различных исследований, которые касаются вопросов функционирования мышечного комплекса при применении функциональных методов лечения, в целом хорошо согласуются между собой. В некоторых исследованиях авторы отмечают улучшение функции мышц в результате лечения, в других — адаптацию мышечного комплекса к новому положению нижней челюсти и измененных окклюзионных контактов. В целом пред-

ставленные исследования отражают достаточно эффективные функциональные методы лечения патологии II класса.

Касательно аномалий окклюзии III класса, информации о применении функциональных методов лечения в доступной литературе крайне мало. Преимущественно исследования, изучающие состояние мышц при патологии III класса, касающихся профилактики рецидивов после ортогнатическом хирургического лечения.

D.R. de Souza и соавторы исследовали электрическую активность круговой мышцы рта и подбородочной мышцы у пациентов с окклюзией за II классом, 1 подклассом, в которых проводилось лечение с удалением первых премоляров. Авторы выявили, что, несмотря на достоверные изменения периметра зубных дуг, не происходило достоверных изменений в электрической активности указанных мышц в покое и при глотании [35]. Однако показатели в группе пациентов с указанной патологией до лечения достоверно отличались от таковых в группе контроля с I классом окклюзии. По мнению авторов, отсутствие адаптации мышечного аппарата к изменениям в положении зубов вследствие лечения может влиять на стабильность его результатов и способствовать возникновению рецидивов. Это исследование было единственным, что было найдено нами при проведении поиска по системам Pubmed, Cochrane Database Google Scholar и касалось собственно активности мышц при лечении на несъемной технике.

#### **Влияние на окклюзионные контакты**

Надо отметить, что в доступной литературе вопрос окклюзионных изменений после ортодонтического лечения сагиттальных аномалий обсуждается скорее в контексте сравнения разных его методов, долговременной стабильности лечения.

Собственное достижение желаемых зубоальвеолярных изменений, то есть нормализации соотношения моляров и клыков, нормализации перекрытия по сагитали и вертикали, почти не обсуждается. Подавляющее количество исследований, доступных для осмотра, изучают влияние функциональных методов лечения сагиттальных аномалий и склонность результатов к рецидиву.

C. Mauck и J. Trankmann исследовали эффективность раннего ортодонтического лечения различных видов аномалий прикуса. Средний возраст пациентов в выборке составлял 4,4 года, а возраст тех же пациентов при повторной оценке — 15,4 года [36]. Авторы отмечают, что у всех пациентов, которым было проведено удачное лечение в молочном прикусе, не наблюдалось рецидива и формирование постоянного прикуса проходило правильно. По мнению авторов, становление I класса окклюзии в молочном прикусе является залогом правильного челюстно-лицевого роста. Этот факт важно учитывать, ведь сагиттальные аномалии чаще всего не склонны к саморегуляции с возрастом. Так, по

данным T. Vaccetti и соавторов, признаки II класса окклюзии сохраняются в течение сменного прикуса и могут усиливаться при формировании постоянного из-за неблагоприятного челюстно-лицевого роста [37].

Несмотря на очевидное положительное влияние ортодонтического лечения на соотношение зубов, после его завершения не всегда формируется корректная функциональная окклюзия. Так, Y. Deng и МК Fu исследовали изменения окклюзионных контактов в положении интеркуспидации до и после ортодонтического лечения сагиттальных аномалий [38,39]. После ортодонтического лечения среднее количество контактов на передних зубах уменьшилась, как и средняя плоскость контакта. Авторы наблюдали увеличение числа контактов в боковых отделах. В целом, по мнению исследователей, ортодонтическое лечение положительно повлияло на распределение жевательной нагрузки у пациентов с исследуемой выборке. Однако J. Cohen-Levy и N. Cohen исследовали распределение функциональных контактов после лечения на лингвальной брекет-системе и отмечают, что даже при достижении цели лечения по set-up окклюзионные силы могут быть распределены неравномерно, при этом сохраняется асимметрия и потенциальная опасность рецидива через функциональный дисбаланс [40]. JR Clark и RD Evans докладывают, что после ортодонтического лечения на несъемной технике у большинства пациентов наблюдались балансирующие контакты на одной из сторон [41].

Довольно значительное количество исследований посвящены собственно сравнению различных методов лечения сагиттальных аномалий, преимущественно II класса. B. Nelson и соавторы сравнивали скелетные и зубоальвеолярные эффекты двух методов лечения II класса: техники Бегга с использованием межчелюстных эластиков и аппарата Гербста [42]. Согласно полученным ими результатам, эффект использования аппарата Хербста был на 51% скелетным, в то время как в группе с использованием техники Бегга скелетный состав составил лишь 4%. Среди зубоальвеолярных изменений, которые преобладали в этой группе, были выражены вертикальные изменения, а именно увеличение высоты нижней трети лица и угла NSL/ML.

G. Kinzinger и соавторы сравнивали эффекты лечения II класса с помощью несъемных функциональных аппаратов, камуфляжа с удалением первых премоляров верхней челюсти и ортохирургического лечения [43]. Относительно дентоальвеолярных эффектов, положение резцов существенно отличалось в трех исследуемых группах. В группе с ортохирургическим лечением резцы сохраняли правильное положение. В группе функционального ортопедического лечения наблюдалась ретрузия верхних резцов и проклинация нижних. В группе с лечением с экстракцией наблюдалась ретрузия как нижних, так и верхних резцов с увеличением при этом назолабиального

угла. Авторы отмечают, что этот факт важно учитывать при планировании лечения.

При проведении систематического обзора литературы JE Harrison и соавторы не нашли статистически достоверных различий в сагиттальном перекрытии после лечения с помощью функциональных аппаратов и раннего лечения с головной тягой [44]. Тип функционального аппарата, который применялся для коррекции II класса, также не влиял на полученное сагиттальное перекрытие.

SD Keeling и соавторы отмечают, что, по данным их исследования, как применение бионатора, так и головной тяги при лечении патологии II класса в среднем возрасте 9,6 лет вызывало коррекцию соотношения моляров, уменьшение сагиттальной щели, нейтрализовало несоответствие апикального базиса и вызвало дистализацию зубов [45].

RR de Almeida-Pedrin и соавторы не нашли достоверных различий между положением зубов после лечения аномалий II класса с помощью аппарата pendulum, шейной тяги и лечения с экстракцией двух премоляров верхней челюсти [46]. Однако, авторы отмечают, что эффект лечения достигался быстрее в группе по протоколу экстракции

JR Wortham и соавторы сравнивали дентоальвеолярные эффекты применения двухфазного (бионатор и несъемная техника) и однофазного (несъемная техника) лечения аномалий II класса [47]. Авторы отмечают, что после окончания лечения не наблюдалось различий между группами.

N. Bock и S. Ruf изучали стабильность окклюзионных контактов после лечения подростков и взрослых с II классом окклюзии с помощью аппарата Гербста [48]. Авторы отмечают, что стабильность соотношения моляров, клыков и вертикального перекрытия была следующей: в раннем подростковом возрасте 95,0%, 100,0% и 70,0% соответственно; в позднем подростковом возрасте 92,9%, 74,1%, 85,7%; во взрослом возрасте 61,5%, 80,8%, 69,2%. Таким образом, результаты лечения оставались относительно стабильными в течение в среднем 27 месяцев с момента снятия аппарата. Наиболее стабильными результаты лечения были в группе подростков.

Исследуя долговременную стабильность результатов лечения активатором и головной тягой у пациентов с II классом, M. Lerstol и соавторы отмечают, что все пациенты с исследуемой выборки средним возрастом 11,9 лет достигли I класса по Энглу и достоверного уменьшения глубины прикуса и сагиттальной щели [49]. Междурезцовый угол увеличился за счет достоверной ретроклинации верхних и нижних резцов. Авторы не наблюдали существенного рецидива после 12–15 лет ретенции (средний возраст 28,6 лет).

Некоторые авторы считают, что, кроме выбранного метода лечения, существуют определенные предпосылки для долговременной стабильности результатов. E. Kondo отмечает, что достижения стабильного ре-

зультата лечения случаев II класса, 2 под-класса возможно при условии определенных характеристик зубочелюстной системы в конце лечения [50]. Оси моляров должны быть перпендикулярны окклюзионной плоскости; ось нижнего резца почти перпендикулярна плоскости нижней челюсти; гиперкоррекция окклюзии в переднем отделе зубного ряда практически до контакта режущих краев резцов. В течение ретенционного периода автор наблюдал вестибулярный наклон передних резцов, при этом приобреталось правильное вертикальное перекрытие и корректные про- и ретрузивные пути для ведения нижней челюсти.

Кроме установления новых окклюзионных контактов в течение периода активного лечения, открытым остается вопрос окончательных перемещений зубов в ретенционном периоде. Y. Razdolsky и соавторы отмечают, что окончательное установление окклюзионных контактов продолжалось в течение первых трех месяцев ретенционного периода [51]. В первую очередь это касается установления окклюзии в вестибулярно-оральном направлении. Примерно такие же данные приводят и DS Durbin и C. Sadowsky: по их данным, в смешанной выборке пациентов с сагиттальными аномалиями

число контактов увеличивалось на 14% в течение первых трех месяцев ретенции [52].

В целом надо отметить, что дентоальвеолярные изменения, очевидно, не являются тем вопросом, что интересует исследователей в первую очередь при изучении эффектов лечения сагиттальных аномалий. Достижения нужного соотношения в конце лечения с современными методами ортодонтии не является проблемой, и большинство исследований посвящены поиску оптимальных решений в мире долговременной стабильности функциональных результатов лечения.

#### Резюме

*В статье отражены результаты исследований влияния различной аппаратуры на состояние ВНЧС.*

#### Summary

*The article display the results of research on the impact of various appliances to the condition of TMJ.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Gupta A, Kohli VS, Hazarey PV, Kharbanda OP, Gunjal A. Stress distribution in the temporomandibular joint after mandibular protraction: a 3-dimensional finite element method study. Part 1. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009 Jun;135(6):737-48.
- Gupta A, Hazarey PV, Kharbanda OP, Kohli VS, Gunjal A. Stress distribution in the temporomandibular joint after mandibular protraction: a 3-dimensional finite element study. Part 2. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009 Jun;135(6):749-56.
- Baltromejus S, Ruf S, Pancherz H. Effective temporomandibular joint growth and chin position changes: Activator versus Herbst treatment. A cephalometric roentgenographic study. Eur J Orthod. 2002 Dec;24(6):627-37.
- Ruf S, Pancherz H. Temporomandibular joint growth adaptation in Herbst treatment: a prospective magnetic resonance imaging and cephalometric roentgenographic study. Eur J Orthod. 1998 Aug;20(4):375-88.
- Serbis-Tsarudis C, Pancherz H. «Effective» TMJ and chin position changes in Class II treatment. Angle Orthod. 2008 Sep;78(5):813-8.
- Katsavrias EG, Voudouris JC. The treatment effect of mandibular protrusive appliances on the glenoid fossa for Class II correction. Angle Orthod. 2004 Feb;74(1):79-85.
- Wadhawan N, Kumar S, Kharbanda OP, Duggal R, Sharma R. Temporomandibular joint adaptations following two-phase therapy: an MRI study. Orthod Craniofac Res. 2008 Nov;11(4):235-50.
- Kinzinger G, Gülden N, Roth A, Diedrich P. Disc-condyle Relationships during Class II Treatment with the Functional Mandibular Advancer (FMA). J Orofac Orthop. 2006 Sep;67(5):356-75.
- Cobo J, Argüelles J, Vijand M, Costales M, Fernández Y. Transcranial oblique lateral radiography to verify the position of the mandibular condyles with the use of functional appliances. Eur J Orthod. 1993 Oct;15(5):387-91.
- Kinzinger GS, Roth A, Gülden N, Bücken A, Diedrich PR. Effects of orthodontic treatment with fixed functional orthopaedic appliances on the condyle-fossa relationship in the temporomandibular joint: a magnetic resonance imaging study (Part I). Dentomaxillofac Radiol. 2006 Sep;35(5):339-46.
- Kinzinger GS, Roth A, Gülden N, Bücken A, Diedrich PR. Effects of orthodontic treatment with fixed functional orthopaedic appliances on the disc-condyle relationship in the temporomandibular joint: a magnetic resonance imaging study (Part II). Dentomaxillofac Radiol. 2006 Sep;35(5):347-56.
- Ruf S, Pancherz H. Temporomandibular joint remodeling in adolescents and young adults during Herbst treatment: A prospective longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999 Jun;115(6):607-18.
- Popowich K, Nebbe B, Major PW. Effect of Herbst treatment on temporomandibular joint morphology: a systematic literature review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003 Apr;123(4):388-94.
- Hansen K, Pancherz H, Petersson A. Long-term effects of the Herbst appliance on the craniomandibular system with special reference to the TMJ. Eur J Orthod. 1990 Aug;12(3):244-53.
- Arat ZM, Gökalp H, Erdem D, Erden I. Changes in the TMJ disc-condyle-fossa relationship following functional treatment of skeletal Class II Division 1 malocclusion: a magnetic resonance imaging study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001 Mar;119(3):316-9.
- Arici S, Akan H, Yakubov K, Arici N. Effects of fixed functional appliance treatment on the temporomandibular joint. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008 Jun;133(6):809-14.
- Carlton KL, Nanda RS. Prospective study of posttreatment changes in the temporomandibular joint. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002 Nov;122(5):486-90.
- Коренев А.Г., Никитина Н.С., Райская М.В. Эпидемиологическая характеристика зубочелюстных аномалий у детей и подростков в возрасте от 3 до 18 лет, проживающих в крупном городе или сельской местности // Стоматол. журн. — 2005. — № 1. — С. 9-11.
- Azumi Y, Sugawara J, Takahashi I, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Positional and morphologic changes of the mandibular condyle after mandibular distraction osteogenesis in skeletal class II patients. World J Orthod. 2004 Spring;5(1):32-9.
- Freeland TD. Muscle function during treatment with the functional regulator. Angle Orthod. 1979 Oct;49(4):247-58.
- Miralles R, Berger B, Bull R, Manns A, Carvajal R. Influence of the activator on electromyographic activity of mandibular elevator muscles. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988 Aug;94(2):97-103.
- Yamin-Lacouture C, Woodside DG, Sectakof PA, Sessle BJ. The action of three types of functional appliances on the activity of the masticatory muscles. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997 Nov;112(5):560-72.
- Ahlgren J. Early and late electromyographic response to treatment with activators. Am J Orthod. 1978 Jul;74(1):88-93.
- Carels C, van Steenberghe D. Changes in neuromuscular reflexes in the masseter muscles during functional jaw orthopedic treatment in children. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1986 Nov;90(5):410-9.

*Полный список литературы находится в редакции*