

Aus der kieferorthopädischen Praxis Prof. Dr. A. Bumann, Berlin

DISSERTATION

ADAPTATION JUGENDLICHER KIEFERGELENKE BEI BEHANDLUNG DES
DISTALBISSSES MIT DEM HERBSTSCHARNIER

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Cornelia Haass
aus München

Gutachter:

1. Prof. Dr. A. Bumann
2. Prof. Dr. Dr. B. Hoffmeister
3. Prof. Dr. K. Dannhauer

Datum der Promotion: 07.12.2007

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Der Distalbiss	3
1.2	Quantitative Analysen von Kiefergelenkaufnahmen	11
2	Fragestellung	13
3	Material und Methode	15
3.1	Methodenfehler	16
3.2	Statistische Methoden	18
3.3	Röntgenologische Untersuchung	18
3.4	Kephalometrische Analyse	19
3.4.1	Definition der Referenzpunkte	20
3.4.2	Definition der Referenzlinien und Variablen	21
3.5	Magnetresonanztomographische Untersuchung	22
3.6	Visuelle MRT-Analyse	24
3.7	Metrische MRT-Analyse I	25
3.7.1	Definition der Referenzpunkte	25
3.7.2	Definition der Referenzlinien und Variablen	27
3.7.3	MRT-Box	32
3.8	Metrische MRT-Analyse II	33
3.8.1	Definition der Referenzpunkte	33
3.8.2	Definition der Referenzlinien und der Variablen	34
4	Ergebnisse	37
4.1	Methodenfehler	37
4.1.1	Kephalometrische Analyse	37
4.1.2	MRT-Analyse I	38

4.1.3	MRT-Analyse II	40
4.2	Darstellung der statistischen Ergebnisse	40
4.3	Ergebnisse der kephalometrischen Analyse	41
4.3.1	Skelettale Veränderungen	41
4.3.2	Dentale Veränderungen	42
4.3.3	Skelettale und dentale Veränderungen	42
4.4	Ergebnisse der MRT-Analysen	44
4.4.1	Visuelle Beurteilung der MRTs	44
4.4.2	Auswertung der MRT-Analyse I	45
4.4.3	Auswertung der MRT-Analyse II	61
5	Diskussion	67
5.1	Methodenfehler	67
5.1.1	Kephalometrische Analyse	67
5.1.2	MRT-Analyse I	68
5.1.3	MRT-Analyse II	69
5.2	Radiologische Untersuchung	69
5.3	Auswertung der kephalometrischen Analyse	70
5.4	Erstellung der Magnetresonanztomogramme	74
5.5	Auswertung der MRT-Analysen	75
5.5.1	Visuelle Methode und Patienteneinteilung	75
5.5.2	Kritische Bewertung der Analyse I	76
5.5.3	Kritische Bewertung der Analyse II	82
6	Schlussfolgerung	85
7	Zusammenfassung	87
	Literaturverzeichnis	91

1 Einleitung

Der Distalbiss ist eine Okklusionsanomalie mit Rücklage des Unterkiefers in Relation zum Oberkiefer. Die Dysgnathie stellt eine der häufigsten Fehlstellungen in Europa dar und kann verschiedene Ursachen und Ausprägungsformen haben (Diedrich(2000)). Zum Standardspektrum einer skelettalen Distalbissbehandlung gehört international der Einsatz des Herbstscharniers. Von Emil Herbst erstmals als „Retentionsscharnier“ (oder auch „Okklusionsscharnier“) auf dem 5. Internationalen Zahnärztlichen Kongress (1909) in Berlin vorgestellt, wurde es in den darauf folgenden Jahren im Rahmen von Patientenstudien weiter von ihm untersucht (Herbst(1934); Herbst(1936)). Nach Einführung der Funktionskieferorthopädie in den 40er Jahren wurde die Apparatur kritisch beurteilt und geriet im Laufe der Zeit in Vergessenheit (Pancherz(2003)). In den 70er Jahren erlebte das Scharnier seine Renaissance durch Pancherz (1979). Heute findet es weit verbreiteten klinischen Einsatz.

Im weitesten Sinne zählt das Herbstscharnier zu den funktionskieferorthopädischen Geräten. Beispiele für die klassischen Apparaturen der Funktionskieferorthopädie zur Behandlung eines Distalbisses sind der Bionator, der Aktivator und der Funktionsregler nach Fränkel. Nach dem Prinzip der Funktionskieferorthopädie, welche auf Andresen, Häupl und Petric (Andresen et al.(1956)Andresen, Häupl und Petric) zurückgeht, wirken diese Apparaturen ohne aktive mechanische Kräfte. Stattdessen werden kaufunktionell wirkende Kräfte zur Bewegung der Zähne (dentale Wirkung) und zur Umformung der Kiefer und Kiefergelenke (skelettale Wirkung) ausgenutzt (Wielander(1990)). Im Gegensatz zu den beschriebenen funktionellen Geräten ist das Herbstscharnier eine festsitzende Apparatur. Es bringt den Unterkiefer bei Eingliederung sprunghaft aus seiner Distallage in eine anteriore, therapeutische Position (in den Neutralbiss oder überkorrigierten Neutralbiss) und hält ihn permanent in dieser protrusiven Stellung. Nach Shen, Hägg und Darendeliler (Shen et al.(2005)Shen, Hägg und Darendeliler) liegen die Unterschiede bei der Therapie mit herausnehmbaren und festsitzenden funktionellen Apparaturen bei der effektiven Wirkungszeit, der Dauer der Behandlung, dem optimalen Behandlungszeitpunkt sowie der Art der Vorverlagerung, was sich in unterschiedlichen Effekten auf das skelettale Unterkieferwachstum und das Kiefergelenk auswirkt.

Ziel der Behandlung mit dem Herbstscharnier ist es, eine Korrektur des Distalbisses sowie die Harmonisierung des Gesichtsprofils zu erreichen. Zur Bewertung der Behandlungsergebnisse stehen mehrere bildgebende Methoden zur Verfügung, wie Fernröntgenseitenbilder, Computertomogramme und Magnetresonanztomogramme. Mittels Fernröntgenseitenbildern lassen sich die Auswirkungen auf skelettale und dentale Strukturen des Gesichtsschädels erfassen. Pancherz führte mit Abstand die meisten quantitative Untersuchungen in diesem Bereich durch (Pancherz(1979); Pancherz(1981); Pancherz(1982a); Pancherz(1982b); Pancherz(1985); Pancherz und Hagg(1985); Pancherz und Hansen(1986); Pancherz und Stickel(1989); Pancherz(1994); Pancherz(1997); Pancherz(2003); Pancherz et al.(1999)Pancherz, Ruf und Tomaleske-Faubert; Ruf und Pancherz(1999a); Pancherz und Ruf(2000); Baltromejus et al.(2002)Baltromejus, Ruf und Pancherz; Pancherz et al.(2003)Pancherz, Odont und Fischer; Ruf und Pancherz(2006)). Aber auch andere Autoren untersuchten die skelettalen und dentalen Effekte (Paulsen et al.(1995)Paulsen, Karle, Bakke und Herskind; Manfredi et al.(2001)Manfredi, Cimino, Trani und Pancherz; Richter et al.(2001)Richter, Richter, V. und Küffer; Richter und Richter(2002); Du et al.(2002)Du, Hägg und Rabi).

Auswirkungen der Behandlung mit dem Herbstscharnier auf das Kiefergelenk lassen sich besonders gut durch Magnetresonanztomogramme darstellen (Vogel und Dieter(1993)). Veränderungen an Kondylus, Fossa und Discus und deren Relationen zueinander, die sich im Rahmen einer Behandlung mit dem Herbstscharnier ergeben, wurden bisher durch unterschiedlichste quantitative Analysen erfasst und diskutiert (Hansen et al.(1991)Hansen, Pancherz und Hägg; Hansen et al.(1997)Hansen, Koutsonas und Pancherz; Ruf und Pancherz(1998c); Ruf und Pancherz(1999b); Ruf und Pancherz(2000); Ruf(2001); Richter et al.(2001)Richter, Richter, V. und Küffer; Richter und Richter(2002)).

Dennoch scheinen Fragen zu dieser Thematik nicht endgültig geklärt zu sein. Eine Literaturrecherche von Cozza et al. (Cozza et al.(2006)Cozza, Baccetti, Franchi, De Toffol und Namara), die sich mit Untersuchungen zum Thema Distalbissbehandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten im Zeitraum von 1966 bis 2005 befasst, ergab kontroverse Ergebnisse hinsichtlich der Wirkung auf den Unterkiefer. Während vier randomisierte Studien keine klinisch signifikante Änderung der Unterkieferlänge durch die Behandlung mit funktionellen Apparaturen feststellten, beschrieben zwei Drittel der prospektiv und retrospektiv geführten Longitudinalstudien eine signifikante Zunahme

der totalen Unterkieferlänge. Eine andere Literaturrecherche, durchgeführt von Popowich et al., besagt, dass bisher keine hinreichende quantitative Bewertung der ossären Adaptationsvorgänge an Kondylus und Fossa articularis, welche sich durch eine Herbstbehandlung ergeben, erfolgte. Auch Veränderungen an der Discusposition konnten bisher nicht zweifelsfrei auf die Behandlung mit dem Herbstscharnier zurückgeführt werden. Hier werden weitere Untersuchungen gefordert (Popowich et al.(2003)Popowich, Nebbe und Major).

Zum besseren Verständnis der untersuchten Problematik soll im Folgenden ausführlich auf den Distalbiss, das Kiefergelenk, die Herbstapparatur sowie auf bisher getätigte Untersuchungen und deren Ergebnisse eingegangen werden.

1.1 Der Distalbiss

Distalbiss

Beim Distalbiss handelt es sich um eine okklusale Abweichung. E. H. Angle (Angle(1899), Angle(1913)) teilte erstmals 1899 die Malokklusionen nach ihren intermaxillären Beziehungen in die bis heute gebräuchlichen Klassen ein. Die Klassifikation stützt sich auf die Okklusion der Seitenzähne unter Beachtung der sagittalen Lage der Zähne zueinander (Abb. 1 auf der nächsten Seite). Als Referenzpunkt diente Angle die mesiobukkale Höckerspitze des ersten Oberkiefermolaren, den er als den Zahn mit der richtigen und unveränderbaren Stellung ansah.

Angle Klasse I	Neutralbiss
Angle Klasse II	Distalbiss
Angle Klasse III	Mesialbiss

Abweichungen von der Neutralbisslage (Angle-Klasse II und III) können sowohl skelettaler als auch dentaler Natur sein. Bei der skelettalen Variante handelt es sich um eine Verschiebung der Kieferbasen zueinander. Dementsprechend liegt bei einer Angle-Klasse II (Abb. 1 auf der nächsten Seite b) eine Rücklage des Unterkiefers (Retrogenie der Mandibula) zur Maxilla oder eine Vorverlagerung des Oberkiefers (Prognathie der Maxilla) in Relation zum Unterkiefer vor. Es ist möglich, dass eine Kombination aus beiden Kieferanomalien bei einem Patienten vorliegt. Der skelettale Distalbiss stellt eine Indikation für das Herbstscharnier dar.

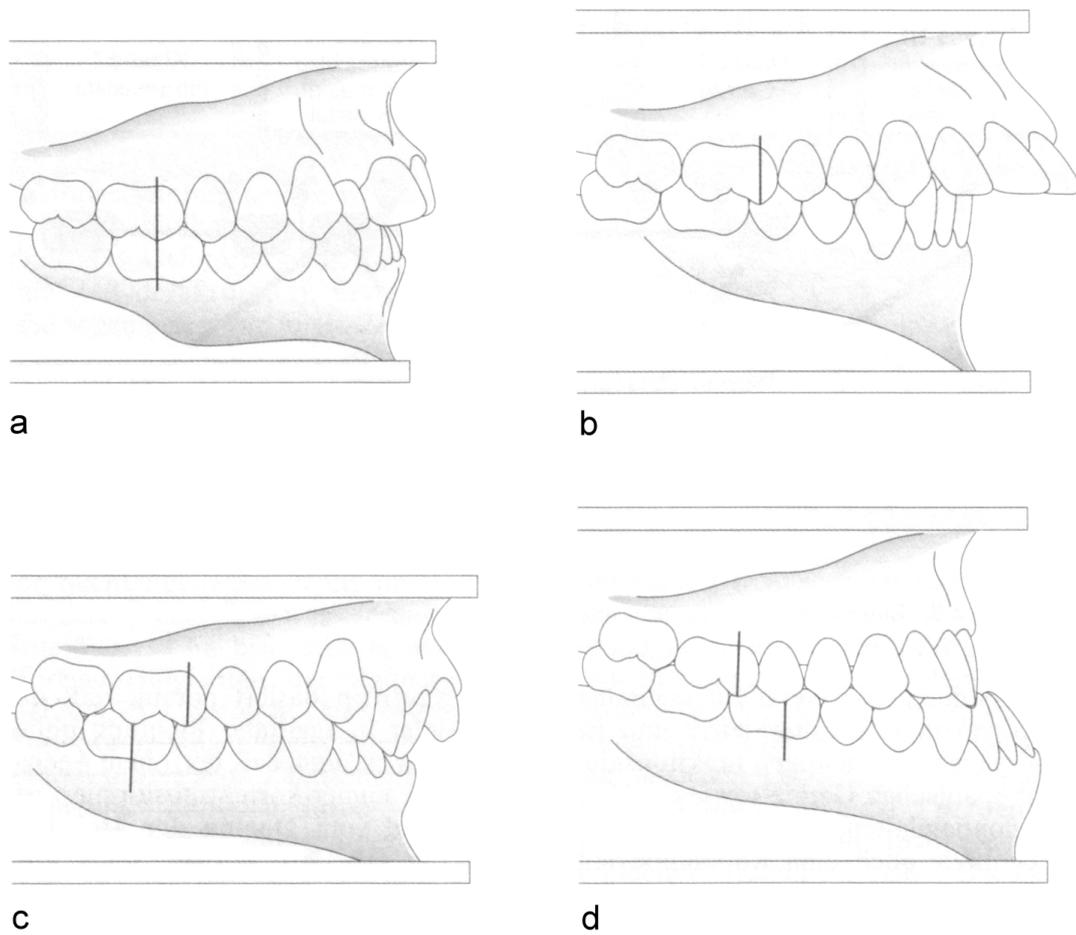


Abb. 1: Einteilung der Angle-Klassen a) Angle-Klasse I, b) Angle-Klasse II/1, c) Angle-Klasse II/2, d) Angle-Klasse III (modifiziert nach Kahl-Nieke 1995).

Ein Distalbiss kann ebenso aus einer Verschiebung des zahntragenden Kieferteils resultieren, wobei die Zahnreihen re- bzw. protrudiert sind. Man spricht in diesem Fall von einem dentoalveolären Distalbiss. Er kann eine bestehende skelettale Dysgnathie verstärken oder abschwächen.

Eine Diagnose der skelettalen und dentoalveolären Situation ist durch Vermessung des seitlichen Fernröntgenbildes (FRS) möglich.

Morphologie und Funktion des Kiefergelenkes

Anatomischer Aufbau: Das Kiefergelenk setzt sich aus folgenden Strukturen (Abb. 2 auf Seite 7) zusammen (Schiebler et al.(1995)Schiebler, Schmidt und Zilles; Bumann und Lotzmann(2000)):

- **Fossa articularis:** Die Gelenkpfanne ist Bestandteil des Os temporale (Pars squamosa) und lässt sich von dorsal nach ventral in verschiedene Abschnitte unterteilen: Fossa glenoidalis, Protuberantia articularis und Eminentia articularis.
- **Caput mandibulae:** Der Gelenkkopf ist Teil des Processus condylaris der Mandibula. In Bezug zur Sagittalebene nehmen die zwei walzenförmigen Gelenkkopffortsätze eine schräge Stellung ein. Ihre Längsachsen sind nach distal rotiert und schneiden sich dorsal im stumpfen Winkel.
- **Discus articularis:** Dies ist eine bikonkave, faserknorpelige, elastische Gelenkscheibe. Sie liegt zwischen Kondylus und Fossa articularis. Funktionell lässt sich der Discus in 3 Abschnitte einteilen: Pars anterior, Pars intermedia und Pars posterior. Er hat die Aufgabe, die bei Bewegung entstehende Reibung zu reduzieren und als Polster die Druckverteilung sicherzustellen.
- **Capsula articularis:** Die Kapsel umgibt locker das ganze Gelenk und besteht aus dünnem, fibrösem Bindegewebe. Die Innenseite ist mit einer Synovialmembran ausgekleidet. Mit der von ihr produzierten Synovialflüssigkeit dient sie der Ernährung des Gelenkes und mindert die Reibung bei der Artikulation.
- **Bilaminäre Zone:** Dieses retroarticuläre Polster schließt sich der Pars posterior des Discus an und liegt somit im dorsalen Teil der Gelenkpfanne. Es wird gebildet aus dem elastischen Stratum superior, dem kollagenreichen, fibrösen Stratum inferior und dem Genu vasculosum. Das Polster hat zur Aufgabe, den an sich gefäß- und nervenfreien Discus nutritiv zu versorgen.
- **Muskulatur und Bänder:** Musculus pterygoideus lateralis, Musculus temporalis sowie das Ligamentum laterale fungieren als laterale und ventrale Begrenzungen des Gelenkes. Fasern

des Musculus pterygoideus lateralis strahlen in den lateralen und medialen Kapselteil ein und sind somit mit der Pars anterior des Discus verbunden.

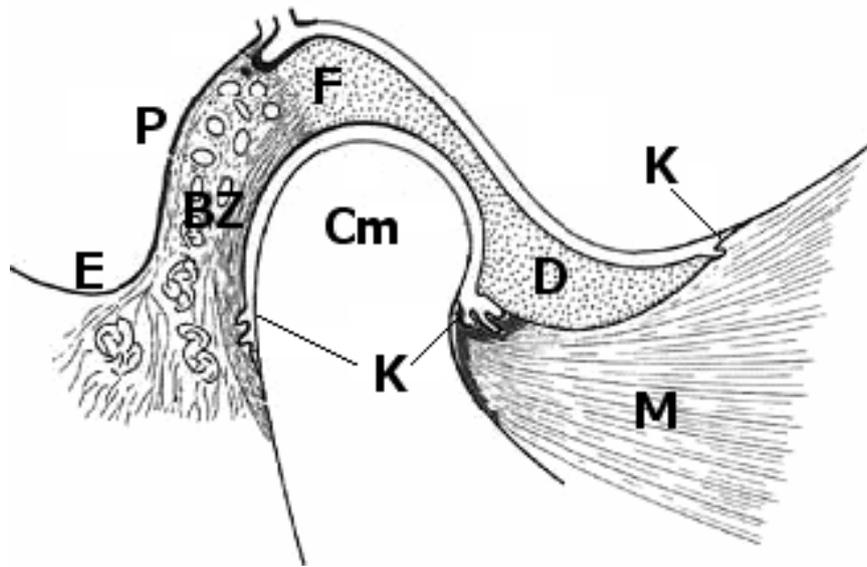


Abb. 2: Darstellung des Kiefergelenks (Fossa [F], Protuberantia [P], Eminentia articularis [E], Caput mandibulae [Cm], Discus articularis [D], Kapsel [K], Bilaminäre Zone [BZ], Musculus pterygoideus lateralis [M]).

Physiologische Kondylenposition: Die Definition einer allgemeingültigen anatomischen und physiologischen Kondylenposition stellt in der Zahnheilkunde ein viel diskutiertes Problem dar. Trotz zahlreicher wissenschaftlicher Studien (Keshvad und R.B.(2000a); Keshvad und R.B.(2000b)) konnte in der Vergangenheit keine einheitliche Position festgelegt werden. Die bekannten Versuche einer Nomenklatur gelten als umstritten. Die „zentrische Kondylenposition“ wurde durch die Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) definiert als die „kranioventrale nicht seitenverschobene Position beider Kondylen bei physiologischer Kondylus-Discus-Relation und physiologischer Belastung der beteiligten Gewebe“ (Freesmeyer et al.(1992)Freesmeyer, Bumann, Fuhr, Klett, Koeck, Kubein-Mesenburg, Lotzmann und Reich). Sie ist unabhängig von der statischen Okklusion und stellt die Idealposition des Gelenkes dar.

Die „habituelle Kondylenposition“ ist beschrieben als „gewöhnheitsgemäß eingenommene Lage des Kondylus an der Protuberantia articularis“ während der habituellen Okklusion. Diese Position ist determiniert durch die jeweilige statische Okklusion des Patienten. Im Idealfall stimmen die habituelle und die zentrische Kondylenposition überein.

Nach Brill und Tryde (Brill und Tryde(1974)) ist die physiologische Kondylenposition eher zu verstehen als diejenige Position, die identisch ist mit der „neuromuskulären Position des Unterkiefers“ („neuromuskuläre Zentrik“). Sie befindet sich am Ende der muskelgeführten Schließbewegung (Bumann und Lotzmann(2000)). Auch diese Kondylenlage entspricht im Idealfall der habituellen Kondylenposition.

Herbstapparat

Das Herbstscharnier ist ein festsitzendes Teleskopscharnier, das beidseitig zwischen Ober- und Unterkiefer befestigt wird und die Kiefer gelenkartig verbindet (Abb. 3 auf der nächsten Seite). Das Design des Herbstscharniers vollzog im Laufe der Geschichte einigen Wandel. Anfänglich wurde es über gegossene Schienen oder orthodontische Bänder an den Zähnen fixiert. Heutzutage ist eine direkte Befestigung des Teleskopscharniers an Acryl- oder Metallschienen im Ober- und Unterkiefer, an gelöteten Bändern oder an einer Multiband-Apparatur möglich (Pancherz(2003)).

Die Länge des Führungsrohrs des Scharniers bestimmt das Ausmaß der Vorverlagerung. Sie muss individuell am Patienten bestimmt und angepasst werden.

Die durchschnittliche Behandlungsdauer beträgt 6 bis 8 Monate. Vorteil der festsitzenden Apparatur ist die Unabhängigkeit des Ergebnisses von der Kooperation des Patienten und eine uneingeschränkte Wirkungszeit über 24 Stunden. Dadurch ist eine relativ kurze Behandlungszeit (6-8 Monate) möglich (Pancherz und Ruf(2000)).

Der beste Zeitpunkt zum Einsatz des Herbstscharniers wird angegeben als derjenige nach Abschluss des Zahnwechsels im Seitenzahnggebiet. Dem skelettalen Alter nach sollte das pubertäre Wachstumsmaximum erreicht oder bereits überwunden sein (Pancherz(1994)). Das Maximum liegt bei Mädchen im Durchschnitt bei 11,0 Jahren, bei Jungen im Durchschnitt bei 14,0 Jahren (Schopf(1978)). Eine Behandlung zu einem späteren Zeitpunkt, selbst nach Abschluss des pubertären Wachstums, ist aber möglich (Hansen et al.(1991)Hansen, Pancherz und Hägg; Konik et al.(1997)Konik, Pancherz und K.) und stellt in Grenzfällen eine Alternative zur operativen Dysgnathiebehandlung dar (Ruf und Pancherz(1999a); Ruf und Pancherz(2006)).

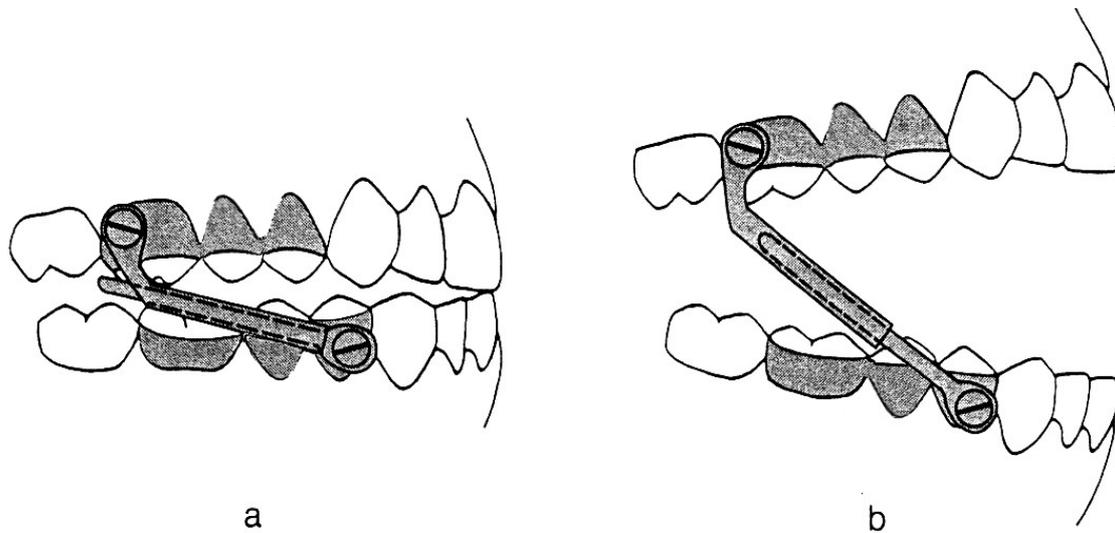


Abb. 3: Schematische Darstellung des Herbstscharniers bei geschlossenem (a) und offenem Mund (b). Es handelt sich um ein Teleskopscharnier, das beidseitig zwischen Ober- und Unterkiefer befestigt ist und die Kiefer gelenkartig verbindet. Sowohl während der Mundöffnung, als auch in der Schlussbissituation hält es den Unterkiefer in der eingestellten ventralen Position.

Die Wirkung des Herbstscharniers beruht auf unterschiedlichen Effekten. Einerseits sind es den- toalveoläre und skelettale Veränderungen des Ober- und Unterkiefers, die die Korrektur des Distal- bisses bewirken (Tab. 1 auf der nächsten Seite). Durch Beeinflussung der Zahnstellung (Protrusion der unteren Zahnreihe und Retrusion der oberen Zahnreihe) und des Wachstums der Kieferbasen (Wachstumsstimulation des Unterkiefers, Wachstumshemmung des Oberkiefers) kommt es zu einer therapeutisch gewünschten Einstellung einer Neutralverzahnung.

Mehrere von Pancherz und Mitarbeitern vorgestellte FRS-Untersuchungen geben quantitative Aussagen darüber, in welchem Ausmaß die einzelnen Effekte im Bereich des Gesichtschädels an dieser Korrektur beteiligt sind. (Pancherz(1981); Pancherz(1982a); Pancherz(1982a); Pancherz und Hansen(1986); Valant und Sinclair(1989); Manfredi et al.(2001)Manfredi, Cimino, Trani und Pancherz; Ruf und Pancherz(2006)).

Andererseits tragen adaptive Prozesse im Bereich des Kiefergelenkes zur Therapie des Distalbisses bei. Die Vorverlagerung des Unterkiefers bei Eingliederung des Herbstscharniers äußert sich im Kiefergelenk durch eine Positionsänderung des Gelenkkopfes in Bezug zur Gelenkgrube. Der Kondylus wird aus seiner zentralen Lage in eine ventrokaudale Position gebracht. Analysiert man

Skelettale Effekte	Hemmung des Oberkieferwachstums Förderung des Unterkieferwachstums
Dentale Effekte	Distalisierung der Inzisivi und Molaren im Oberkiefer Mesialisierung und verstärkte Eruption der Molaren im Unterkiefer Proklination und Intrusion der Inzisivi im Unterkiefer

Tabelle 1: Zusammenfassung der skelettalen und dentalen Effekte des Herbstscharniers

diese Kondylus-Fossa-Relation am Ende der Behandlung mit dem Herbstscharnier, so fällt bei der visuellen Analyse von MRT-Aufnahmen des Kiefergelenkes Folgendes auf: Der Gelenkkopf befindet sich wieder in seiner ursprünglichen zentralen Lage in der Fossa, obwohl die Mandibula selbst in der therapeutisch eingestellten Stellung bleibt. Klinisch äußert sich dies in einer (überkorrigierten) Neutralverzahnung. Als Ursache für dieses Phänomen werden strukturelle Umbauvorgänge von Kondylus und Fossa diskutiert, die diese Vorverlagerung des Unterkiefers bewirken und eine effektive Veränderung der Okklusion von einem Distalbiss in den Neutralbiss hervorrufen (Pancherz und Stickel(1989); Paulsen und Karle(2000)). Durch diese Remodellationsvorgänge sollen sich beide Strukturen wieder annähern, so dass sie am Ende der Therapie mit dem Herbstscharnier wieder ihre prätherapeutische Lage zueinander einnehmen (Richter und Richter(2002)). Knorpelneuformationen am Kondylus und im dorsalen Bereich der Fossa articularis ließen sich anhand von MRTs bildlich darstellen (Ruf und Pancherz(1998a); Pancherz et al.(2003)Pancherz, Odont und Fischer; Ruf und Pancherz(1999b); Paulsen et al.(1995)Paulsen, Karle, Bakke und Herskind).

Ein histologischer Nachweis von therapieinduziertem Knorpelwachstum erfolgte bisher nur in tierexperimentellen Studien (Stöckli und Willert(1971); McNamara et al.(1982)McNamara, Hinton und Hoffman; Hinton und McNamara(1984); Woodside et al.(1987)Woodside, Metaxas und Altuna; Chayanupatkul et al.(2003)Chayanupatkul, Rabi und Hägg).

Ein weiterer interessanter Aspekt ist der Einfluss der Herbstapparatur auf die Discus-Kondylus-Relation. Negative Einflüsse auf die Beziehung wurden bisher nicht festgestellt (Hansen et al.(1990)Hansen, Pancherz und Petersson; Pancherz et al.(1999)Pancherz, Ruf und Tomaleske-Faubert; Ruf(2001)). Die Lage des Discus blieb nach Angaben einiger Studien durch die Therapie im Wesentlichen un-

verändert (Pancherz et al.(1999)Pancherz, Ruf und Tomaleske-Faubert; de Arruda Aidar et al.(2006)de Arruda Aidar, Abrahao, Yamashita und Dominguez). Auch andere funktionskieferorthopädische Geräte (Aktivator, Bionator und Funktionsregler nach Fränkel), die eine Vorverlagerung der Mandibula bewirken, ergaben keine Änderung der Discusposition (Arat et al.(2001)Arat, Gökalp, Erdem und Erden; Watted et al.(2001)Watted, Witt und Kenn; Ruf et al.(2002)Ruf, Wüsten und Pancherz; Franco et al.(2002)Franco, Yamashita, Lederman, Cevidanes, Proffit und Vigorito).

Im Gegenteil stellt sich die Frage, ob durch die Therapie eine Verbesserung der Situation im Falle einer anterioren Discusverlagerung möglich ist. Dieser Therapieansatz wurde schon von Herbst aufgegriffen. Er verwendete sein Retentionsscharnier unter anderem zur Therapie von Kieferknacken (Herbst(1936)). Auch in Studien der heutigen Zeit wurde ein positiver Einfluss der Herbstapparatur auf Kiefergelenke, in denen der Discus verlagert war, bestätigt (Pancherz et al.(1999)Pancherz, Ruf und Tomaleske-Faubert; Ruf(2001); Richter und Richter(2002)). Zum einen ist damit die Verbesserung der Discus-Kondylus-Relation gemeint, zum anderen kommt es durch die therapiebedingte Kondylenvorverlagerung zu einer Entlastung der bilaminären Zone und somit zu einer Schmerzfreiheit der betroffenen Patienten (Richter und Richter(2002)).

1.2 Quantitative Analysen von Kiefergelenkaufnahmen

Zur quantitativen und qualitativen Auswertung von Kiefergelenkaufnahmen sind seit den fünfziger Jahren zahlreiche metrische Analysen konzipiert worden, die sich in der Auslegung des Referenzsystems bezüglich der anatomischen Strukturen unterschieden (Ricketts(1950); Madsen(1966); Kubein et al.(1979)Kubein, Stachniss und Krüger; Sund et al.(1983)Sund, Eckerdal und Astrand; Christiansen et al.(1987)Christiansen, Thompson, Zimmerman, Roberts, Hasso, Hinshaw und Kopp; Hugger et al.(1993)Hugger, Kordaß, Assheuer und Stüttgen; Pandis et al.(1991)Pandis, Karpac, Trevoni und Williams; Sutton et al.(1992)Sutton, Sadowsky, Bernreuter, McCutcheon und Lakshminarayanan). Auszugsweise sollen Analysen, die im Rahmen von MRT-Studien zur Therapie mit dem Herbstscharnier in den letzten Jahren angewendet wurden, folgend beschrieben werden: Sowohl Ruf und Pancherz (Ruf und Pancherz(1998b)) als auch Richter (Richter und Richter(2002)) zogen zur Erfassung der Kondylenlage in Relation zur Fossa die Breite des Gelenkspaltes heran. Die verwendete Methode ging auf Kamelchuk et al. zurück (Kamelchuk

et al.(1996)Kamelchuk, Grace und Major). Hierbei werden vom Zenit der Fossa zwei Tangenten an den vordersten und hintersten Punkt des Kondylus gezogen. Auf diese Tangente wird eine Senkrechte durch den Gelenkspalt, ausgehend von dem Kondyluspunkt, gefällt. Diese Senkrechte erfasst die Breite des Gelenkspaltes, mit der sich wiederum die Kondylenlage über einen „joint space index“ (Verhältnis vom vorderen zum hinteren Gelenkspalt) errechnen lässt (Abb. 4).

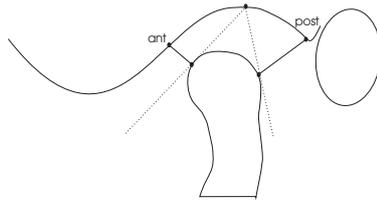


Abb. 4: Schematische Darstellung der Messmethode nach Kamelchuk et al. (1996). Die Position des Kondylus wird durch einen Index bestimmt.

Die Relation von Discus und Kondylus beschrieben Ruf und Pancherz (Ruf und Pancherz(1998a)) nach der Methode von Drace und Enzmann (Abb. 5). Hierbei wurde die Discuslage durch den Winkel zwischen einer Senkrechten durch die Mitte des Kondylus und einer Tangente am Hinterrand der Pars posterior bestimmt.

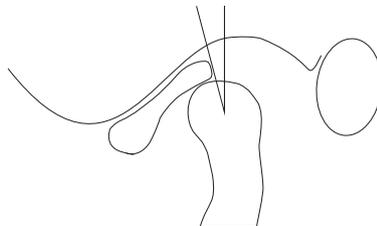


Abb. 5: Schematische Darstellung der Messmethode nach Drace und Enzmann (1990). Die Discuslage wird durch den Winkel zwischen einer Senkrechten durch die Mitte des Kondylus und einer Tangente am Hinterrand der Pars posterior bestimmt.

Wie bereits oben erwähnt, sind trotz zahlreicher veröffentlichter Untersuchungen bisher keine hinreichenden quantitativen Bewertungen der ossären Adaptationsvorgänge erfolgt, welche sich durch eine Behandlung mit dem Herbstscharnier ergeben. Zu diesem Ergebnis kam Popowich im Rahmen einer Literaturrecherche (Popowich et al.(2003)Popowich, Nebbe und Major).

2 Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit sollen die quantitativen und qualitativen Auswirkungen des Herbstscharniers auf die Remodellationsvorgänge sowohl im dentoalveolären und skelettalen Bereich, als auch im Bereich der Kiefergelenke mit Hilfe von Fernröntgenseitenbildern und Magnetresonanztomogrammen untersucht werden. Insbesondere sollen durch diese Arbeit folgende Fragen beantwortet werden:

1. Welche dentoalveolären und skelettalen Veränderungen ergeben sich im Fernröntgenseitenbild bei der Behandlung mit einem Herbstscharnier?
2. Welchen Einfluss hat die Behandlung mit einem Herbstscharnier auf die Lagebeziehung von Kondylus und Discus im Magnetresonanztomogramm?
3. Welche Veränderungen ergeben sich in der Lagebeziehung zwischen Fossa und Kondylus im Magnetresonanztomogramm während eines 6-monatigen Behandlungszeitraumes mit einem Herbstscharnier in Relation zu einer Referenzlinie an der Protuberantia articularis?
4. Welche Veränderungen ergeben sich zwischen Fossa und Kondylus im Magnetresonanztomogramm während eines 6-monatigen Behandlungszeitraumes mit einem Herbstscharnier in Relation zu einer vertikalen Referenzlinie?

3 Material und Methode

In diese Studie wurden 47 konsekutiv ausgewählte jugendliche Patienten mit einer Angle-Klasse II einbezogen, die in der Praxis Dres. Richter (Würzburg) mit einer Herbstapparatur kieferorthopädisch behandelt wurden. Die 26 männlichen und 21 weiblichen Patienten hatten bei Eingliederung des Herbstscharniers ein Durchschnittsalter von 13,4 Jahren. Dabei waren die weiblichen Patienten durchschnittlich 13,3 Jahre, die männlichen 13,6 Jahre alt (Tab. 2).

	Anzahl (n)	Minimum	Maximum	Durchschnitt	Std-Abw
weiblich	21	10,7	17,1	13,3	1,77
männlich	26	9,5	17,7	13,6	1,68

Tabelle 2: Durchschnittliche Altersverteilung der Patienten (n=47)

Somit wurde das durchschnittliche pubertäre Wachstumsmaximum von 11 Jahren von allen weiblichen Patientinnen erreicht oder überschritten. Von den männlichen Patienten lagen 61,5% unter dem durchschnittlichen Alter des pubertären Wachstumsmaximums von 14 Jahren. 11% waren jünger als 12 Jahre.

Die Patienten dieser Studie, bei denen eine Angle-Klasse II/2 vorlag, wurden mit einer Multiband/-Bracketapparatur kieferorthopädisch vorbehandelt, um die Retrusion der Oberkieferfrontzähne zu korrigieren und eine Bissumstellung durch Vorverlagerung der Mandibula zu ermöglichen.

Das verwendete Herbstscharnier bestand aus einer gelöteten Apparatur, welche an den Prämolaren und Molaren befestigt wurde. Das Führungsrohr wurde im Oberkiefer beiderseits in der Region der ersten Molaren bukkal fixiert, während die Gleitstange im Unterkiefer in der Region der Eckzähne angebracht wurde (Abb. 3 auf Seite 9). Bei den Patienten der vorliegenden Untersuchung wurde der Unterkiefer mittels des Scharniers in eine Neutralverzahnung therapeutisch eingestellt. Die Apparatur verblieb durchschnittlich 6,8 Monate in situ.

Von jedem Patienten lagen zur metrischen Auswertung jeweils ein Magnetresonanztomogramm (MRT) des rechten Kiefergelenkes zu drei Zeitpunkten (t_0 , t_1 , t_2), sowie je ein Fernröntgenseitenbild (FRS) zu zwei Zeitpunkten (t_0 und t_1) vor. Auf ein Röntgenbild nach Eingliederung der

Apparatur (zum Zeitpunkt MRT t_1) musste verzichtet werden. In Tabelle 3 sind die fünf zeitlich unterschiedlichen Aufnahmen chronologisch geordnet dargestellt.

Angefertigte Aufnahmen	Behandlungszeitpunkte
FRS	Zeitpunkt <i>FRS</i> t_0 (vor Behandlungsbeginn)
MRT	Zeitpunkt <i>MRT</i> t_0 (vor Eingliederung des Herbstscharniers)
MRT	Zeitpunkt <i>MRT</i> t_1 (kurz nach Eingliederung des Herbstscharniers)
MRT	Zeitpunkt <i>MRT</i> t_2 (vor Ausgliederung des Herbstscharniers)
FRS	Zeitpunkt <i>FRS</i> t_1 (nach Behandlung)

Tabelle 3: Angefertigte Aufnahmen im chronologischen Verlauf der Behandlung

Die Aufnahmen wurden mit Hilfe eines Durchlichtscanners digitalisiert und mit dem Softwareprogramm „FR-WIN 6.0“ (Computer Konkret AG, Falkenstein) analysiert. Hierfür war die manuelle Eingabe von Referenzpunkten auf den digitalisierten Röntgenbildern und MRT-Bildern nötig. Dabei wurde, um eine höhere Messgenauigkeit zu erhalten, jedes Bild dreimal von der gleichen Person vermessen und die Mediane dieser Wiederholungen als Messwerte verwendet.

3.1 Methodenfehler

Der Methodenfehler wurden bei der kephalometrischen Analyse sowie bei den MRT-Analysen I und II mittels des Statistikprogramms „SAS“ bestimmt (SAS; Version 8.2). Der Fehler zählt zu den „zufälligen Fehlern“ und resultiert unter anderem aus Summationseffekten im FRS. Diese Effekte entstehen aus der Fehlpositionierung des Patienten im Röntgengerät und somit der ungünstigen Überlagerung knöcherner Strukturen. Eine weitere Fehlerquelle ist die digitale Eingabe der Referenzpunkte (Abweichung zwischen eingegebenen Punkt und der tatsächlichen Lage des anatomischen Punktes) (Houston(1983)). Der Methodenfehler wurde nach der Methode von Dahlberg berechnet und dient der Bewertung der Zuverlässigkeit der Messungen.

Methodenfehler nach Dahlberg

Der Methodenfehler nach Dahlberg (Dahlberg(1940)) beschreibt die Genauigkeit der Messungen und entspricht der Standardabweichung der drei Einzelmessungen. Da Dahlberg sich auf Doppelmessungen im Test bezieht, in dieser Studie aber Dreifachmessungen einer jeden Aufnahme vorgenommen wurden, wurde der Fehler mit folgender Formel berechnet (Vargas Pereira(1997)):

$$S_{e^2} = \frac{1}{2nm} \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (1)$$

d_i = Standardabweichung der Messergebnisse des Individuums i

n = Anzahl der untersuchten Individuen

m = Anzahl der Messwiederholungen

Formel 1: verwendete Formel in Analogie zu Dahlberg (Dahlberg(1940)) zur Berechnung des Methodenfehlers.

Zuverlässigkeitskoeffizient nach Houston

Der Zuverlässigkeitskoeffizient nach Houston gibt Aufschluss über das Verhältnis zwischen dem Methodenfehler und der Gesamtvarianz. Die Berechnung des Koeffizienten basiert auf dem errechneten Methodenfehler nach Dahlberg. Folgende Formel wird dazu verwendet:

$$Houston = 1 - \frac{S_{e^2}}{S_{t^2}} \quad (2)$$

S_{e^2} = Methodenfehler nach Dahlberg

S_{t^2} = gesamte Varianz

Formel 2: verwendete Formel zur Berechnung des Zuverlässigkeitskoeffizienten nach Houston (Houston(1983)).

Wenn kein zufälliger Fehler bei der Messung auftritt, ist der Methodenfehler in Analogie nach Dahlberg gleich null und der Zuverlässigkeitskoeffizient ist 1. Ein hoher Koeffizient bedeutet, dass die Varianz der Messwiederholungen bei den einzelnen Individuen, verglichen mit der Varianz zwischen den Individuen, gering ist. Nach Mitgaard et al. (Mitgaard et al.(1974)Mitgaard, Björk

und Linder-Aronson) wird verlangt, dass der Koeffizient größer oder gleich 0,97 sein sollte. Ist er kleiner als 0,90, so ist die Messmethode nicht geeignet. Houston hält dies für ein idealistisches Ziel, welches nicht immer erreicht werden kann (Houston(1983)).

3.2 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung wurde ebenfalls mittels des Statistikprogramms „SAS“ (SAS; Version 8.2) vorgenommen. Der Median der Messwiederholungen der vermessenen Bilder wurde als Messwert in allen folgenden Betrachtungen verwendet. Für alle Werte wurden verschiedene statistische Kennzahlen ermittelt (durchschnittliche Abweichung, Standardabweichung, Varianz, Median, Mittelwert, Minimum, Maximum sowie das 25 und 75% Quartil).

Der „Wilcoxon-Test für Paardifferenzen“ (Rangsummentest) (Weiß(1999)) wurde zum Nachweis von therapiebedingten Veränderungen verwendet. Er stellt das verteilungsfreie Analogon zum t-Test für verbundene Stichproben dar. Für den Test wurde bei allen Variablen der Median der drei Messwiederholungen herangezogen. Voraussetzung für den Test ist, dass zwei verbundene Stichproben mit jeweils n Werten, die die gleiche Verteilungsform aufweisen, vorhanden sind. Dies ist in dieser Studie erfüllt. Das Untersuchungsergebnis wurde auf ein Signifikanzniveau von 5% getestet. Ein p -Wert kleiner 5% ($< 0,05$) weist auf eine statistisch signifikante Veränderung hin.

3.3 Röntgenologische Untersuchung

Von allen Patienten wurden vor Therapiebeginn ($FRS t_0$) und im weiteren Verlauf der kieferorthopädischen Behandlung ($FRS t_1$) jeweils ein Fernröntgenseitenbild in habitueller Okklusion angefertigt. Dies erfolgte in der kieferorthopädischen Praxis der Dres. Richter (Würzburg) nach einer standardisierten Aufnahmetechnik. Hierzu wurde das Röntgengerät „Orthoceph Nanodor 2P“ (Fa. Siemens) verwendet, bei einer Belichtungszeit von 0,6s, einer Stromstärke von 375mA und einer Spannung von 60kV. Die Röntgenbilder dienen sowohl zur Diagnostik und Planung der kieferorthopädischen Therapie, als auch zur Überprüfung des Behandlungserfolges. Auf eine Aufnahme nach direktem Einsetzen der Apparatur wurde verzichtet. Diese Aufnahme würde dem

Zeitpunkt $MRT t_1$ entsprechen. Das zweite FRS ($FRS t_1$) wurde entweder zum Behandlungsende aufgenommen oder zu einem Zwischenbefund. Somit liegt ein zeitlicher Abstand zwischen dem Moment der Entfernung der Herbstapparatur und dem letzten Röntgenbild. Dieser Zeitraum war nicht immer gleich groß. Er ließ sich in mehrere Klassen teilen:

Zeitraum nach Behandlung	Anzahl (n=47)
0-2 Monate	8
2-6 Monate	12
6-12 Monate	2
>12 Monate	25

Tabelle 4: Darstellung der absoluten Häufigkeiten der Zeiträume zwischen den FRS-Aufnahmen zum Zeitpunkt $FRS t_1$ und dem Abschluss der Herbst-Behandlung $MRT t_2$ gruppiert in Zeiträume.

3.4 Kephalemtrische Analyse

Unter „Kephalemtrie“ versteht man im allgemeinen das Vermessen anatomischer Strukturen des Gesichtsschädels anhand von Fernröntgenseitenbildern. Die hier beschriebene kephalemtrische Methode wurde erstmals 1982 von Pancherz vorgestellt (Pancherz(1982a)). In der vorliegenden Arbeit diente sie einerseits der quantitativen Bewertung von dentalen Therapieeffekten. Andererseits ermöglicht sie die Beurteilung skelettaler Effekte auf die Oberkieferbasis sowie auf den Unterkiefer. Eine Bewertung des gesamten Mittelgesichtes in skelettaler Hinsicht wird in der vorliegenden Arbeit nicht vorgenommen, die Auswertung beschränkt sich auf den Processus alveolaris der Maxilla (beschrieben durch den Punkt ss). Bei den Messungen werden Distanzen verschiedener Referenzpunkte zu einer festgelegten Bezugsgeraden (OLp) berechnet. Diese Bezugslinie ist definiert als eine Gerade, die als Senkrechte durch die Sella turcica auf die Okklusionsebene (OL) gefällt wird (Abb. 6 auf der nächsten Seite).

Die verschiedenen Messungen ließen metrische Aussagen über Veränderungen in sagittaler Richtung zu.

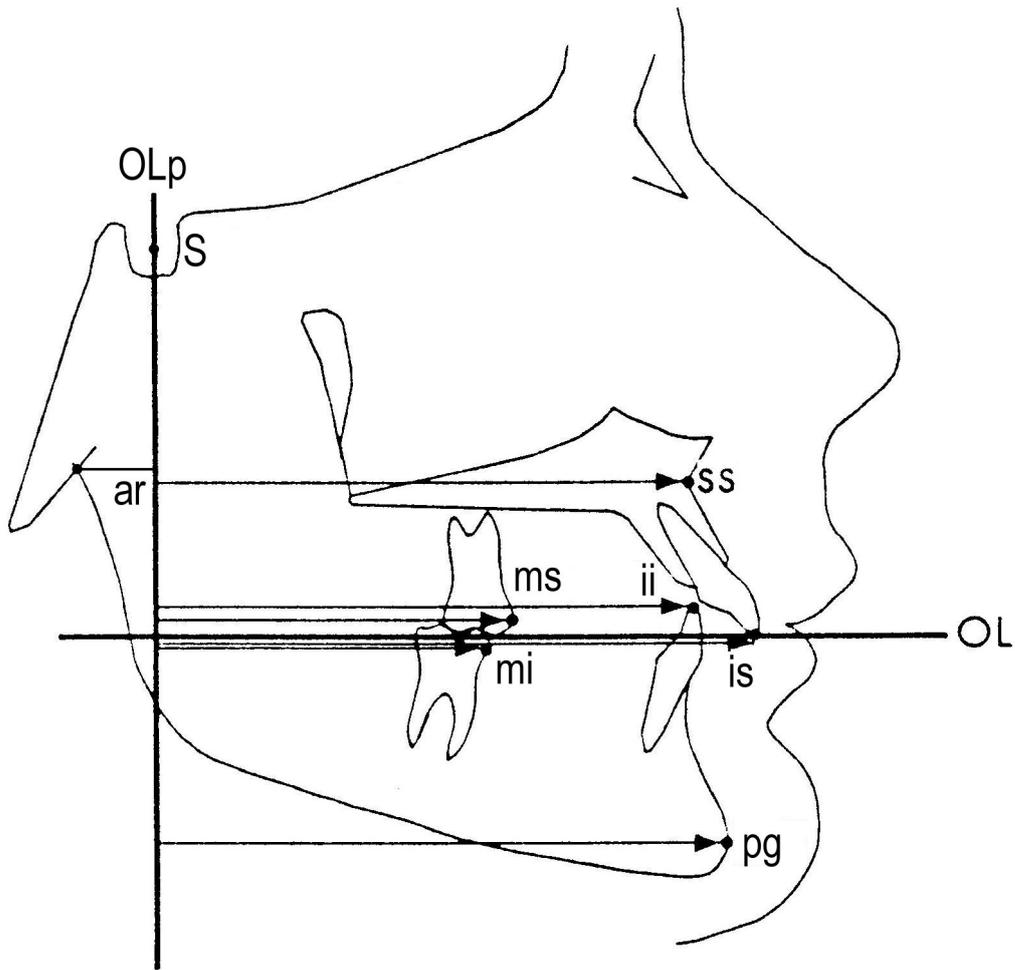


Abb. 6: Referenzpunkte, Referenzlinien (OL/OLp) und Messstrecken der Pancherz- Analyse (modifiziert nach Hansen und Pancherz (1992))

3.4.1 Definition der Referenzpunkte

Bei den Referenzpunkten handelt es sich entweder um anatomische Fixpunkte oder konstruierte Punkte (z.B. ar). Sie mussten während der Auswertung manuell (per Mausklick) auf dem digitalen Bild eingegeben werden.

Abbildung 6 zeigt eine schematische Seitenansicht eines Kopfes mit den verwendeten Referenzpunkten.

S	Mittelpunkt der Sella turcica
is	Inzisivus superior (oberer mittlerer Schneidezahn)
ii	Inzisivus inferior (unterer mittlerer Schneidezahn)
ms	Molar superior (oberer erster Molar)
mi	Molar inferior (unterer erster Molar)
pg	Pogonium (knöcherner Kinnschmelz)
ar	Articulare (Schnittpunkt des aufsteigenden Unterkieferastes mit der Schädelbasis, konstruierter Punkt)
ss	Subspinale

3.4.2 Definition der Referenzlinien und Variablen

Als Hilfslinie diente die Okklusionslinie (OL), die durch die dentale Situation vorgegeben ist. Auf die OL wurde eine Senkrechte durch die Sella (S) konstruiert. Diese vertikale Gerade (OLp) diente als Referenzlinie zur Vermessung der Variablen (Abb. 6 auf der vorherigen Seite).

Referenzlinien

Die Berechnung der Variablen erfolgt durch das Vermessen des kürzesten Abstandes der Referenzpunkte zu der Referenzlinie OLp (Abb. 6 auf der vorherigen Seite).

OL	Okklusionslinie, Linie vom distobukkalem Höcker des oberen ersten Molaren zu der Schneidekante der oberen mittleren Inzisivi (is)
OLp	Senkrechte (perpendicular) auf OL durch den Mittelpunkt der Sella turcica (S)- Bezugslinie für alle Messungen

Skelettale Variablen

Die skelettalen Variablen beschreiben die Lage der oberen und unteren Kieferbasis, die Lage des Kondylus, sowie die gesamte Länge der Mandibula.

ss/OLp	Position der Oberkieferbasis
pg/OLp	Position der Unterkieferbasis
ar/OLp	Kondylenlage
pg/OLp plus ar/OLp	Länge der Mandibula

Dentale Variablen

Die dentalen Variablen geben Auskunft über die sagittale Lage der mittleren Inzisivi und der Molaren innerhalb der beiden Kiefer. Durch sie lassen sich die rein dentalen Veränderungen erfassen.

is/OLp minus ss/OLp	Lage der oberen Inzisivi in der Maxilla
ii/OLp minus pg/OLp	Lage der unteren Inzisivi in der Mandibula
ms/OLp minus ss/OLp	Lage des oberen ersten Molaren
mi/OLp minus pg/OLp	Lage des unteren ersten Molaren

Skelettale und dentale Variablen

Diese Variablen kombinieren die skelettalen und die dentalen Effekte. Sie geben einerseits die sagittalen Positionen der beiden Zahngruppen (Inzisivi und Molaren) in Relation zu OLp wieder. Andererseits beschreiben sie die sagittale Relation der oberen und unteren Zahngruppen zueinander. Im frontalen Bereich ist dies der Overjet, im Seitenzahnggebiet die Molarenrelation.

is/OLp	Lage des oberen mittleren Inzisivus
ii/OLp	Lage des unteren mittleren Inzisivus
ms/OLp	sagittale Position des oberen ersten Molaren
mi/OLp	sagittale Position des unteren ersten Molaren
is/OLp minus ii/OLp	Overjet, sagittale Frontzahnstufe
ms/OLp minus mi/OLp	sagittale Korrektur der Molaren

Therapeutisch bedingte Veränderungen wurden durch den direkten Vergleich der Variablen der analysierten Röntgenbilder vor und nach der Behandlung (FRS_{t_0} und FRS_{t_1}) ermittelt. So ergab sich beispielsweise die Bewertung der Längenveränderung der Mandibula aus $(is/OLp)_{t_2} - (is/OLp)_{t_0}$.

Ein positiver Wert der Variablen „ms/OLp minus mi/OLp“ bedeutet eine distale, ein negativer Wert eine normale Molarenrelation.

3.5 Magnetresonanztomographische Untersuchung

Die Magnetresonanztomogramme der jeweils rechten Kiefergelenke wurden vor Eingliederung der Herbstapparatur (MRT_{t_0}), direkt nach Eingliederung der Apparatur (MRT_{t_1}) und bei der

Entnahme der Apparatur ($MRT\ t_2$) in habitueller Okklusion angefertigt. Zur besseren Darstellung des Gelenkes, und insbesondere des Discus articularis, wurde bei der Aufnahmetechnik eine parasagittale Schnittebene (Bildebene) ausgewählt (Abb. 7).

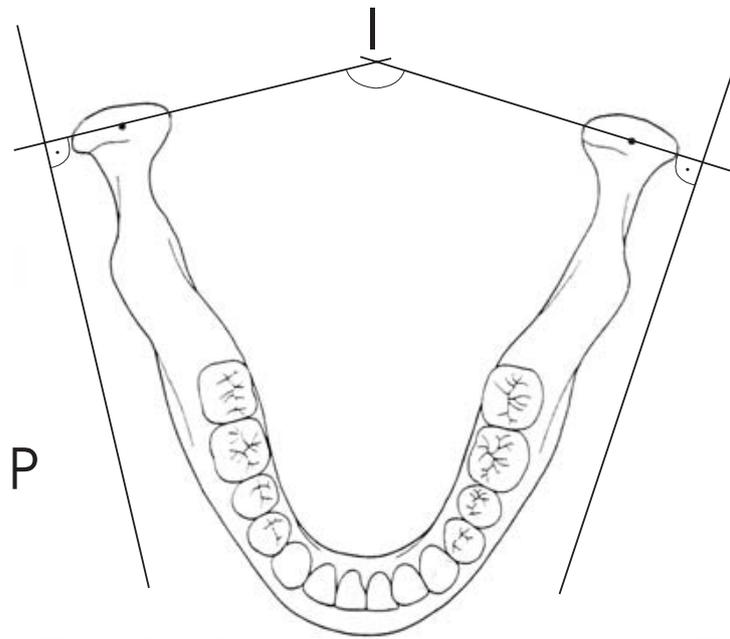


Abb. 7: Schematische Darstellung der parasagittalen Schnittebene. I= Interkondylarwinkel, P= Parasagittalebene

Verwendet wurde hierfür der Hochfeld-Ganzkörper-Kernspintomograph „Magnetom Vision“ (Siemens, Erlangen) mit einer Feldstärke von 1,5 Tesla und einer Feldstabilität von $< 0,1\text{ ppm/h}$. Das Gradientensystem hatte eine Feldstärke von $25\text{mT/m} \pm 2\%$ bei einer Schaltzeit von $25\mu\text{s}$. Die Bilder wurden mit einer T1-Gewichtung angefertigt. Durch Einsatz einer speziellen Kiefergelenkspule („Phased- array-Spule“, Fa. Siemens) war eine getrennte Darstellung des rechten und linken Kiefergelenkes in Ruhe und diversen Funktionspositionen möglich. Die Lagerung des Patienten im Tomographen erfolgte durch eine lasergesteuerte Kalibrierung des rechten und linken Kiefergelenkspaltes, wodurch sich eine reproduzierbare Untersuchungsposition der Kiefergelenke ergab. Bei den angewandten Analysen wurde jeweils die laterale und mediale MRT-Schichtaufnahme beurteilt.

3.6 Visuelle MRT-Analyse

Bei dieser Analyse handelt es sich um eine rein visuelle Methode zur Beurteilung der Kiefergelenksituation anhand von MRTs. Dabei wurden die Gelenke nach der Discus-Kondylus-Relation beurteilt und das vorliegende Patientenkollektiv ($n=47$) in drei klinische Gruppen eingeteilt. Zur Beurteilung der Relation wurde die kürzeste Distanz zwischen der Protuberantia articularis und der ventrokranialen Kondylenkontur erfasst (Abb. 8). Zu dieser gedachten Verbindungslinie wurde die Position des Discus bestimmt.

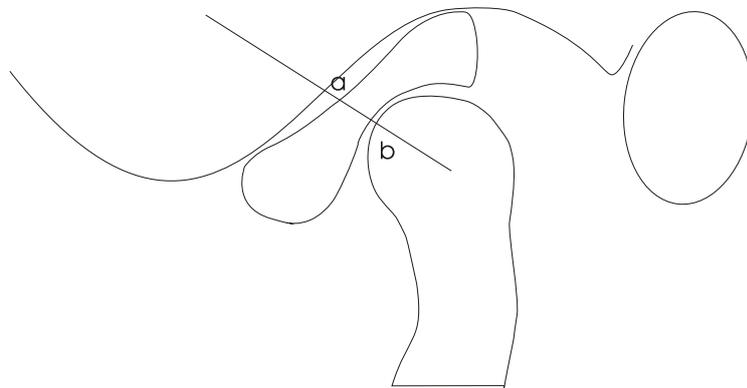


Abb. 8: Darstellung der kürzesten Distanz zwischen der Protuberantia articularis (a) und dem Kondylus (b).

Unter physiologischen Bedingungen soll die Discusmitte auf der Geraden liegen. Befindet sich die Pars intermedia des Discus articularis (Discusmitte) weiter ventral, so liegt je nach Ausmaß der Differenz eine partielle oder totale anteriore Verlagerung vor. Von einer partiellen anterioren Discusverlagerung spricht man, wenn die Pars posterior des Discus sich noch auf dem Kondylus befindet. Bei einer totalen anterioren Discusverlagerung dagegen liegt der Hinterrand des Discus vor dem Kondylus, und somit vor der gedachten Verbindungslinie. Die Entscheidung, ob nun eine partielle oder totale Discusverlagerung vorlag, wurde durch die als schlechter bewertete Discus-Kondylus-Relation der beiden MRT-Schichten gefällt.

Das Ergebnis der visuellen Analyse ergab, dass in Gruppe A eine physiologische Discus-Kondylus-Relation vorlag (Abb. 9 auf der nächsten Seite). In Gruppe B war in einem der beiden Schnitte der Discus eindeutig nach anterior verlagert, in Gruppe C dagegen war der Discus in der lateralen und medialen Schicht eindeutig nach anterior verlagert. Diese Gruppeneinteilung galt nur für die

magnetresonanztomographischen Untersuchungen.

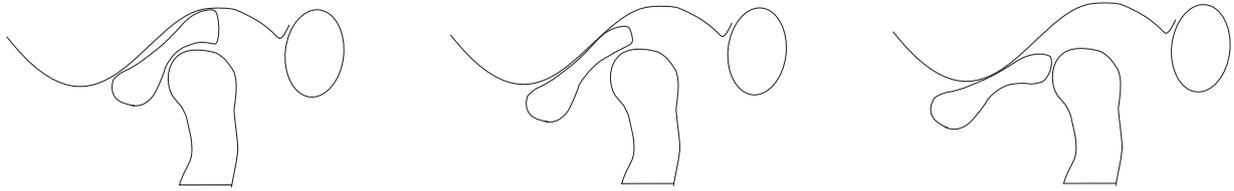


Abb. 9: Gruppe A: physiologische Discus-Kondylus-Relation (n=20) Gruppe B: partielle anteriore Discusverlagerung (n=21) Gruppe C: totale anteriore Discusverlagerung (n=6)

3.7 Metrische MRT-Analyse I

Bei der Analyse I handelt es sich um eine metrische Vermessungsmethode von MRTs des Kiefergelenkes. Um die Relationen der einzelnen Kiefergelenkstrukturen zu untersuchen, wurden Discus und Kondylus in Relation zu einer Referenzgeraden, die entlang der Protuberantia articularis der Fossa verlief, vermessen.

Alle MRTs der rechten Kiefergelenke wurden nach demselben Verfahren digitalisiert und vergleichbar zu den FRS ausgewertet. Für diese Analyse war die Eingabe von 17 verschiedenen Referenzpunkten (Abb. 10 auf der nächsten Seite) auf den MRTs in dem Programm „FR-WIN“ nötig.

3.7.1 Definition der Referenzpunkte

Bei den Referenzpunkten handelt es sich um Punkte, die die Konturen der Fossa, des Discus und des Kondylus beschreiben.

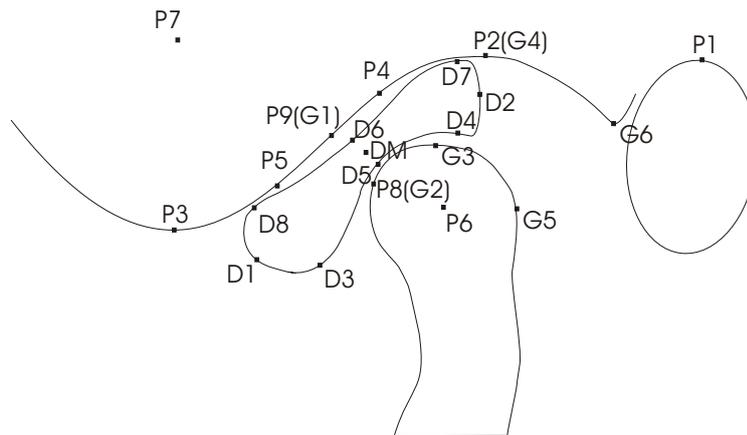


Abb. 10: Referenzpunkte, Referenzlinien und Messstrecken der MRT-Analyse I

D1	ventralster Punkt des Discus
D2	dorsalster Punkt des Discus
D3	kaudalster Punkt der Pars anterior des Discus
D4	kaudalster Punkt der Pars posterior des Discus
D5	kaudalster Punkt der Pars intermedia des Discus
D6 (Pint)	kranialster Punkt der Pars intermedia des Discus
D7	kranialster Punkt der Pars posterior des Discus
D8	kranialster Punkt der Pars anterior des Discus
P1	Zenit des Porus acusticus externus
P2 (G4)	Zenit der Fossa articularis
P3	tiefster Punkt der Eminentia articularis
P4	Punkt rechts des Wendepunktes (P9) im linearen Anteil der Protuberantia articularis
P5	Punkt links des Wendepunktes (P9) im linearen Anteil der Protuberantia articularis
P6	Zentrum des Kondylus
P7	Zentrum der Eminentia
P8 (G2)	Kondyluspunkt, der der Protuberantia am nächsten liegt
P9 (G1)	Wendepunkt der Protuberantia
G3	kranialster Punkt des Kondylus
G5	dorsalster Punkt des Kondylus
G6	ventralster Punkt der Pars tympanica

Mit Hilfe dieser Referenzpunkte war es möglich, verschiedene Variablen zu berechnen, die Aussagen über eine therapeutisch bedingte Lageveränderung von Kondylus und Discus zulassen. Alle Messungen bezogen sich auf definierte Bezugslinien und konstruierte Hilfspunkte, die folgendermaßen definiert sind.

3.7.2 Definition der Referenzlinien und Variablen

Die Variablen der Analyse ergeben sich aus Vermessung verschiedener Strecken und Winkel. Die Vorgehensweise ist im nachfolgenden Absatz beschrieben. Einige der hier dargestellten Variablen werden in der weiter unten beschriebenen „MRT-Box“ (Seite 32) zusammengestellt.

Protuberantia-Tangente

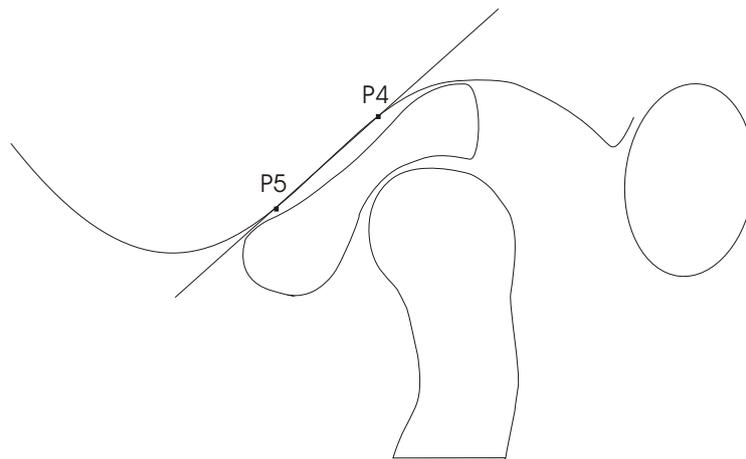


Abb. 11: Schematische Darstellung der Protuberantia-Tangente (durch P4 und P5), die die Bezugslinie dieser MRT-Analyse ist. Auf sie werden andere Referenzpunkte senkrecht projiziert.

Sie stellt die Bezugslinie dieser metrischen Analyse dar und ist definiert durch eine Tangente an der Protuberantia articularis, die durch die Punkte P4 und P5 erstellt wird (Abb. 11).

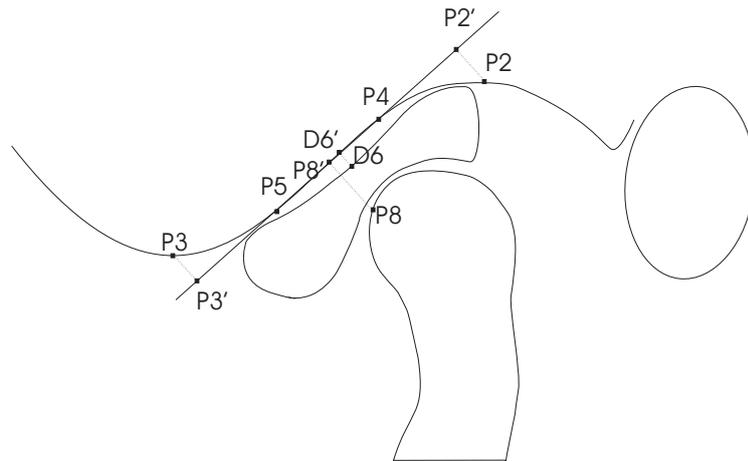


Abb. 12: Schematische Darstellung der Projektion der Eminentia (P3) auf die Protuberantia-Tangente.

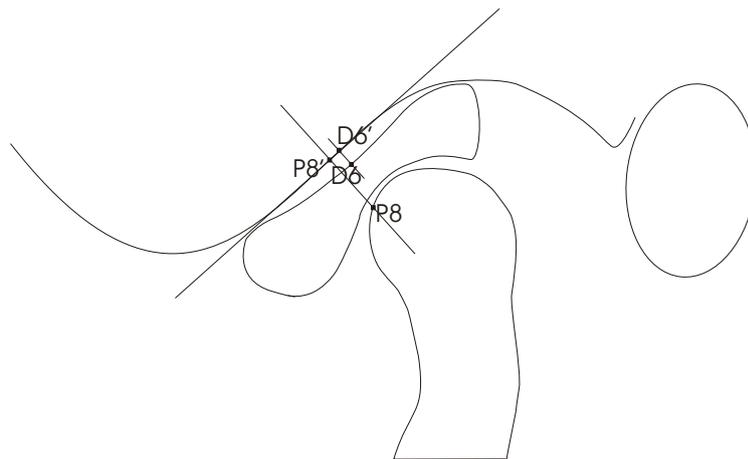


Abb. 13: Schematische Darstellung der Kondylus-Senkrechten durch P8.

Lage zur Eminentia P3

Auf die Protuberantia-Tangente (Abb. 12) werden senkrecht die Referenzpunkte P2, P3, P8 und Pint projiziert. P3' gilt danach als Ausgangspunkt zur Bestimmung der Discus- und Kondylusposition in Relation zur Fossa articularis. Zu ihm wird der Abstand der anderen konstruierten Punkte vermessen.

P3'-Pint	Distanz zwischen P3' und der Pars intermedia (Pint'=D6') des Discus
P3'-P8'	Distanz zwischen P3' und dem Kondyluspunkt, der der Protuberantia am nächsten liegt
RLP2'-P3'	Distanz zwischen P3' und P2' auf der Protuberantia-Tangente

Kondylus-Senkrechte in P8

Diese Gerade dient zur Bestimmung der Discusposition in Relation zum Kondylus. Sie wird senkrecht auf die Protuberantia-Tangente durch den Punkt P8 gefällt (Abb. 13 auf der vorherigen Seite). Die Distanz der konstruierten Punkte P8' und D6' auf der Protuberantia-Tangente beschreibt die Relation von Discus und Kondylus zueinander.

P8'-Pint	Distanz zwischen P8'-D6'
----------	--------------------------

Funktionelle Verbindungslinie P6-P7

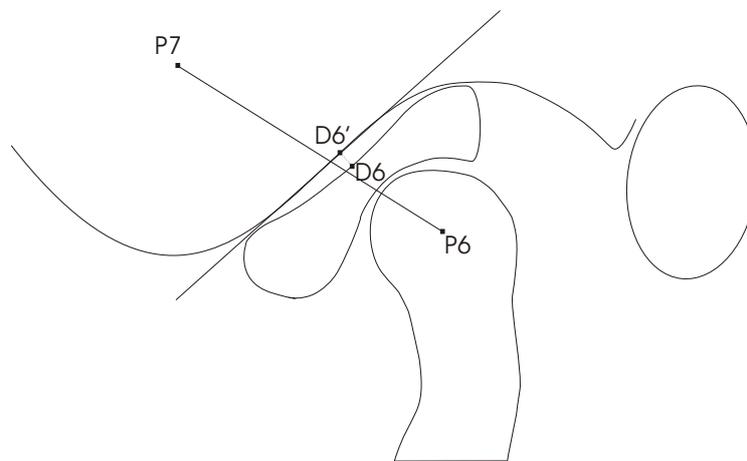


Abb. 14: Schematische Darstellung der funktionellen Linie durch P6/P7 zur Bestimmung der Discuslage in Relation zu Kondylus und Eminentia articularis.

Diese Verbindungslinie durch die Mitte der Eminentia und des Kondylus (Abb. 14) diente zur Bestimmung der Discusposition in Relation zur Eminentia articularis und dem Kondylus.

P6/7-Pint	Distanz zwischen P6/P7 und der Pars intermedia des Discus Pint(=D6')
-----------	--

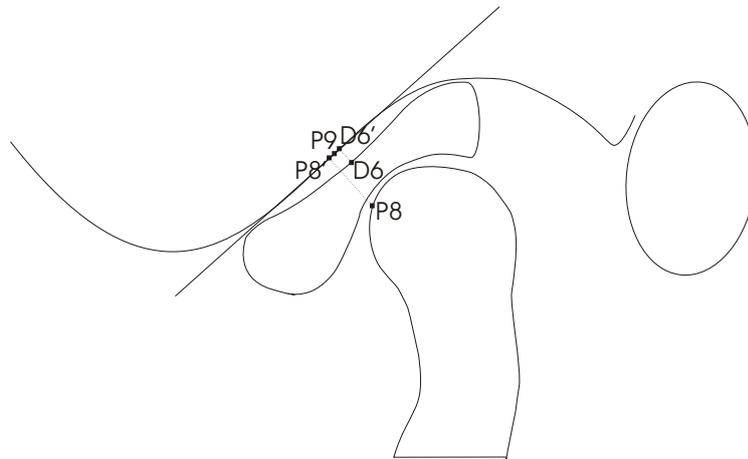


Abb. 15: Schematische Darstellung der Senkrechten auf der Protuberantia-Tangente durch P9 zur Bestimmung der Discuslage in Relation zur Protuberantia.

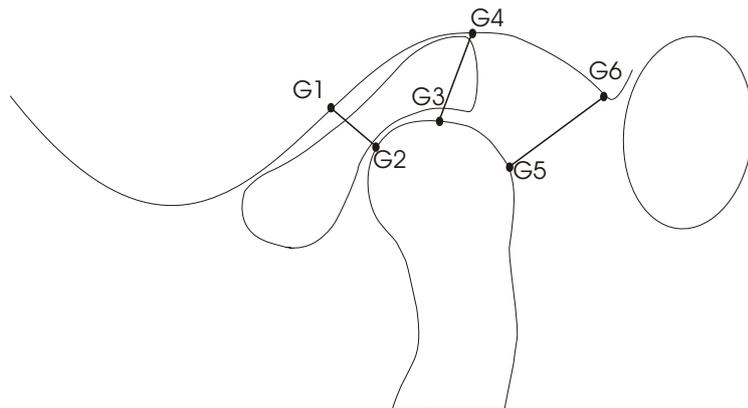


Abb. 16: Schematische Darstellung der Strecken zur Bemessung des anterioren, superioren und posterioren Gelenkspaltes, der sich zwischen dem Kondylus und der Fossa articularis befindet.

Lage zum Wendepunkt P9

Bestimmung der Discus-Kondylus-Position bzw. der relativen Discuslage zum Wendepunkt der Protuberantia (P9) in Abbildung 15:

P9-Pint	Distanz zwischen P9 und D6'
P9-Kondylus-Senkrechte durch P8	Distanz zwischen P9 und P8'

Gelenkspaltmessung

Messung zur Bestimmung der Breite des anterioren, superioren und posterioren Gelenkspaltes (Abbildung 16 auf der vorherigen Seite) und damit der Position des Kondylus in der Fossa articularis:

AJS (anterior joint space)	Distanz zwischen G1-G2
SJS (superior joint space)	Distanz zwischen G3-G4
PJS (posterior joint space)	Distanz zwischen G5-G6
%ventral/dorsal	Relatives Verhältnis des ventralen und dorsalen Gelenkspaltes

Inklination der Protuberantia-Tangente

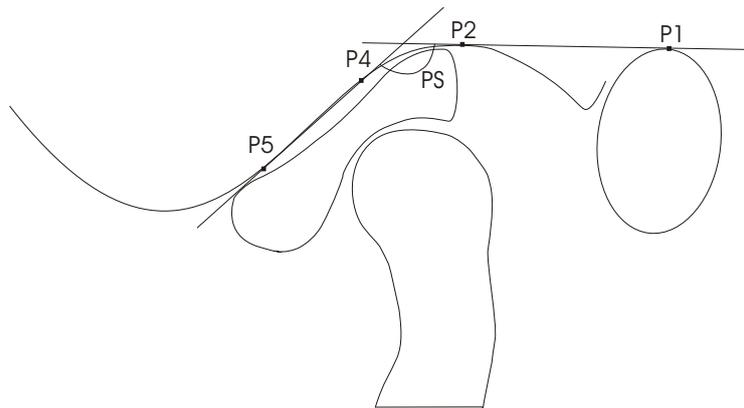


Abb. 17: Schematische Darstellung der Inklination der Protuberantia-Tangente durch die Variable PS. Hierbei wurde der Winkel zwischen der Geraden P1-P2 und der Protuberantia-Tangente gebildet.

In Abbildung 17 wird die Steigung der Protuberantia articularis schematisch dargestellt. Sie wurde durch den Winkel PS (Posterior slope) zwischen den Geraden P1-P2 und der Protuberantia-Tangente (P4-P5) ermittelt.

PS	Posterior slope, Steigung der Protuberantia-Tangente
----	--

3.7.3 MRT-Box

Um die MRT-Analyse I klinisch fassbarer zu machen, wurde eine „Normwert-Tabelle“, die so genannte „MRT-Box“ (Abbildung 18), zusammengestellt (Vargas Pereira(1997)). Mit diesem übersichtlichen Schema lassen sich physiologische und pathologische Lagebeziehungen von Discus, Kondylus und Fossa zueinander in übersichtlicher und reproduzierbarer Form darstellen (Bumann und Lotzmann(2000)).

Diskus zu Fossa		Kondylus zu Fossa			Diskus zu Kondylus	
P3'-Pint	P9-Pint	P3'-P8'	P9-P8	%ven/dor	P8'-Pint	P6/7-Pint
-0,400	-3,900	-1,300	6,100	74,700	-4,700	-4,500
0,800	-3,200	0,000	5,100	61,300	-3,900	-3,800
2,000	-2,500	1,300	4,100	47,900	-3,100	-3,100
3,200	-1,800	2,600	3,100	34,500	-2,300	-2,400
4,400	-1,100	3,900	2,100	21,100	-1,500	-1,700
5,600	-0,400	5,200	1,100	7,700	-0,700	-1,000
6,800	0,300	6,500	0,100	-5,700	-0,100	-0,300
8,000	1,000	7,800	-0,900	-19,100	0,900	0,400
9,200	1,700	9,100	-1,900	-32,500	1,700	1,100
10,400	2,400	10,400	-2,900	-45,900	2,500	1,800
11,600	3,100	11,700	-3,900	-59,300	3,300	2,500
12,800	3,800	13,000	-4,900	-72,200	4,100	3,200
14,000	4,500	14,300	-5,900	-86,900	4,900	3,900

Abb. 18: Darstellung der MRT-Box, einer Normwert-Tabelle, die die klinisch aussagekräftigsten Variablen zusammenfasst. Sie beschreibt in übersichtlicher Weise physiologische und pathologische Lagebeziehungen im Kiefergelenk. Der grau unterlegte mittlere Abschnitt umfasst den Mittelwert +/- einer Standardabweichung und stellt den physiologischen Bereich dar. Abweichungen nach oben sind charakteristisch für eine Ventralverlagerung, Abweichungen nach unten für eine Dorsalverlagerung des Discus und/oder des Kondylus.

Zur Beschreibung dieser Relationen wurden insgesamt sieben Variablen ausgewählt und in dieser Box zusammengefasst. Die Lagebeziehung der einzelnen intraarticulären Strukturen zueinander wird durch jeweils mehrere Variablen dargestellt: Die Relation von Discus zur Fossa articularis wird durch die Variablen P3'-Pint und P9-Pint beschrieben. Die Relation von Kondylus und Fossa articularis wird durch die Variablen P3'-P8', P9-P8' und dem spezifischen Verhältnis von vorderem und hinterem Gelenkspalt %ventral/dorsal erfasst. Die Relationen von Discus und Kondylus

werden durch die Variablen P8'-Pint und P6/P7-Pint aufgezeigt. Der grau unterlegte mittlere Abschnitt der MRT-Box umfasst den klinischen Normbereich, hier sind die Durchschnittswerte der physiologischen Gelenkbeziehung (+/- einer Standardabweichung) wiedergegeben. Abweichungen nach oben weisen auf eine Ventralverlagerung, Abweichungen nach unten dagegen auf eine Dorsalverlagerung von Discus bzw. Kondylus in Relation zur Fossa oder vom Discus in Relation zum Kondylus hin.

Aus den Untersuchungsdaten, die in der Abbildung zusammengefasst sind, wird somit ersichtlich, ob eine Lageveränderung der einzelnen Strukturen zueinander vorliegt. Des Weiteren kann im Falle einer pathologischen Veränderung eine Aussage getroffen werden, ob der Discus, der Kondylus oder eventuell beide diese Abweichung hervorrufen. So kann zum Beispiel eine anteriore Discusverlagerung aus einer Ventralverlagerung des Discus oder aus einer Rückverlagerung des Kondylus resultieren (Vargas Pereira(1997); Bumann und Lotzmann(2000)).

3.8 Metrische MRT-Analyse II

Hierbei handelt es sich um eine von Bumann neu entwickelte metrische MRT-Analyse. Durch Einführung neuer Parameter konnten die rein sagittalen Lageveränderungen von Kondylus und Discus articularis bezüglich einer festgelegten vertikalen Referenzgeraden ermittelt werden. Ausgewertet wurden dieselben MRTs wie in der Analyse I.

3.8.1 Definition der Referenzpunkte

Die Ausführung der Analyse II erfolgte in Analogie zu der Analyse I. Alle Referenzpunkte für beide Analysen wurden gleichzeitig in einem Auswertungsvorgang erfasst. Die Punkte dieser Analyse sind in Abbildung 19 auf der nächsten Seite dargestellt und fanden alle, mit Ausnahme des Punktes DM, auch in der MRT-Analyse I Verwendung.

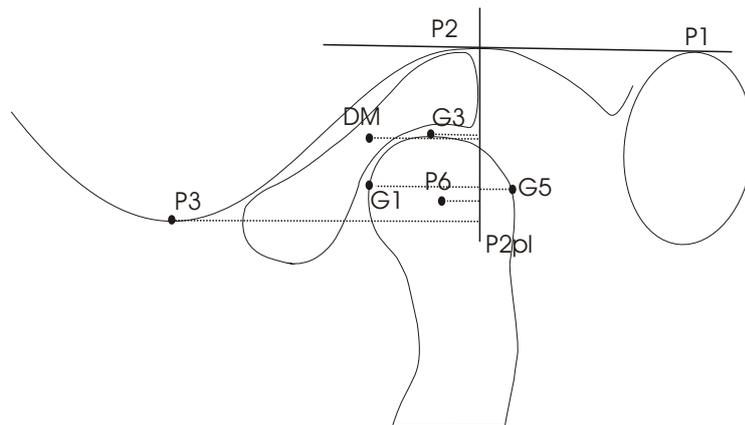


Abb. 19: Schematische Darstellung der Referenzpunkte, Referenzlinien und Messstrecken der MRT-Analyse II

DM	Zentrum des Discus
P1	Zenit des Porus acusticus externus
P2	Zenit der Fossa articularis
P3	tiefster Punkt der Eminentia articularis
P6	Zentrum des Kondyluskopfes
G1	ventralster Punkt des Kondylus mit geringstem Abstand zur Protuberantia
G3	kranialster Punkt am Kondylus
G5	dorsalster Punkt am Kondylus

3.8.2 Definition der Referenzlinien und der Variablen

Die Referenzlinie ist definiert als eine Senkrechte auf die Hilfsgerade P1-P2. Sie verläuft durch den Zenit der Fossa: P2-perpendicular (P2pL) (Abb. 19).

P1-P2	Hilfsgerade vom oberen Rand des Porus acusticus (P1) zum Zenit der Fossa (P2)
P2pL	Senkrechte auf die Gerade P1-P2 durch den Zenit der Fossa articularis gefällt

Die folgenden Variablen ergeben sich aus der Berechnung des kürzesten Abstandes der einzelnen Referenzpunkte zu der Bezugslinie P2pL:

P2pL-G3	ventraler Punkt des Kondylus
P2pL-G1	kranialer Punkt des Kondylus
P2pL-G5	dorsaler Punkt des Kondylus
P2pL-P6	Zentrum des Kondylus
P2pL-DM	Zentrum des Discus
P2pL-P3	Eminentia

Da es sich um ein neue Messmethode handelt, gibt es noch keine Vergleichswerte, die physiologische bzw. pathologische Bereiche (ähnlich der MRT-Box) definieren. Diese Einteilung ist derzeit Gegenstand einer anderen Studie (unter der Leitung von Professor Bumann).

4 Ergebnisse

Ziel der Studie war es, die Einflüsse des Herbstscharniers auf das Kiefergelenk und Teile des Gesichtschädels zu untersuchen. Hierzu wurden verschiedene Analyseverfahren angewandt. Die Ergebnisse sind im folgenden Kapitel beschrieben.

4.1 Methodenfehler

Der Methodenfehler wurde mittels der Methode nach Dahlberg (Dahlberg(1940)) berechnet. Im Anschluss daran erfolgte die Ermittlung der Zuverlässigkeit der Werte nach der Formel von Houston (Houston(1983)).

4.1.1 Kephalometrische Analyse

Die Fehlerberechnung der Variablen der kephalometrischen Analyse ergab, dass der Methodenfehler zwischen 0,52mm und 0,99mm lag (Tab. 5).

	Dahlberg		Houston	
	t_0	t_1	t_0	t_1
ss/OLp	0,60	0,52	0,99	0,99
ar/OLp	0,53	0,52	0,99	0,99
ii/OLp	0,99	0,60	0,98	0,99
is/OLp	0,70	0,57	0,99	0,99
mi/OLp	0,72	0,79	0,99	0,99
pg/OLp	0,90	0,82	0,98	0,99
ms/OLp	0,69	0,77	0,99	0,99

Tabelle 5: Tabellarische Darstellung des Methodenfehlers nach Dahlberg und des Zuverlässigkeitskoeffizienten nach Houston, beschrieben für alle Variablen der kephalometrischen Analyse zu den Zeitpunkten *FRS* t_0 und *FRS* t_1 . Die Fehlerangabe erfolgt in Millimeter.

Der Zuverlässigkeitskoeffizient belief sich bis auf zwei Ausnahmen (je 0,98) immer auf 0,99 (Tab. 5). Alle Koeffizienten lagen damit über der von Mitgaard geforderten Grenze von 0,97. Dies besagt, dass der zufällige Messfehler in Relation zu dem Gesamtfehler sehr gering ausgefallen ist und sich die Werte als sehr zuverlässig erwiesen.

4.1.2 MRT-Analyse I

Die Fehlerangaben wurden für den medialen und den lateralen MRT-Schnitt sowie für jeden einzelnen Untersuchungszeitpunkt gesondert berechnet. Der Methodenfehler der MRT-Analyse I lag bei den Streckenmessungen zwischen 0,13 mm und 0,57 mm. Die Vermessung der Steigung der Protuberantia articularis (PS) ergab eine Abweichung zwischen 2,67° und 4,34° (Tab. 6). Der Methodenfehler des Verhältnisses des vorderen und hinteren Gelenkspaltes (%ventral/dorsal) betrug zwischen 4,90% und 7,62%. Eine ausführliche Definition und bildliche Darstellung der Variablen der MRT-Analyse I ist in Kapitel 3.7 auf Seite 25 zu finden.

	t_0		t_1		t_2	
	lateral	medial	lateral	medial	lateral	medial
%vent/dors	4,90	6,51	5,48	5,10	7,62	7,43
AJS	0,18	0,18	0,38	0,42	0,22	0,19
P1-P2	0,54	0,44	0,64	0,50	0,48	0,52
P2pl-MD	0,40	0,42	0,48	0,49	0,35	0,35
P2pl-G1	0,35	0,31	0,47	0,53	0,32	0,28
P2pl-G3	0,26	0,20	0,41	0,44	0,22	0,20
P2pl-G5	0,37	0,33	0,48	0,45	0,33	0,34
P2pl-P3	0,57	0,44	0,60	0,73	0,55	0,49
P2pl-P6	0,40	0,29	0,51	0,56	0,32	0,29
P3-P6	0,35	0,33	0,57	0,53	0,35	0,39
P3MoD	0,30	0,38	0,42	0,42	0,37	0,31
P3'-P8'	0,31	0,28	0,44	0,42	0,30	0,35
P3-Pint	0,30	0,41	0,40	0,50	0,36	0,30
P6/P7-Pint	0,24	0,37	0,27	0,28	0,27	0,26
P8-Pint	0,24	0,35	0,26	0,29	0,29	0,28
P9-P8	0,32	0,31	0,52	0,49	0,30	0,41
P9-Pint	0,35	0,44	0,48	0,47	0,35	0,40
PS	3,54	2,67	4,34	4,28	3,07	3,00
PJS	0,18	0,31	0,40	0,24	0,21	0,16
RLP2'-P3'	0,27	0,27	0,32	0,41	0,28	0,29
SJS	0,20	0,14	0,30	0,16	0,14	0,13

Tabelle 6: Tabellarische Darstellung des Methodenfehlers nach Dahlberg für die MRT-Analyse I. Der Fehler wurde im lateralen und medialen MRT-Schnitt für alle Variablen zu den Untersuchungszeitpunkten t_0 , t_1 und t_2 berechnet.

Die Zuverlässigkeitskoeffizienten für die Variablen der MRT-Analyse I lagen zwischen 0,88 und 0,99 (Tab. 7 auf der nächsten Seite). Nur die Messung der Variablen %vent/dorsal zum Zeitpunkt $MRT t_1$ lag unterhalb der von Houston geforderten Grenze von 0,9 (Kapitel 3.1 auf Seite 18). Alle Koeffizienten dieses Zeitpunktes waren im direkten Vergleich mit denen von $MRT t_0$ und MRT

t_2 schlechter. Diese lagen in einem guten ($\geq 0,9$) bis sehr guten ($\geq 0,97$) Bereich. Da dies der einzige Ausreißer war, und die Majorität der Messergebnisse über den geforderten Koeffizienten von 0,97 lag, war die Messmethode aufgrund dieses einen Ergebnisses nicht zu verwerfen.

	t_0		t_1		t_2	
	lateral	medial	lateral	medial	lateral	medial
%vent/dors	0,97	0,91	0,88	0,88	0,92	0,90
AJS	0,97	0,97	0,94	0,93	0,95	0,97
P1-P2	0,92	0,95	0,91	0,94	0,95	0,93
P2pl-MD	0,97	0,97	0,92	0,94	0,97	0,97
P2pl-G1	0,95	0,95	0,94	0,94	0,97	0,98
P2pl-G3	0,95	0,96	0,95	0,95	0,97	0,97
P2pl-G5	0,95	0,95	0,93	0,97	0,96	0,96
P2pl-P3	0,95	0,97	0,93	0,92	0,96	0,96
P2pl-P6	0,94	0,96	0,94	0,96	0,97	0,97
P3-P6	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97
P3MoD	0,98	0,96	0,97	0,96	0,97	0,97
P3'-P8'	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97
P3-Pint	0,97	0,96	0,97	0,94	0,97	0,97
P6/P7-Pint	0,98	0,97	0,93	0,93	0,97	0,98
P8-Pint	0,99	0,98	0,95	0,95	0,98	0,98
P9-P8	0,96	0,97	0,95	0,95	0,97	0,94
P9-Pint	0,94	0,95	0,93	0,92	0,96	0,96
PS	0,94	0,97	0,93	0,93	0,96	0,97
PJS	0,98	0,95	0,97	0,99	0,97	0,98
RLP2'-P3'	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98	0,97
SJS	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98

Tabelle 7: Tabellarische Darstellung des Zuverlässigkeitskoeffizienten nach Houston für die MRT-Analyse I. Der Koeffizient wurde im lateralen und medialen MRT-Schnitt für alle Variablen zu den Untersuchungszeitpunkten t_0 , t_1 und t_2 berechnet.

4.1.3 MRT-Analyse II

Bei der MRT-Analyse II lag der Methodenfehler nach Dahlberg zwischen 0,20 mm und 0,73 mm (Tab. 8).

	t_0		t_1		t_2	
	lateral	medial	lateral	medial	lateral	medial
P1-P2	0,54	0,44	0,64	0,50	0,48	0,52
P2pl-MD	0,40	0,42	0,48	0,49	0,35	0,35
P2pl-G1	0,35	0,31	0,47	0,53	0,32	0,28
P2pl-G3	0,26	0,20	0,41	0,44	0,22	0,20
P2pl-G5	0,37	0,33	0,48	0,45	0,33	0,34
P2pl-P3	0,57	0,44	0,60	0,73	0,55	0,49
P2pl-P6	0,40	0,29	0,51	0,56	0,32	0,29

Tabelle 8: Tabellarische Darstellung des Methodenfehlers nach Dahlberg für die MRT-Analyse II. Der zufällige Fehler wurde im lateralen und medialen MRT-Schnitt für alle Variablen zu den Untersuchungszeitpunkten t_0 , t_1 und t_2 berechnet.

Der Zuverlässigkeitskoeffizient für die MRT-Analyse II lag zwischen 0,91 und 0,98 (Tab. 9). Somit befanden sich alle Ergebnisse über dem Koeffizienten von 0,9. Der von Mitgaard geforderte Wert von 0,97 wurde in dieser Analyse bei einem Viertel der Messwerte erreicht.

	t_0		t_1		t_2	
	lateral	medial	lateral	medial	lateral	medial
P1-P2	0,92	0,95	0,91	0,94	0,95	0,93
P2pl-MD	0,97	0,97	0,92	0,94	0,97	0,97
P2pl-G1	0,95	0,95	0,94	0,94	0,97	0,98
P2pl-G3	0,95	0,96	0,95	0,95	0,97	0,97
P2pl-G5	0,95	0,95	0,93	0,97	0,96	0,96
P2pl-P3	0,95	0,97	0,93	0,92	0,96	0,96
P2pl-P6	0,94	0,96	0,94	0,96	0,97	0,97

Tabelle 9: Tabellarische Darstellung des Zuverlässigkeitskoeffizienten nach Houston für die MRT-Analyse II. Der Koeffizient wurde im lateralen und medialen MRT-Schnitt für alle Variablen zu den Aufnahmezeitpunkten t_0 , t_1 und t_2 berechnet.

4.2 Darstellung der statistischen Ergebnisse

Die Ergebnisse der metrischen Analysen sind in Tabellen des folgenden Abschnittes wiedergegeben. Für jeden Zeitpunkt wurden verschiedene Kennzahlen (Mittelwert, durchschnittliche Abwei-

chung, Standardabweichung, Varianz, Minimum, 25 Quartil, Median, 75 Quartil, Maximum und statistische Signifikanz) ermittelt, die die Daten beschreiben. Die Ergebnisse wurden mit dem „Wilcoxon-Test für Paardifferenzen“ (Rangsummentest) statistisch untersucht. Es wurde dabei auf ein Signifikanzniveau von 5% ($p < 0,05$) zwischen den Aufnahmezeitpunkten t_2 und t_0 getestet. Das Ergebnis dieser Auswertung wird in den Wertetabellen der einzelnen Analysen erfasst und folgendermaßen wiedergegeben:

sig. statistisch signifikante Veränderung ($p < 0,05$)

n.sig. statistisch nicht signifikante Veränderung ($p > 0,05$)

4.3 Ergebnisse der kephalometrischen Analyse

In der vorliegenden Untersuchung wurden verschiedene Variablen zur Bewertung der dentoalveolären und skelettalen Veränderungen herangezogen. Bei allen 47 Patienten kam es zu einer Verbesserung der Okklusion und Reduktion der sagittalen Frontzahnstufe. Die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Effekte trugen zu der Korrektur des Distalbisses bei.

4.3.1 Skelettale Veränderungen

Beurteilt wurden die Lage der Ober- und Unterkieferbasis zu der Bezugslinie OLp (Senkrechte auf die Okklusionslinie OL), die Kondylenlage sowie die Länge der Mandibula (Tabelle 10 auf der nächsten Seite).

Insgesamt ließ sich feststellen, dass sich beide Kieferbasen (ss/OLp, pg/OLp) verlängerten, wobei der Unterkiefer eine deutlich größere Veränderung (5,48 mm) erfuhr als der Oberkiefer (2,48 mm). Die in Tabelle 10 auf der nächsten Seite dargestellte Standardabweichung wies eine geringe Streuung der ermittelten Werte auf. Die gesamte Längenzunahme der Mandibula (pg/OLp plus ar/OLp) betrug im Durchschnitt 5,46 mm. Diese Ergebnisse waren statistisch signifikant.

Der Kondylus (ar/OLp) nahm posttherapeutisch seine ursprüngliche Lage wieder ein. Der Wilcoxon-Test ergab bei dieser Variablen keine signifikante Veränderung.

Variable/Zeit	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.
ss/OLp											
t_0	78,70	3,19	4,00	16,01	67,83	75,07	79,37	81,87	84,57	16,73	
t_1	81,18	3,51	4,21	17,73	70,93	77,03	81,67	85,23	87,70	16,77	
$t_1 - t_0$	2,48	1,45	1,80	3,25	-1,00	1,03	2,40	3,47	6,00	7,00	sig.
ar/OLp											
t_0	11,18	3,21	3,84	14,77	2,13	7,93	11,07	14,57	17,77	15,63	
t_1	11,17	3,43	4,19	17,57	2,33	7,70	11,53	13,87	20,17	17,83	
$t_1 - t_0$	-0,01	1,68	2,28	5,19	-3,90	-1,83	-0,13	1,13	5,90	9,80	n.sig.
pg/OLp											
t_0	77,98	3,78	4,59	21,06	68,77	73,10	78,30	81,10	87,97	19,20	
t_1	83,45	3,92	5,01	25,14	73,17	79,07	83,67	86,53	95,30	22,13	
$t_1 - t_0$	5,48	2,21	2,83	8,01	0,37	2,90	5,43	7,20	13,00	12,63	sig.
pg/OLp plus ar/OLp											
t_0	89,15	4,44	5,46	29,80	76,83	85,30	88,03	93,50	100,47	23,63	
t_1	94,62	4,16	5,32	28,25	83,17	90,80	94,50	97,93	107,57	24,40	
$t_1 - t_0$	5,46	2,00	2,60	6,77	0,43	3,23	5,40	6,67	12,83	12,40	sig.

Tabelle 10: Variablen der kephalometrischen Analyse zur Darstellung der skelettaler Veränderungen.

Dargestellt sind beschreibende statistische Kennzahlen dieser Variablen für die Behandlungszeitpunkte t_0 und t_2 .

4.3.2 Dentale Veränderungen

Vermessen wurden die rein sagittalen Bewegungen der Frontzähne und der ersten Molaren. Die Inzisivi des Oberkiefers bewegten sich um durchschnittlich 0,85 mm nach mesial, während die Stellung der Unterkieferfrontzähne innerhalb des Kiefers unverändert blieb (Tab. 11 auf der nächsten Seite). Die Lageveränderung des unteren ersten Molaren fiel ähnlich aus wie die Verlagerung des oberen Molaren, im Durchschnitt 1,48 mm im Unterkiefer bzw. 1,59 mm im Oberkiefer. Die Bewegungen erfolgten in beiden Kiefern nach dorsal und erwiesen sich auf dem 5% Niveau als statistisch signifikant.

4.3.3 Skelettale und dentale Veränderungen

Durch die Kombination der dentoalveolären und skelettalen Effekte konnte der Overjet (sagittale Frontzahnstufe) um durchschnittlich 2,28 mm verkleinert werden und betrug nach der Behandlung zwischen 2,43 und 6,63 mm (Tab. 12 auf der nächsten Seite). Die Molarenrelation veränderte sich um durchschnittlich 3,11 mm und erreichte eine neutrale Okklusionsbeziehung, was sich in einem negativen Wert der Variablen ms/OLp minus mi/OLp widerspiegelte (Tab. 12 auf der nächsten Seite).

Die Ergebnisse erwiesen sich bis auf die der Variable ms/OLp als statistisch signifikant.

Variable/Zeit	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.
is/OLp minus ss/OLp											
t_0	6,06	2,00	2,72	7,42	-2,23	4,80	6,40	7,97	10,87	13,10	sig.
t_1	6,91	1,81	2,42	5,84	-0,53	5,33	6,73	8,37	11,90	12,43	
$t_1 - t_0$	0,85	1,63	1,96	3,85	-2,83	-0,73	0,87	2,43	4,40	7,23	
ii/OLp minus pg/OLp											
t_0	0,91	2,81	3,42	11,69	-8,10	-2,07	0,83	3,60	8,37	16,47	n.sig.
t_1	1,06	2,89	3,78	14,28	-11,97	-1,77	1,13	3,90	7,97	19,93	
$t_1 - t_0$	0,14	1,43	1,87	3,48	-3,87	-0,90	-0,20	1,33	3,97	7,83	
ms/OLp minus ss/OLp											
t_0	-44,18	3,18	4,26	18,16	-50,90	-47,27	-44,83	-42,37	-32,13	18,77	sig.
t_1	-45,77	3,84	5,41	29,31	-55,43	-48,87	-46,33	-43,03	-28,23	27,20	
$t_1 - t_0$	-1,59	3,01	3,72	13,86	-9,43	-4,27	-1,93	1,23	5,37	14,80	
mi/OLp minus pg/OLp											
t_0	-44,27	3,09	3,92	15,34	-52,03	-46,50	-45,43	-41,87	-33,73	18,30	sig.
t_1	-45,75	3,83	5,00	25,02	-54,83	-49,33	-46,23	-42,57	-33,40	21,43	
$t_1 - t_0$	-1,48	3,16	3,82	14,56	-8,90	-4,67	-2,30	2,43	6,90	15,80	

Tabelle 11: Variablen der kephalometrischen Analyse zur Darstellung der dentalen Veränderungen. Dargestellt sind beschreibende statistische Kennzahlen dieser Variablen für die Behandlungszeitpunkte t_0 und t_2 .

Variable/Zeit	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.
ii/OLp											
t_0	78,89	3,70	4,60	21,14	69,23	75,47	78,90	81,67	88,00	18,77	sig.
t_1	84,51	3,84	4,92	24,23	73,13	81,03	84,20	88,43	94,23	21,10	
$t_1 - t_0$	5,62	1,83	2,44	5,95	0,77	3,63	5,47	6,67	11,47	10,70	
is/OLp											
t_0	84,76	3,51	4,26	18,15	76,53	81,27	85,53	88,20	92,83	16,30	sig.
t_1	88,10	3,92	4,98	24,84	78,30	84,80	88,17	92,13	98,30	20,00	
$t_1 - t_0$	3,33	1,65	2,07	4,30	-1,07	2,13	2,80	4,80	7,33	8,40	
mi/OLp											
t_0	33,71	3,94	4,86	23,62	25,07	29,83	33,00	37,03	45,47	20,40	sig.
t_1	37,70	4,47	5,30	28,12	26,23	33,07	36,93	41,50	49,17	22,93	
$t_1 - t_0$	4,00	2,29	2,90	8,42	-0,67	1,37	3,57	5,50	12,57	13,23	
ms/OLp											
t_0	34,52	3,54	4,46	19,85	27,70	31,03	33,40	37,10	43,73	16,03	n.sig.
t_1	35,41	4,68	5,59	31,22	25,97	30,13	34,63	39,77	47,50	21,53	
$t_1 - t_0$	0,89	2,65	3,47	12,04	-6,17	-1,30	0,57	2,93	10,93	17,10	
is/OLp minus ii/OLp											
t_0	5,87	1,70	2,05	4,20	2,13	4,23	5,53	7,17	10,30	8,17	sig.
t_1	3,59	0,60	0,86	0,75	2,43	3,03	3,40	3,80	6,63	4,20	
$t_1 - t_0$	-2,28	1,67	1,99	3,98	-6,63	-4,37	-2,17	-0,63	0,73	7,37	
ms/OLp minus mi/OLp											
t_0	0,82	1,26	1,62	2,61	-3,53	-0,37	0,73	1,87	3,93	7,47	sig.
t_1	-2,30	1,24	1,59	2,52	-6,90	-3,37	-1,93	-1,20	0,60	7,50	
$t_1 - t_0$	-3,11	1,26	1,71	2,91	-7,47	-4,07	-3,00	-2,10	1,07	8,53	

Tabelle 12: Variablen der kephalometrischen Analyse zur Darstellung der kombinierten skelettalen und dentalen Veränderungen. Dargestellt sind beschreibende statistische Kennzahlen dieser Variablen für die Behandlungszeitpunkte t_0 und t_2 .

4.4 Ergebnisse der MRT-Analysen

4.4.1 Visuelle Beurteilung der MRTs

Um die Auswirkungen des Herbstscharniers auf die Discuslage in Relation zum Kondylus besser beurteilen zu können, wurden alle Patienten dieser Studie ($n=47$) anhand der visuellen MRT-Analyse in drei Gruppen eingeteilt (Abb. 9 auf Seite 25 auf Seite 25). Hieraus ergab sich, dass bei 20 der 47 Patienten eine physiologische Discus-Kondylus-Relation vorlag (Gruppe A). Weitere 21 Jugendliche wiesen eine partielle anteriore Discusverlagerung (Gruppe B) auf. Eine totale anteriore Discusverlagerung (Gruppe C) war bei sechs Patienten visuell im MRT diagnostizierbar (Tab. 13).

Gruppe	Kriterium	Anzahl ($n=47$)
A	physiologische Discus-Kondylus-Beziehung	20
B	partielle anteriore Discus- Vorverlagerung	21
C	totale anteriore Discus Vorverlagerung	6

Tabelle 13: Einteilung des Patientenkollektivs ($n=47$) in drei klinische Gruppen bezüglich der Discus-Kondylus-Relation.

Bei Beurteilung der MRTs zum Zeitpunkt t_2 fiel auf, dass sich bei 29 der 47 Patienten die Relation von Discus und Kondylus nicht verändert hatte. Bei 17 Jugendlichen mit diagnostizierter anteriorer Discusverlagerung war posttherapeutisch visuell eine Verbesserung des Verhältnisses von Discus und Kondylus zu erkennen. Bei einem Patienten mit totaler Discusverlagerung war eine Normalisierung der Relation in den physiologischen Bereich eingetreten. Nach visueller Einschätzung lag der Discus hier wieder auf dem Kondylus.

Die MRT-Analyse I ist eine metrische Vermessungsmethode. Mit ihr lassen sich bestehende Kiefergelenksverhältnisse sowie Relativbewegungen von Discus und Kondylus quantitativ erfassen. Beim direkten Vergleich der Kennzahlen der lateralen und medialen Schicht ließ sich erkennen, dass die Messungen mehrheitlich ähnliche Werte ergaben. Kennzahlen zu den Messwerten sind in den folgenden Tabellen zu finden.

4.4.2 Auswertung der MRT-Analyse I

Insgesamt ließ sich anhand der Ergebnisse der Analyse ersehen, dass es durch Eingliederung des Herbstscharniers (Zeitpunkt $MRT t_1$) zu einer Kondylenvorverlagerung innerhalb der Fossa kam. Am Ende der Herbstbehandlung (Zeitpunkt $MRT t_2$) nahm der Gelenkkopf jedoch seine ursprüngliche Stelle in der Fossa wieder ein, obwohl die Okklusion einer überkorrigierten Klasse I entsprach. Nachfolgend werden die gemessenen Relationen im Detail beschrieben.

Relation Discus zu Kondylus

Metrisch spiegelte sich die Discusvorverlagerung in Relation zum Kondylus in den Variablen P8'-Pint und P6/7-Pint wieder. Die statistischen Kennzahlen von Gruppe A (physiologische Verhältnisse) bis Gruppe C (totale anteriore Discusverlagerung) unterschieden sich prätherapeutisch deutlich in der Hinsicht, dass die Werte immer stärker von der Mitte des physiologischen Bereiches abwichen (Abb. 20 auf der nächsten Seite, 21 auf Seite 47, 22 auf Seite 48). Im Schnitt differierten die Werte zwischen den Gruppen um jeweils circa 1,2 mm. Zudem ist zu erkennen, dass die Standardabweichung ebenfalls zunahm (Tab. 14, 15 auf der nächsten Seite, 16 auf Seite 48).

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.
P6/P7-Pint												
t_0	lateral	0,03	0,45	0,58	0,33	-0,63	-0,50	-0,07	0,27	1,57	2,20	
	medial	0,00	0,62	1,20	1,44	-1,13	-0,73	-0,08	0,17	4,70	5,83	
t_1	lateral	0,36	0,45	0,61	0,37	-0,43	0,00	0,15	0,57	2,27	2,70	
	medial	0,37	0,45	0,67	0,44	-0,87	0,00	0,20	0,53	2,40	3,27	
t_2	lateral	-0,25	0,46	0,52	0,27	-1,07	-0,73	-0,33	0,17	0,60	1,67	
	medial	-0,22	0,41	0,53	0,28	-1,23	-0,60	-0,20	0,00	0,93	2,17	
$t_2 - t_0$	lateral	-0,28	0,65	0,76	0,57	-1,53	-0,93	-0,10	0,27	0,90	2,43	n.sig.
	medial	-0,22	0,66	1,15	1,31	-4,33	-0,37	0,07	0,27	1,73	6,07	n.sig.
P8-Pint												
t_0	lateral	0,31	0,33	0,41	0,17	-0,63	0,03	0,27	0,63	0,93	1,57	
	medial	0,19	0,58	0,96	0,93	-3,27	0,00	0,35	0,70	1,43	4,70	
t_1	lateral	-0,62	0,42	0,55	0,30	-1,83	-1,03	-0,65	-0,23	0,27	2,10	
	medial	-0,78	0,41	0,50	0,25	-1,87	-1,20	-0,75	-0,43	0,03	1,90	
t_2	lateral	0,42	0,43	0,52	0,27	-0,23	-0,03	0,25	0,60	1,53	1,77	
	medial	0,27	0,42	0,58	0,33	-1,07	-0,07	0,27	0,53	1,30	2,37	
$t_2 - t_0$	lateral	0,11	0,50	0,65	0,43	-0,70	-0,40	-0,03	0,23	1,50	2,20	n.sig.
	medial	0,08	0,61	0,99	0,98	-1,53	-0,40	-0,08	0,13	3,43	4,97	n.sig.

Tabelle 14: Gruppe A, Variablen der MRT-Analyse I zur Darstellung der Discus-Kondylus-Beziehung.

Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

Diskus zu Fossa		Kondylus zu Fossa			Diskus zu Kondylus	
P3'-Pint	P9-Pint	P3'-P8'	P9-P8	%ven/dor	P8'-Pint	P6/7-Pint
-0,400	-3,900	-1,300	6,100	74,700	-4,700	-4,500
0,800	-3,200	0,000	5,100	61,300	-3,900	-3,800
2,000	-2,500	1,300	4,100	47,900	-3,100	-3,100
3,200	-1,800	2,600	3,100	34,500	-2,300	-2,400
4,400	-1,100	3,900	2,100	21,100	-1,500	-1,700
5,600	-0,400	5,200	1,100	7,700	-0,700	-1,000
6,800	0,300	6,500	0,100	-5,700	-0,100	-0,300
8,000	1,000	7,800	-0,900	-19,100	0,900	0,400
9,200	1,700	9,100	-1,900	-32,500	1,700	1,100
10,400	2,400	10,400	-2,900	-45,900	2,500	1,800
11,600	3,100	11,700	-3,900	-59,300	3,300	2,500
12,800	3,800	13,000	-4,900	-72,200	4,100	3,200
14,000	4,500	14,300	-5,900	-86,900	4,900	3,900

Abb. 20: MRT-Box mit eingetragenen Durchschnittswerten der lateralen Aufnahme der Gruppe A. Hier ist erkennbar, dass in dieser Gruppe vor und nach der Behandlung physiologische Kiefergelenksverhältnisse vorlagen. (*MRT* t_0 -schwarzer Strich, *MRT* t_1 -hellgrau gestrichelte Linie, *MRT* t_2 -grau gestrichelte Linie)

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P6/P7-Pint													
t_0	lateral	-1,21	0,63	0,79	0,63	-2,20	-1,77	-1,53	-0,87	0,53	2,73	n.sig. sig.	
	medial	-1,51	0,50	0,73	0,54	-2,50	-2,10	-1,70	-1,30	0,67	3,17		
t_1	lateral	0,38	0,44	0,59	0,35	-0,43	-0,03	0,17	0,43	1,97	2,40		
	medial	0,24	0,47	0,64	0,41	-1,70	-0,17	0,23	0,63	1,23	2,93		
t_2	lateral	-0,99	0,56	0,72	0,52	-2,57	-1,53	-0,93	-0,67	0,43	3,00		
	medial	-1,01	0,72	0,86	0,74	-2,57	-1,73	-1,17	-0,33	0,33	2,90		
$t_2 - t_0$	lateral	0,22	0,58	0,77	0,59	-1,40	-0,43	0,30	0,53	2,23	3,63		
	medial	0,50	0,80	0,95	0,90	-1,37	-0,27	0,30	1,30	2,03	3,40		
P8-Pint													
t_0	lateral	1,99	0,52	0,72	0,52	-0,10	1,60	2,07	2,47	3,00	3,10		n.sig. sig.
	medial	2,24	0,55	0,76	0,58	0,27	2,00	2,30	2,63	3,33	3,07		
t_1	lateral	-0,78	0,63	0,90	0,82	-2,30	-1,40	-0,77	-0,33	1,60	3,90		
	medial	-0,57	0,69	1,01	1,02	-2,07	-1,17	-0,90	-0,23	2,60	4,67		
t_2	lateral	1,51	0,74	0,93	0,87	-0,20	0,60	1,53	2,13	3,33	3,53		
	medial	1,55	0,94	1,08	1,16	-0,40	0,30	1,63	2,50	3,00	3,40		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,48	0,83	1,04	1,07	-2,47	-1,37	-0,53	0,17	1,30	3,77		
	medial	-0,69	0,92	1,17	1,36	-2,83	-1,63	-0,60	0,03	1,37	4,20		

Tabelle 15: Gruppe B, Variablen der MRT-Analyse I zur Darstellung der Discus-Kondylus-Beziehung.

Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 , sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

In Gruppe A lagen die beiden Strukturen prä- wie posttherapeutisch in physiologischer Beziehung zueinander. Die Werte der Variablen P6/7-Pint' und P8'-Pint' lagen im physiologischen (grau unterlegten) Bereich der MRT-Box (Abb. 20 auf der vorherigen Seite). Die Messergebnisse sind in Tabelle 14 auf Seite 45 wiedergegeben.

Diskus zu Fossa		Kondylus zu Fossa			Diskus zu Kondylus	
P3'-Pint	P9-Pint	P3'-P8'	P9-P8	%ven/dor	P8'-Pint	P6/7-Pint
-0,400	-3,900	-1,300	6,100	74,700	-4,700	-4,500
0,800	-3,200	0,000	5,100	61,300	-3,900	-3,800
2,000	-2,500	1,300	4,100	47,900	-3,100	-3,100
3,200	-1,800	2,600	3,100	34,500	-2,300	-2,400
4,400	-1,100	3,900	2,100	21,100	-1,500	-1,700
5,600	-0,400	5,200	1,100	7,700	-0,700	-1,000
6,800	0,300	6,500	0,100	-5,700	-0,100	-0,300
8,000	1,000	7,800	-0,900	-19,100	0,900	0,400
9,200	1,700	9,100	-1,900	-32,500	1,700	1,100
10,400	2,400	10,400	-2,900	-45,900	2,500	1,800
11,600	3,100	11,700	-3,900	-59,300	3,300	2,500
12,800	3,800	13,000	-4,900	-72,200	4,100	3,200
14,000	4,500	14,300	-5,900	-86,900	4,900	3,900

Abb. 21: MRT-Box mit eingetragenen Durchschnittswerten der lateralen Aufnahme der Gruppe B. Das Missverhältnis von Discus und Kondylus zueinander resultiert aus einer Vorverlagerung es Discus und einer Rückverlagerung des Kondylus in Relation zur Fossa (*MRT* t_0 -schwarzer Strich, *MRT* t_1 -hellgrau gestrichelte Linie, *MRT* t_2 -grau gestrichelte Linie).

In Gruppe B dagegen waren prätherapeutisch bei allen der 21 Patienten Anzeichen einer partiellen anterioren Verlagerung zu erkennen (Abb. 21). Posttherapeutisch wurde bei 14 Patienten visuell eine Veränderung der Discuslage zum Kondylus verzeichnet. Metrisch machte sich dies im medialen MRT-Schnitt bemerkbar. Hier ergaben die Werte bei den beiden Variablen P8'-Pint und P6/7-Pint, dass sich die Relation statistisch signifikant verbesserte (Tab. 15 auf der vorherigen Seite). Somit hatte die Therapie mit dem Herbstscharnier einen positiven Einfluss auf die vorliegende partielle anteriore Discusverlagerung.

In Gruppe C kam es zu keiner statistisch nachweisbaren Veränderung der Relation (Tab. 16 auf der nächsten Seite). Dennoch war posttherapeutisch in drei von sechs Fällen eine Verbesserung der Relation bis hin zur physiologischen Beziehung von Discus und Kondylus feststellbar.

Diskus zu Fossa		Kondylus zu Fossa			Diskus zu Kondylus	
P3'-Pint	P9-Pint	P3'-P8'	P9-P8	%ven/dor	P8'-Pint	P6/7-Pint
-0,400	-3,900	-1,300	6,100	74,700	-4,700	-4,500
0,800	-3,200	0,000	5,100	61,300	-3,900	-3,800
2,000	-2,500	1,300	4,100	47,900	-3,100	-3,100
3,200	-1,800	2,600	3,100	34,500	-2,300	-2,400
-4,400	-1,100	3,900	2,100	21,100	-1,500	-1,700
5,600	-0,400	5,200	1,100	7,700	-0,700	-1,000
6,800	0,300	6,500	0,100	-5,700	-0,100	-0,300
8,000	1,000	7,800	-0,900	-19,100	0,900	0,400
9,200	1,700	9,100	-1,900	-32,500	1,700	1,100
10,400	2,400	10,400	-2,900	-45,900	2,500	1,800
11,600	3,100	11,700	-3,900	-59,300	3,300	2,500
12,800	3,800	13,000	-4,900	-72,200	4,100	3,200
14,000	4,500	14,300	-5,900	-86,900	4,900	3,900

Abb. 22: MRT-Box mit eingetragenen Durchschnittswerten der lateralen Aufnahme der Gruppe C. (*MRT* t_0 -schwarz Strich, *MRT* t_1 -hellgrau gestrichelte Linie, *MRT* t_2 -grau gestrichelte Linie)

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P6/P7-Pint													
t_0	lateral	-2,44	0,77	0,90	0,81	-3,43	-3,43	-2,45	-1,53	-1,40	2,03	n. sig.	
	medial	-2,61	0,89	1,19	1,43	-4,07	-4,07	-2,88	-1,90	-0,63	3,43		
t_1	lateral	0,38	0,65	0,79	0,62	-0,73	-0,73	0,50	1,10	1,23	1,97		
	medial	0,17	0,49	0,63	0,40	-0,57	-0,57	0,03	0,70	1,10	1,67		
t_2	lateral	-2,14	1,40	1,79	3,19	-4,03	-4,03	-2,47	-0,53	0,47	4,50		
	medial	-2,36	1,87	2,55	6,50	-6,63	-6,63	-1,73	-1,17	0,83	7,47		
$t_2 - t_0$	lateral	0,31	1,84	2,24	5,00	-2,27	-2,27	-0,52	2,87	3,27	5,53		
	medial	0,25	1,58	2,25	5,08	-2,57	-2,57	-0,12	1,10	4,10	6,67		
P8-Pint													
t_0	lateral	4,04	0,47	0,56	0,31	3,33	3,33	4,28	4,43	4,57	1,23		n. sig.
	medial	3,99	0,86	1,22	1,48	1,77	1,77	4,33	4,60	5,27	3,50		
t_1	lateral	-0,65	0,80	0,98	0,96	-1,93	-1,93	-0,33	0,13	0,33	2,27		
	medial	-0,67	0,61	0,76	0,58	-1,90	-1,90	-0,40	-0,17	0,10	2,00		
t_2	lateral	3,36	1,71	2,23	4,99	-0,07	-0,07	3,73	5,30	5,80	5,87		
	medial	3,69	1,64	2,49	6,18	0,03	0,03	3,72	4,50	7,63	7,60		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,68	2,02	2,45	6,00	-4,50	-4,50	0,40	0,97	1,57	6,07		
	medial	-0,29	1,65	2,33	5,45	-4,50	-4,50	0,30	0,80	2,37	6,87		

Tabelle 16: Gruppe C, Variablen der MRT-Analyse I zur Darstellung der Discus-Kondylus-Beziehung.

Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 , sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

Auch bei der Untersuchung des gesamten Patientenkollektivs (Tab. 17) ließ sich kein Einfluss der Therapie auf die Discus-Kondylus-Relation beweisen.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P6/P7-Pint													
t_0	lateral	-0,84	0,91	1,11	1,23	-3,43	-1,73	-0,70	0,03	1,57	5,00	n.sig. n.sig.	
	medial	-1,01	1,00	1,37	1,87	-4,07	-1,80	-1,17	-0,10	4,70	8,77		
t_1	lateral	0,37	0,47	0,61	0,37	-0,73	-0,03	0,17	0,77	2,27	3,00		
	medial	0,29	0,46	0,64	0,41	-1,70	-0,10	0,20	0,63	2,40	4,10		
t_2	lateral	-0,82	0,73	1,03	1,07	-4,03	-1,47	-0,73	-0,13	0,60	4,63		
	medial	-0,84	0,88	1,27	1,62	-6,63	-1,57	-0,60	-0,07	0,93	7,57		
$t_2 - t_0$	lateral	0,02	0,77	1,05	1,11	-2,27	-0,80	0,03	0,50	3,27	5,53		
	medial	0,16	0,85	1,27	1,61	-4,33	-0,43	0,07	0,77	4,10	8,43		
P8-Pint													
t_0	lateral	1,54	1,17	1,37	1,89	-0,63	0,23	0,93	2,47	4,57	5,20		n.sig. n.sig.
	medial	1,59	1,31	1,61	2,59	-3,27	0,33	1,43	2,63	5,27	8,53		
t_1	lateral	-0,69	0,57	0,77	0,59	-2,30	-1,23	-0,70	-0,20	1,60	3,90		
	medial	-0,67	0,56	0,79	0,62	-2,07	-1,20	-0,77	-0,27	2,60	4,67		
t_2	lateral	1,28	1,04	1,39	1,94	-0,23	0,17	1,10	1,93	5,80	6,03		
	medial	1,28	1,24	1,60	2,55	-1,07	0,17	0,73	2,43	7,63	8,70		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,26	0,83	1,18	1,40	-4,50	-0,70	-0,20	0,33	1,57	6,07		
	medial	-0,31	0,91	1,31	1,72	-4,50	-1,03	-0,20	0,37	3,43	7,93		

Tabelle 17: Kennzahlen der Variablen der MRT-Analyse I zur Darstellung der Discus-Kondylus-Beziehung. Die Kennzahlen sind für jeden Zeitpunkt und jede Schicht getrennt berechnet worden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Behandlung mit dem Herbstscharnier bei physiologischen Gelenken (Gruppe A) und bei totaler anteriorer Discusverlagerung (Gruppe C) keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf die Discus-Kondylus-Relation hatte. Bei einer bestehenden partiellen Discusverlagerung (Gruppe B) konnte eine signifikante Verbesserung der Situation im medialen Schnitt festgestellt werden.

Relation Kondylus zu Fossa

Die Position des Gelenkkopfes in der Fossa wird durch die Variablen P3'-P8', P9-P8' und %ventral/dorsal beschrieben. Sie sind in den mittleren Spalten der „MRT-Box“ wiedergegeben (Abb. 18 auf Seite 32).

Bei allen Patienten der Gruppe A und B bestand vor Behandlungsbeginn eine physiologische Kondylus-Fossa-Beziehung, auch wenn in Gruppe B der Gelenkkopf die Tendenz zur Rücklage aufwies (Tab. 18 auf der nächsten Seite). In Gruppe C war der Gelenkkopf in allen Fällen weiter posterior in der Fossa positioniert. Dies fiel vor allem bei Werten der Variablen P9-P8' auf (Tab. 18 auf der nächsten Seite), die um über eine Standardabweichung nach unten abwichen (in drei Fällen war dies außerhalb des in der MRT-Box definierten physiologischen Bereichs). Bei der Variablen P3'-P8' lagen die Werte am unteren Rand des physiologischen Bereiches (Abb. 22 auf Seite 48). Durch Eingliederung des Herbstscharniers kam es zunächst zu einer Verlagerung des Kondylus in ventraler Richtung. Posttherapeutisch (zum Zeitpunkt $MRT\ t_2$) hatten sich die Werte wieder der Ausgangspositionen angeglichen. In beiden MRT-Schichten der Gruppe A und der lateralen Schicht der Gruppe B sind keine Veränderungen statistisch nachweisbar. Dagegen ergab sich im medialen Schnitt eine signifikante Änderung, wobei der Kondylus um durchschnittlich 0,85mm weiter anterior in der Fossa lag. Bei den genannten Fällen mit einer prätherapeutisch diagnostizierten posterioren Kondylenlage (Gruppe C) kam es zum Zeitpunkt t_2 zu einer Harmonisierung der Relation. Dies zeigt sich bei den Variablen P9-P8' und P3'-P8', deren Werte sich in den mittleren Teil der Tabelle verschoben. Die Veränderungen im lateralen sowie medialen Schnitt der Gruppe C erwiesen sich bei jeweils einer Variablen als statistisch signifikant (Tab. 18 auf der nächsten Seite).

Das relative Verhältnis von vorderem zu hinterem Gelenkspalt (%ventral/dorsal) blieb ohne statistisch signifikante Veränderung und lag bei allen drei Gruppen sowohl vor als auch nach der Behandlung im physiologischen Bereich.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
Gruppe A													
P3'-P8'													
t_0	lateral	6,19	0,83	1,07	1,15	3,87	5,40	6,05	7,17	8,00	4,13	n.sig. n.sig.	
	medial	5,80	0,81	1,04	1,08	4,40	4,90	5,68	6,20	7,87	3,47		
t_1	lateral	3,28	1,40	1,78	3,16	-0,47	1,90	3,33	4,67	6,13	6,60		
	medial	3,05	1,35	1,70	2,89	-0,57	1,40	3,23	4,20	5,63	6,20		
t_2	lateral	6,45	0,93	1,17	1,38	4,63	5,57	6,28	7,23	8,97	4,33		
	medial	6,08	0,93	1,28	1,64	3,53	5,50	5,83	6,47	8,53	5,00		
$t_2 - t_0$	lateral	0,26	0,92	1,26	1,60	-1,40	-0,77	0,18	0,67	3,60	5,00		
	medial	0,29	0,69	0,92	0,85	-1,43	-0,37	0,17	0,73	2,63	4,07		
P9-P8													
t_0	lateral	0,25	0,51	0,66	0,43	-1,30	-0,30	0,40	0,67	1,53	2,83		n.sig. n.sig.
	medial	0,55	0,50	0,70	0,50	-1,17	0,10	0,52	0,80	1,90	3,07		
t_1	lateral	3,18	1,25	1,58	2,51	0,67	1,80	3,32	4,03	6,87	6,20		
	medial	3,49	0,98	1,33	1,78	1,23	2,60	3,13	3,93	6,83	5,60		
t_2	lateral	0,45	0,74	0,93	0,87	-1,87	-0,13	0,47	1,07	2,33	4,20		
	medial	0,55	0,56	0,70	0,50	-1,20	0,07	0,82	0,93	1,50	2,70		
$t_2 - t_0$	lateral	0,19	0,75	0,89	0,79	-1,23	-0,70	0,30	0,83	1,83	3,07		
	medial	0,00	0,45	0,60	0,36	-1,63	-0,37	0,00	0,40	0,97	2,60		
Gruppe B													
P3'-P8'													
t_0	lateral	7,19	0,83	1,05	1,10	5,53	6,27	6,93	7,83	9,93	4,40	n.sig. n.sig.	
	medial	7,08	0,82	1,07	1,14	5,03	6,37	7,00	7,80	9,33	4,30		
t_1	lateral	3,72	1,38	1,81	3,27	0,90	2,60	3,17	4,77	8,00	7,10		
	medial	3,77	1,32	1,77	3,13	0,73	2,77	3,23	4,87	8,07	7,33		
t_2	lateral	6,76	1,10	1,30	1,69	4,57	5,57	6,40	7,77	9,07	4,50		
	medial	6,70	0,90	1,08	1,18	5,03	5,57	6,47	7,33	9,07	4,03		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,43	0,97	1,25	1,55	-3,37	-1,33	-0,57	0,23	1,70	5,07		
	medial	-0,39	0,81	1,11	1,23	-2,87	-0,97	-0,53	0,17	1,73	4,60		
P9-P8													
t_0	lateral	-0,62	0,48	0,62	0,39	-2,13	-1,03	-0,63	-0,07	0,50	2,63		n.sig. sig.
	medial	-0,66	0,57	0,73	0,53	-2,20	-1,17	-0,83	-0,33	0,70	2,90		
t_1	lateral	2,86	1,22	1,60	2,55	-1,60	1,80	3,20	3,87	4,70	6,30		
	medial	2,82	1,16	1,50	2,24	-0,67	1,47	2,83	3,73	5,07	5,73		
t_2	lateral	-0,33	0,83	1,02	1,03	-2,10	-0,97	-0,77	0,23	1,87	3,97		
	medial	-0,08	0,77	0,95	0,90	-2,00	-1,00	0,07	0,57	1,37	3,37		
$t_2 - t_0$	lateral	0,29	0,69	0,90	0,81	-1,47	-0,33	0,13	0,73	2,20	3,67		
	medial	0,58	0,73	0,96	0,92	-1,60	-0,20	0,67	0,97	2,20	3,80		
Gruppe C													
P3'-P8'													
t_0	lateral	8,69	1,05	1,50	2,25	7,20	7,20	8,35	9,07	11,47	4,27	sig. n.sig.	
	medial	8,86	1,04	1,32	1,74	6,77	6,77	8,82	10,17	10,23	3,47		
t_1	lateral	4,21	1,63	2,38	5,68	1,40	1,40	3,88	4,77	8,43	7,03		
	medial	3,93	1,29	1,65	2,72	2,43	2,43	3,60	4,60	6,73	4,30		
t_2	lateral	7,52	1,06	1,43	2,03	6,00	6,00	7,22	8,23	9,97	3,97		
	medial	7,99	0,57	0,81	0,66	6,87	6,87	8,12	8,20	9,27	2,40		
$t_2 - t_0$	lateral	-1,18	0,57	0,69	0,47	-2,00	-2,00	-1,17	-0,83	-0,17	1,83		
	medial	-0,86	0,92	1,20	1,43	-2,17	-2,17	-1,03	0,10	0,93	3,10		
P9-P8													
t_0	lateral	-2,09	0,50	0,76	0,58	-3,60	-3,60	-1,95	-1,60	-1,50	2,10		n.sig. sig.
	medial	-1,93	0,64	0,90	0,81	-3,13	-3,13	-2,02	-1,43	-0,50	2,63		
t_1	lateral	2,44	1,03	1,41	1,99	0,03	0,03	2,78	3,20	4,10	4,07		
	medial	2,57	0,84	1,05	1,11	1,13	1,13	2,78	3,53	3,70	2,57		
t_2	lateral	-0,75	0,96	1,29	1,67	-2,17	-2,17	-0,83	0,07	1,27	3,43		
	medial	-1,02	1,00	1,30	1,68	-3,13	-3,13	-0,67	-0,30	0,53	3,67		
$t_2 - t_0$	lateral	1,34	0,79	1,15	1,32	-0,20	-0,20	1,40	1,60	3,23	3,43		
	medial	0,91	0,65	0,77	0,59	0,00	0,00	0,92	1,43	1,97	1,97		

Tabelle 18: Gruppen A, B, C. Variablen der MRT-Analyse I zur Darstellung der Kondylus-Fossa-Beziehung. Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

Diskus zu Fossa		Kondylus zu Fossa			Diskus zu Kondylus	
P3'-Pint	P9-Pint	P3'-P8'	P9-P8	%ven/dor	P8'-Pint	P6/7-Pint
-0,400	-3,900	-1,300	6,100	74,700	-4,700	-4,500
0,800	-3,200	0,000	5,100	61,300	-3,900	-3,800
2,000	-2,500	1,300	4,100	47,900	-3,100	-3,100
3,200	-1,800	2,600	3,100	34,500	-2,300	-2,400
4,400	-1,100	3,900	2,100	21,100	-1,500	-1,700
5,600	-0,400	5,200	1,100	7,700	-0,700	-1,000
6,800	0,300	6,500	0,100	-5,700	-0,100	-0,300
8,000	1,000	7,800	-0,900	-19,100	0,900	-0,400
9,200	1,700	9,100	-1,900	-32,500	1,700	1,100
10,400	2,400	10,400	-2,900	-45,900	2,500	1,800
11,600	3,100	11,700	-3,900	-59,300	3,300	2,500
12,800	3,800	13,000	-4,900	-72,200	4,100	3,200
14,000	4,500	14,300	-5,900	-86,900	4,900	3,900

Abb. 23: MRT-Box zur Beschreibung der intraarticulären Relationen der einzelnen anatomischen Strukturen. Der grau unterlegte Bereich umfasst den physiologischen Bereich. Die eingetragenen Striche bzw. gestrichelten Linien beschreiben die Werte zu allen drei Behandlungszeitpunkten (t_0 -schwarzer Strich, t_1 -hellgrau gestrichelte Linie, t_2 -grau gestrichelte Linie). Diese MRT-Box illustriert die Veränderung von einer totalen anterioren Discusverlagerung eines Patienten aus der Gruppe C in den physiologischen Bereich.

Bei einem Fall der Gruppe C kam es posttherapeutisch sogar zur Reposition des Discus auf dem Kondylus. Dieses Phänomen ergab sich einerseits aus einer Rückverlagerung des Discus in Relation zur Fossa articularis sowie aus einer Vorverlagerung des Kondylus innerhalb der Gelenkgrube (Abb. 23).

Gelenkspalt

Auch die Vermessung des Gelenkspaltes gibt Hinweise auf eine therapiebedingte Lageveränderung des Kondylus innerhalb der Fossa articularis. Die Breite des Gelenkspaltes wird durch die Variablen Anterior Joint Space (vorderer Gelenkspalt AJS), Superior Joint Space (superiorer Gelenkspalt SJS) und Posterior Joint Space (hinterer Gelenkspalt PJS) wiedergegeben. Sie werden nicht in der Normwerte-Tabelle (MRT-Box) erfasst. In Tabelle 19 sind die Werte des gesamten Patientenkollektivs erfasst.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
AJS													
t_0	lateral	2,63	0,56	0,74	0,55	1,07	2,07	2,53	3,00	4,80	3,73		
	medial	2,66	0,46	0,67	0,46	1,83	2,20	2,57	2,93	5,73	3,90		
t_1	lateral	3,70	0,76	0,99	0,98	1,80	3,03	3,70	4,27	7,07	5,27		
	medial	3,70	0,66	0,94	0,89	2,13	3,03	3,67	4,17	6,97	4,83		
t_2	lateral	2,75	0,50	0,64	0,41	1,87	2,20	2,60	3,10	4,80	2,93		
	medial	2,62	0,46	0,69	0,48	1,50	2,20	2,47	2,90	5,57	4,07		
$t_2 - t_0$	lateral	0,12	0,53	0,67	0,45	-1,50	-0,30	0,07	0,63	1,67	3,17		n.sig.
	medial	-0,03	0,40	0,58	0,34	-1,83	-0,37	-0,13	0,23	2,03	3,87		n.sig.
PJS													
t_0	lateral	3,08	0,70	0,90	0,81	1,80	2,40	2,87	3,57	5,97	4,17		
	medial	2,97	0,71	0,91	0,83	1,73	2,27	2,67	3,53	5,93	4,20		
t_1	lateral	7,16	1,15	1,54	2,38	3,03	6,23	6,97	8,07	11,17	8,13		
	medial	6,97	1,14	1,53	2,35	3,07	6,03	7,03	7,97	10,83	7,77		
t_2	lateral	3,02	0,58	0,77	0,60	1,43	2,47	2,97	3,50	5,33	3,90		
	medial	2,70	0,59	0,73	0,53	1,43	2,00	2,53	3,20	4,60	3,17		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,06	0,78	0,97	0,93	-1,60	-1,10	-0,10	0,57	2,07	3,67	n.sig.	
	medial	-0,27	0,63	0,80	0,64	-2,27	-0,90	-0,27	0,30	1,17	3,43	n.sig.	
SJS													
t_0	lateral	3,42	0,76	0,93	0,87	2,07	2,67	3,17	4,00	5,57	3,50		
	medial	3,45	0,67	0,85	0,73	2,00	2,70	3,33	3,83	5,50	3,50		
t_1	lateral	7,04	1,24	1,63	2,66	1,97	5,83	7,07	7,97	11,43	9,47		
	medial	6,88	1,12	1,58	2,49	2,63	5,90	6,83	7,57	10,87	8,23		
t_2	lateral	3,69	0,74	0,89	0,79	2,20	3,00	3,33	4,33	5,87	3,67		
	medial	3,48	0,55	0,69	0,48	1,90	2,97	3,40	3,93	5,20	3,30		
$t_2 - t_0$	lateral	0,27	0,42	0,55	0,30	-1,13	-0,07	0,30	0,67	1,80	2,93		sig.
	medial	0,03	0,49	0,72	0,51	-2,50	-0,30	0,03	0,57	1,33	3,83		n.sig.

Tabelle 19: Variablen der MRT-Analyse I zur Berechnung der Breite des Gelenkspaltes. Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial) und bezieht sich auf das gesamte Patientenkollektiv ($n=47$).

Posttherapeutisch war zu bemerken, dass sich die Breite des vorderen und hinteren Gelenkspaltes in Gruppe A und B, mit Ausnahme der Variablen PJS im lateralen Schnitt der Gruppe A und des SJS in der Gruppe B, nicht signifikant verändert hat (Tab. 20 auf der nächsten Seite und 21 auf Seite 55). In Gruppe C verkleinerte sich der AJS signifikant im medialen Schnitt um 0,19 mm, während der SJS sich um 0,67 mm vergrößerte (Tab. 22 auf Seite 55). Dies deutet tendenziell

auf eine Vorverlagerung des Kondylus hin. Da sich in allen Gruppen der Gelenkspalt nur teilweise statistisch signifikant änderte, ist eine Verlagerung des gesamten Kondyluskopfes in Relation zur Fossa articularis hiermit nicht bewiesen.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
AJS													
t_0	lateral	2,32	0,50	0,65	0,43	1,07	1,87	2,17	2,53	3,73	2,67	sig. n. sig.	
	medial	2,41	0,34	0,51	0,26	1,83	2,00	2,33	2,57	4,13	2,30		
t_1	lateral	3,77	0,91	1,22	1,49	1,80	3,03	3,75	4,27	7,07	5,27		
	medial	3,84	0,79	1,17	1,38	2,23	3,17	3,65	4,03	6,97	4,73		
t_2	lateral	2,65	0,49	0,62	0,39	1,87	2,13	2,55	2,93	4,37	2,50		
	medial	2,41	0,23	0,31	0,09	1,80	2,23	2,43	2,67	2,90	1,10		
$t_2 - t_0$	lateral	0,33	0,38	0,48	0,23	-0,73	-0,03	0,25	0,63	1,30	2,03		
	medial	0,00	0,35	0,54	0,29	-1,83	-0,23	0,07	0,23	0,83	2,67		
PJS													
t_0	lateral	3,13	0,73	0,91	0,82	1,80	2,33	3,17	3,60	5,00	3,20		n. sig. n. sig.
	medial	2,77	0,62	0,74	0,54	1,73	2,00	2,67	3,20	4,20	2,47		
t_1	lateral	7,26	1,21	1,61	2,60	3,40	6,17	7,27	7,97	11,17	7,77		
	medial	7,43	1,15	1,59	2,52	3,77	6,47	7,38	8,03	10,83	7,07		
t_2	lateral	3,19	0,58	0,75	0,57	1,93	2,70	2,93	3,60	5,33	3,40		
	medial	2,54	0,58	0,72	0,52	1,43	1,87	2,48	2,97	3,90	2,47		
$t_2 - t_0$	lateral	0,06	0,68	0,88	0,78	-1,60	-0,67	0,08	0,47	1,80	3,40		
	medial	-0,23	0,53	0,72	0,51	-1,93	-0,57	-0,23	0,23	1,00	2,93		
SJS													
t_0	lateral	3,56	0,57	0,74	0,55	2,47	2,90	3,52	3,80	4,90	2,43	n. sig. n. sig.	
	medial	3,60	0,60	0,81	0,65	2,20	3,07	3,53	3,83	5,40	3,20		
t_1	lateral	7,26	1,31	1,75	3,07	4,57	6,13	7,05	7,97	11,43	6,87		
	medial	7,28	1,39	1,80	3,25	4,30	6,20	6,62	8,07	10,87	6,57		
t_2	lateral	3,75	0,70	0,84	0,71	2,20	3,13	3,62	4,27	5,40	3,20		
	medial	3,42	0,49	0,63	0,40	1,90	2,97	3,38	3,90	4,47	2,57		
$t_2 - t_0$	lateral	0,19	0,43	0,51	0,26	-0,77	-0,10	0,10	0,67	0,90	1,67		
	medial	-0,18	0,46	0,66	0,44	-2,13	-0,40	-0,03	0,10	0,60	2,73		

Tabelle 20: Gruppe A, Variablen zur Berechnung der Breite des Gelenkspaltes. Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Behandlung mit dem Herbstscharnier bezüglich der Kondylus-Fossa-Beziehung keinen Einfluss auf physiologische Gelenke hatte. Bei Gelenken mit diagnostizierter anteriorer Discusverlagerung konnte eine Verbesserung der Kondylenlage in Relation zur Fossa erreicht werden. Diese Ergebnis ist allerdings nur in einzelnen Schichten und bei einzelnen Variablen der Gruppen B und C statistisch nachweisbar. In der Gesamtheit der Werte ließ sich kein Einfluss auf die Kondylenlage beweisen. Auch die Breite des Gelenkspaltes blieb in allen drei Gruppen unverändert.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
AJS													
t_0	lateral	2,65	0,41	0,61	0,37	1,23	2,43	2,67	2,87	4,30	3,07		
	medial	2,65	0,34	0,43	0,18	1,90	2,23	2,67	2,93	3,57	1,67		
t_1	lateral	3,66	0,71	0,86	0,74	2,23	2,97	3,60	4,37	5,27	3,03		
	medial	3,63	0,61	0,77	0,59	2,13	2,93	3,67	4,17	5,10	2,97		
t_2	lateral	2,75	0,42	0,54	0,29	1,90	2,37	2,57	3,03	4,13	2,23		
	medial	2,63	0,56	0,71	0,50	1,50	2,13	2,37	3,07	4,27	2,77		
$t_2 - t_0$	lateral	0,10	0,51	0,63	0,39	-0,90	-0,33	-0,10	0,53	1,67	2,57		n.sig.
	medial	-0,02	0,48	0,69	0,48	-1,37	-0,47	-0,23	0,23	2,03	3,40		n.sig.
PJS													
t_0	lateral	3,17	0,71	0,96	0,93	1,87	2,57	2,80	3,57	5,97	4,10		
	medial	3,20	0,86	1,07	1,15	2,03	2,43	2,67	3,80	5,93	3,90		
t_1	lateral	7,13	1,20	1,66	2,74	3,03	6,23	7,17	8,17	10,87	7,83		
	medial	6,73	1,10	1,48	2,19	3,07	6,03	6,97	7,43	9,13	6,07		
t_2	lateral	2,95	0,56	0,75	0,57	1,63	2,13	2,97	3,20	4,67	3,03		
	medial	2,92	0,56	0,75	0,56	1,80	2,23	2,83	3,23	4,60	2,80		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,22	0,84	1,04	1,09	-1,60	-1,47	-0,27	0,57	2,07	3,67	n.sig.	
	medial	-0,29	0,72	0,88	0,78	-2,27	-1,07	-0,30	0,47	1,17	3,43	n.sig.	
SJS													
t_0	lateral	3,46	0,97	1,14	1,30	2,07	2,43	2,90	4,20	5,57	3,50		
	medial	3,43	0,71	0,89	0,80	2,33	2,63	3,07	3,87	5,50	3,17		
t_1	lateral	6,86	1,30	1,67	2,79	1,97	5,67	7,40	7,83	9,00	7,03		
	medial	6,63	1,12	1,45	2,09	2,63	5,60	7,03	7,57	8,77	6,13		
t_2	lateral	3,67	0,79	0,99	0,99	2,27	2,93	3,20	4,00	5,87	3,60		
	medial	3,48	0,53	0,70	0,49	1,90	3,00	3,40	3,80	5,20	3,30		
$t_2 - t_0$	lateral	0,21	0,32	0,46	0,21	-1,13	0,03	0,30	0,47	0,80	1,93		sig.
	medial	0,05	0,49	0,75	0,56	-2,50	-0,20	0,13	0,57	1,03	3,53		n.sig.

Tabelle 21: Gruppe B, Variablen zur Berechnung der Breite des Gelenkspaltes.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
AJS													
t_0	lateral	3,57	0,47	0,68	0,46	2,90	2,90	3,47	3,77	4,80	1,90		
	medial	3,50	0,76	1,17	1,38	2,37	2,37	3,22	3,53	5,73	3,37		
t_1	lateral	3,64	0,44	0,59	0,35	2,60	2,60	3,77	4,07	4,27	1,67		
	medial	3,46	0,52	0,68	0,46	2,30	2,30	3,60	3,90	4,17	1,87		
t_2	lateral	3,10	0,64	0,98	0,96	2,07	2,07	3,12	3,30	4,80	2,73		
	medial	3,31	0,75	1,14	1,29	2,53	2,53	2,97	3,20	5,57	3,03		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,47	0,81	1,05	1,10	-1,50	-1,50	-0,75	0,23	1,27	2,77		n.sig.
	medial	-0,19	0,19	0,25	0,06	-0,43	-0,43	-0,25	-0,07	0,23	0,67		n.sig.
PJS													
t_0	lateral	2,64	0,33	0,45	0,20	1,90	1,90	2,75	2,87	3,20	1,30		
	medial	2,81	0,54	0,77	0,59	2,00	2,00	2,62	3,03	4,20	2,20		
t_1	lateral	6,94	0,64	0,96	0,93	6,23	6,23	6,58	6,83	8,87	2,63		
	medial	6,27	0,96	1,27	1,62	4,37	4,37	6,13	7,13	8,07	3,70		
t_2	lateral	2,69	0,73	0,89	0,79	1,43	1,43	2,77	3,43	3,73	2,30		
	medial	2,46	0,39	0,52	0,27	1,73	1,73	2,40	2,87	3,20	1,47		
$t_2 - t_0$	lateral	0,04	0,79	0,98	0,96	-1,27	-1,27	0,22	0,63	1,33	2,60	n.sig.	
	medial	-0,35	0,66	0,89	0,80	-1,77	-1,77	-0,18	0,10	0,83	2,60	n.sig.	
SJS													
t_0	lateral	2,80	0,26	0,34	0,12	2,30	2,30	2,83	3,10	3,20	0,90		
	medial	2,99	0,73	0,82	0,67	2,00	2,00	3,13	3,73	3,77	1,77		
t_1	lateral	6,88	0,89	1,13	1,27	5,70	5,70	6,70	8,17	8,27	2,57		
	medial	6,43	0,86	1,03	1,06	5,03	5,03	6,90	7,23	7,27	2,23		
t_2	lateral	3,55	0,63	0,77	0,59	2,80	2,80	3,28	4,33	4,67	1,87		
	medial	3,66	0,77	0,92	0,85	2,83	2,83	3,53	4,10	5,10	2,27		
$t_2 - t_0$	lateral	0,75	0,59	0,77	0,60	-0,27	-0,27	0,87	1,23	1,80	2,07		n.sig.
	medial	0,67	0,32	0,41	0,17	0,23	0,23	0,60	0,87	1,33	1,10		sig.

Tabelle 22: Gruppe C, Variablen zur Berechnung der Gelenkspaltbreiten.

Relation Discus zu Fossa

Die Bestimmung der Lage des Discus in Relation zur Fossa gibt Aussage darüber, ob eine anteriore Discusverlagerung aus einer räumlichen Verlagerung des Discus innerhalb der Gelenkgrube resultiert oder ob sie Ergebnis einer Kondylenrückverlagerung in Bezug zur Fossa ist. Die Erfassung dieser Relation dient somit zusätzlich der Einschätzung der Discus-Kondylus-Relation und kann unter Berücksichtigung der Fragestellung weiteren Einblick in die Wirkung des Herbstscharniers auf das Kiefergelenk geben.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P3-Pint													
t_0	lateral	5,43	0,98	1,26	1,60	3,07	4,50	5,43	6,20	8,53	5,47		
	medial	5,17	0,91	1,31	1,71	2,57	4,37	4,97	5,80	10,57	8,00		
t_1	lateral	4,29	1,11	1,47	2,16	1,37	3,33	4,30	5,17	8,47	7,10		
	medial	4,16	1,02	1,27	1,62	1,30	3,03	4,10	5,27	6,63	5,33		
t_2	lateral	5,45	1,03	1,28	1,64	2,43	4,43	5,37	6,37	8,30	5,87		
	medial	5,32	0,91	1,29	1,67	0,40	4,57	5,33	5,93	7,90	7,50		
$t_2 - t_0$	lateral	0,02	0,99	1,29	1,65	-2,97	-0,97	-0,13	0,83	3,67	6,63		n.sig.
	medial	0,15	1,08	1,47	2,16	-4,57	-0,77	0,10	0,87	3,60	8,17		n.sig.
P9-Pint													
t_0	lateral	-1,10	0,74	0,92	0,85	-3,07	-1,70	-1,13	-0,33	1,17	4,23		
	medial	-1,29	0,86	1,24	1,54	-3,30	-2,07	-1,47	-0,67	4,37	7,67		
t_1	lateral	-2,26	0,84	1,12	1,26	-5,03	-3,17	-2,37	-1,63	0,40	5,43		
	medial	-2,34	0,73	0,97	0,93	-5,00	-3,03	-2,30	-1,83	0,00	5,00		
t_2	lateral	-1,23	0,78	1,07	1,14	-4,30	-1,77	-1,23	-0,67	0,87	5,17		
	medial	-1,34	0,79	1,21	1,46	-7,00	-1,67	-1,23	-0,67	0,10	7,10		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,13	0,72	0,96	0,91	-3,13	-0,63	-0,10	0,40	1,70	4,83	n.sig.	
	medial	-0,05	0,88	1,27	1,61	-4,37	-0,73	0,00	0,53	2,53	6,90	n.sig.	

Tabelle 23: Kennzahlen der Variablen der MRT-Analyse I zur Darstellung der Discus-Fossa-Beziehung.

Die Kennzahlen sind für jeden Zeitpunkt und jede Schicht getrennt berechnet worden.

Auf alle Patienten (Tab. 23) bezogen ergab sich keine Veränderung der Discus-Fossa-Relation durch die Therapie. In allen Gruppen erfuhr der Discus durch die Eingliederung der Herbstapparat eine Retrusion in Relation zur Fossa, während der Kondylus sich gleichzeitig nach ventral bewegte. Posttherapeutisch ergab sich in keiner der Gruppen eine signifikante Änderung der Discusposition. In Gruppe A deutete sich posttherapeutisch dennoch eine leichte Vorverlagerung in Relation zur Fossa an, während in den Gruppen B und C sich die Tendenz zur Retrusion andeutete (Tab. 24 auf der nächsten Seite). Diese rückwärtige Bewegung käme der Verbesserung der Discus-Kondylus-Relation zugute.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
Gruppe A													
P3-Pint													
t_0	lateral	5,87	0,69	0,94	0,89	3,70	5,33	5,92	6,23	7,90	4,20	n.sig. n.sig.	
	medial	5,60	0,96	1,46	2,14	4,27	4,83	5,02	5,53	10,57	6,30		
t_1	lateral	3,89	1,17	1,42	2,01	1,37	2,77	4,18	4,97	5,87	4,50		
	medial	3,84	1,22	1,45	2,11	1,30	2,43	3,75	4,77	6,60	5,30		
t_2	lateral	6,03	0,81	1,03	1,05	4,47	5,17	6,13	6,43	8,30	3,83		
	medial	5,81	0,86	1,14	1,29	3,57	5,07	5,87	6,40	7,90	4,33		
$t_2 - t_0$	lateral	0,16	0,88	1,20	1,43	-1,67	-0,77	0,12	0,53	3,67	5,33		
	medial	0,21	0,78	1,11	1,24	-2,67	-0,33	0,43	0,67	2,30	4,97		
P9-Pint													
t_0	lateral	-0,56	0,46	0,61	0,37	-1,37	-1,00	-0,62	-0,30	1,17	2,53		n.sig. n.sig.
	medial	-0,74	0,80	1,39	1,93	-2,37	-1,63	-0,82	-0,60	4,37	6,73		
t_1	lateral	-2,57	0,91	1,17	1,37	-5,03	-3,60	-2,47	-1,67	-0,70	4,33		
	medial	-2,61	0,77	1,03	1,06	-5,00	-3,07	-2,38	-2,00	-0,70	4,30		
t_2	lateral	-0,87	0,69	0,84	0,71	-2,47	-1,53	-1,00	-0,40	0,63	3,10		
	medial	-0,81	0,54	0,62	0,38	-1,83	-1,30	-0,82	-0,23	0,10	1,93		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,31	0,61	0,84	0,70	-2,17	-1,03	-0,33	0,13	1,27	3,43		
	medial	-0,07	0,84	1,28	1,64	-4,37	-0,63	0,32	0,50	2,20	6,57		
Gruppe B													
P3-Pint													
t_0	lateral	5,20	1,04	1,36	1,86	3,07	3,83	4,97	5,80	8,53	5,47	n.sig. n.sig.	
	medial	4,84	0,99	1,21	1,46	2,57	4,10	4,40	5,80	7,30	4,73		
t_1	lateral	4,50	1,04	1,37	1,88	2,13	3,37	4,30	5,37	8,20	6,07		
	medial	4,33	0,86	1,06	1,13	1,90	3,70	4,10	5,30	6,10	4,20		
t_2	lateral	5,25	0,97	1,23	1,51	2,43	4,37	4,90	5,97	7,53	5,10		
	medial	5,15	0,62	0,83	0,70	3,37	4,50	5,20	5,63	6,93	3,57		
$t_2 - t_0$	lateral	0,04	0,86	1,12	1,25	-1,93	-0,77	-0,23	0,53	2,47	4,40		
	medial	0,30	1,06	1,29	1,67	-1,83	-0,77	-0,03	1,27	2,77	4,60		
P9-Pint													
t_0	lateral	-1,37	0,73	0,90	0,82	-2,73	-2,03	-1,57	-0,73	0,20	2,93		n.sig. n.sig.
	medial	-1,59	0,72	0,92	0,85	-3,27	-2,20	-1,80	-1,00	0,10	3,37		
t_1	lateral	-2,09	0,80	1,04	1,09	-3,50	-3,00	-2,37	-1,63	0,40	3,90		
	medial	-2,21	0,76	0,96	0,93	-3,90	-3,13	-2,20	-1,57	0,00	3,90		
t_2	lateral	-1,18	0,68	0,94	0,87	-3,10	-1,77	-1,23	-0,77	0,87	3,97		
	medial	-1,47	0,67	0,83	0,69	-3,13	-2,23	-1,37	-0,87	-0,20	2,93		
$t_2 - t_0$	lateral	0,19	0,52	0,68	0,46	-0,90	-0,43	0,13	0,43	1,70	2,60		
	medial	0,13	0,72	0,94	0,88	-1,63	-0,67	-0,03	0,70	1,97	3,60		
Gruppe C													
P3-Pint													
t_0	lateral	4,66	0,95	1,39	1,94	3,17	3,17	4,40	4,93	7,20	4,03	n.sig. n.sig.	
	medial	4,89	0,47	0,72	0,52	3,77	3,77	4,87	5,10	6,00	2,23		
t_1	lateral	4,87	1,21	1,88	3,54	3,33	3,33	4,55	4,90	8,47	5,13		
	medial	4,58	0,87	1,25	1,56	3,00	3,00	4,52	5,13	6,63	3,63		
t_2	lateral	4,19	0,88	1,29	1,66	2,93	2,93	3,95	4,40	6,57	3,63		
	medial	4,28	1,51	2,30	5,27	0,40	0,40	4,42	5,43	7,37	6,97		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,47	1,64	2,04	4,16	-2,97	-2,97	-0,90	1,23	2,47	5,43		
	medial	-0,61	1,97	2,76	7,65	-4,57	-4,57	-0,50	0,67	3,60	8,17		
P9-Pint													
t_0	lateral	-1,93	0,80	0,94	0,89	-3,07	-3,07	-1,90	-1,37	-0,63	2,43		n.sig. n.sig.
	medial	-2,06	0,80	1,08	1,16	-3,30	-3,30	-2,12	-1,20	-0,50	2,80		
t_1	lateral	-1,81	0,74	1,14	1,29	-3,43	-3,43	-1,92	-1,47	0,07	3,50		
	medial	-1,91	0,44	0,53	0,28	-2,40	-2,40	-2,07	-1,33	-1,23	1,17		
t_2	lateral	-2,60	0,99	1,22	1,50	-4,30	-4,30	-2,32	-1,70	-1,20	3,10		
	medial	-2,69	1,83	2,43	5,89	-7,00	-7,00	-1,97	-0,77	-0,57	6,43		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,67	1,33	1,73	2,98	-3,13	-3,13	-0,93	1,20	1,37	4,50		
	medial	-0,63	1,57	2,12	4,50	-3,70	-3,70	-0,68	0,53	2,53	6,23		

Tabelle 24: Gruppen A, B, C. Variablen der MRT-Analyse I zur Darstellung der Discus-Fossa-Beziehung.

Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

Inklination der Protuberantia, Hilfsgerade RLP2'-P3' und Variable P1-P2

Die Steigung der Protuberantia-Tangente wurde durch die Variable PS berechnet. Das Ergebnis der Analyse, bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv, ergab, dass die Steigung der Tangente sowohl im lateralen wie auch im medialen Schnitt dem Winkel vor der Therapie entsprach. Es ergab sich im Mittel keine signifikante Änderung. Dennoch muss erwähnt werden, dass einige wenige Messungen einen stärker veränderten Winkel von +/-19 Grad aufwiesen (Tab. 25). Im medialen Schnitt der Gruppe A ergab sich eine statistisch signifikante Änderung der Steigung um durchschnittlich 3,64° (Tab. 26 auf der nächsten Seite).

Die Hilfsgerade RLP2'-P3' wies, bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv wie auch auf die einzelnen Gruppen, ebenfalls keine statistisch signifikante Änderung der Länge auf. Dies deutet darauf hin, dass sich die Lage der Punkte P2 und P3 nicht verändert hat (Tab. 25 bis Tab. 28 auf Seite 60).

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P1-P2													
t_0	lateral	11,38	0,87	1,10	1,21	9,07	10,77	11,20	12,17	14,20	5,13	n.sig. sig.	
	medial	12,09	1,04	1,28	1,65	8,97	11,10	12,23	13,17	14,83	5,87		
t_1	lateral	12,69	0,97	1,18	1,40	9,23	11,73	12,50	13,50	15,20	5,97		
	medial	13,36	0,89	1,21	1,46	9,87	12,63	13,27	14,17	16,33	6,47		
t_2	lateral	11,75	1,05	1,31	1,72	8,70	10,87	11,57	12,77	15,00	6,30		
	medial	12,77	0,85	1,24	1,53	8,50	11,93	12,77	13,43	15,90	7,40		
$t_2 - t_0$	lateral	0,37	1,04	1,28	1,64	-2,17	-0,80	0,37	1,50	3,43	5,60		
	medial	0,68	0,92	1,15	1,33	-1,70	-0,30	0,67	1,37	3,73	5,43		
PS													
t_0	lateral	60,56	7,58	9,47	89,60	41,00	53,27	58,87	67,20	84,93	43,93		n.sig. n.sig.
	medial	64,66	7,71	9,70	94,15	45,43	57,50	63,53	72,00	92,77	47,33		
t_1	lateral	69,92	7,61	9,56	91,38	49,00	63,23	69,37	75,63	92,63	43,63		
	medial	71,13	7,55	9,83	96,61	47,50	64,47	69,90	76,27	97,00	49,50		
t_2	lateral	61,59	8,53	10,70	114,43	44,53	54,17	58,73	68,27	90,50	45,97		
	medial	64,20	8,34	10,64	113,28	42,97	55,63	63,53	72,47	94,90	51,93		
$t_2 - t_0$	lateral	1,03	7,42	9,56	91,45	-19,43	-6,40	1,20	7,67	19,80	39,23		
	medial	-0,46	6,40	9,42	88,66	-17,73	-5,27	-0,93	3,97	36,07	53,80		
RLP2'-P3'													
t_0	lateral	12,75	1,00	1,36	1,86	9,23	11,90	12,50	13,33	17,13	7,90	n.sig. n.sig.	
	medial	12,66	1,10	1,36	1,85	10,33	11,57	12,40	13,50	15,83	5,50		
t_1	lateral	12,80	1,13	1,43	2,03	10,20	11,53	12,83	13,80	17,27	7,07		
	medial	12,65	1,15	1,46	2,15	9,10	11,80	12,60	13,93	15,23	6,13		
t_2	lateral	12,92	0,98	1,21	1,47	10,77	11,87	12,73	13,67	15,33	4,57		
	medial	12,74	0,84	1,09	1,18	9,87	11,93	12,63	13,60	15,13	5,27		
$t_2 - t_0$	lateral	0,16	1,12	1,48	2,20	-3,57	-0,87	0,13	0,93	4,03	7,60		
	medial	0,07	0,83	1,12	1,26	-3,53	-0,70	0,07	0,83	2,30	5,83		

Tabelle 25: Zusätzliche Variablen der MRT-Analyse I: Posterior slope und Hilfsgerade P2'P3'. Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für jeweils die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial) und bezieht sich auf das gesamte Patientenkollektiv

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P1-P2													
t_0	lateral	11,81	0,95	1,14	1,29	9,97	10,87	12,02	12,50	14,20	4,23	n.sig.	
	medial	12,75	0,80	1,10	1,22	10,33	12,20	12,93	13,30	14,83	4,50		
t_1	lateral	13,14	0,84	1,10	1,21	11,10	12,37	13,28	13,70	15,20	4,10		
	medial	13,54	0,78	0,99	0,98	10,93	12,73	13,57	14,37	15,23	4,30		
t_2	lateral	12,07	0,90	1,18	1,39	8,97	11,33	12,12	12,80	14,00	5,03		
	medial	12,92	0,72	1,03	1,06	11,40	12,20	12,75	13,03	15,90	4,50		
$t_2 - t_0$	lateral	0,26	1,00	1,18	1,40	-1,83	-0,80	0,37	1,07	1,93	3,77		
	medial	0,16	0,78	1,00	1,00	-1,10	-0,63	0,03	0,80	2,33	3,43		
PS													
t_0	lateral	64,83	8,63	10,86	117,91	47,67	54,67	65,75	71,17	84,93	37,27		n.sig.
	medial	68,93	8,14	10,49	110,05	50,50	60,43	67,73	74,87	92,77	42,27		
t_1	lateral	71,61	8,29	10,40	108,10	52,83	63,73	71,17	76,30	92,63	39,80		
	medial	71,58	8,29	11,23	126,12	47,50	65,37	70,73	75,43	97,00	49,50		
t_2	lateral	63,53	8,98	11,82	139,83	44,53	55,13	61,88	68,27	90,50	45,97		
	medial	65,29	9,41	12,43	154,55	42,97	57,13	65,62	72,47	94,90	51,93		
$t_2 - t_0$	lateral	-1,31	8,40	10,92	119,16	-19,43	-8,20	-0,98	5,97	18,80	38,23		
	medial	-3,64	5,30	6,69	44,78	-17,73	-7,93	-4,18	1,80	6,13	23,87		
RLP2'-P3'													
t_0	lateral	12,36	0,82	1,10	1,20	9,23	11,83	12,53	12,87	14,07	4,83	sig.	
	medial	12,06	0,89	1,14	1,29	10,33	10,97	11,87	12,57	14,73	4,40		
t_1	lateral	12,59	1,17	1,41	1,99	10,20	11,37	12,37	13,67	14,67	4,47		
	medial	12,53	1,19	1,63	2,64	9,10	11,80	12,70	13,30	15,20	6,10		
t_2	lateral	13,12	0,91	1,13	1,28	11,10	12,27	12,88	13,63	15,33	4,23		
	medial	12,50	0,83	1,15	1,32	9,87	11,90	12,60	12,97	14,33	4,47		
$t_2 - t_0$	lateral	0,76	0,87	1,22	1,48	-1,27	-0,10	0,50	0,90	4,03	5,30		
	medial	0,44	0,58	0,73	0,53	-0,73	-0,10	0,27	0,87	2,07	2,80		

Tabelle 26: Zusätzliche Variablen der MRT-Analyse I der Gruppe A: Posterior slope und Hilfsgerade P2'P3'. Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für jeweils die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

Die Gerade P1-P2 wird definiert durch den Abstand zwischen dem Zenit der Fossa (P2) und dem oberen Rand des Porus acusticus (P1). Sie wies in der Gesamtheit der untersuchten Patienten eine Änderung der Länge zu den unterschiedlichen Zeitpunkten auf. Posttherapeutisch ($MRT t_2$) verlängerte sich die Strecke durchschnittlich um 0,37 mm bis 0,68 mm. Dieses Ergebnis war im medialen Schnitt statistisch signifikant. Allerdings verlängerte sie sich auch zwischen den Zeitpunkten ($MRT t_0$) und ($MRT t_1$), wobei die Aufnahmen zeitlich nur wenige Tage auseinander lagen (Tab. 25 auf der vorherigen Seite).

Bezogen auf die einzelnen Gruppen ließ sich feststellen, das sich die Gerade in Gruppe A und C in den einzelnen MRT-Schnitten jeweils im Größenbereich von 0,16 mm bis 0,96 mm verlängerte. Diese Ergebnisse waren aber nicht statistisch signifikant. In Gruppe B ergab sich eine signifikante Änderung um durchschnittlich 1,08 mm (Tab. 27 auf der nächsten Seite).

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P1-P2													
t_0	lateral	11,25	0,75	0,98	0,95	9,07	10,77	11,20	11,83	13,10	4,03	n.sig. sig.	
	medial	11,82	0,86	1,05	1,11	9,60	10,83	11,90	12,60	13,30	3,70		
t_1	lateral	12,51	0,85	1,05	1,11	11,13	11,63	12,17	13,50	15,10	3,97		
	medial	13,45	0,78	1,11	1,24	11,70	12,67	13,23	13,70	16,33	4,63		
t_2	lateral	11,69	1,02	1,30	1,68	9,77	10,80	11,13	12,40	15,00	5,23		
	medial	12,91	0,70	0,99	0,98	10,20	12,40	12,90	13,87	14,23	4,03		
$t_2 - t_0$	lateral	0,44	1,09	1,35	1,81	-1,73	-0,80	0,37	1,50	3,43	5,17		
	medial	1,08	0,88	1,21	1,47	-1,70	0,30	1,00	1,83	3,73	5,43		
PS													
t_0	lateral	57,37	5,92	7,63	58,19	41,00	52,90	55,47	60,93	72,50	31,50		n.sig. n.sig.
	medial	61,88	6,07	7,77	60,37	45,43	54,27	60,20	66,00	75,90	30,47		
t_1	lateral	70,02	7,20	9,25	85,52	49,00	60,70	69,83	75,63	82,73	33,73		
	medial	70,99	7,25	9,23	85,14	54,20	62,20	69,90	76,27	90,27	36,07		
t_2	lateral	61,09	8,13	9,95	98,95	46,30	54,40	57,83	67,53	79,30	33,00		
	medial	64,80	7,18	9,37	87,73	45,53	56,80	63,93	72,43	81,50	35,97		
$t_2 - t_0$	lateral	3,71	6,12	8,31	69,00	-10,43	-2,93	3,27	7,67	19,80	30,23		
	medial	2,92	7,45	11,30	127,58	-14,67	-1,07	0,07	5,33	36,07	50,73		
RLP2'-P3'													
t_0	lateral	12,75	0,98	1,20	1,43	10,90	11,93	12,40	13,33	15,03	4,13	n.sig. n.sig.	
	medial	12,74	0,92	1,08	1,17	11,17	11,57	12,47	13,47	15,07	3,90		
t_1	lateral	12,76	0,89	1,07	1,15	11,03	11,63	12,87	13,70	14,33	3,30		
	medial	12,67	0,97	1,14	1,30	10,33	11,70	12,43	13,77	14,20	3,87		
t_2	lateral	12,68	1,00	1,21	1,46	10,77	11,67	12,70	13,60	14,90	4,13		
	medial	12,72	0,79	0,98	0,95	11,10	11,83	12,40	13,53	14,93	3,83		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,08	1,26	1,58	2,48	-3,57	-1,13	-0,23	1,17	3,07	6,63		
	medial	-0,02	0,99	1,32	1,73	-3,53	-0,77	-0,27	0,83	2,30	5,83		

Tabelle 27: Zusätzliche Variablen der MRT-Analyse I der Gruppe B.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P1-P2													
t_0	lateral	10,64	0,49	0,67	0,45	9,47	9,47	10,85	10,90	11,43	1,97	n.sig. n.sig.	
	medial	10,85	1,16	1,50	2,24	8,97	8,97	10,62	11,73	13,20	4,23		
t_1	lateral	11,83	0,94	1,42	2,02	9,23	9,23	11,97	13,03	13,17	3,93		
	medial	12,41	1,27	1,86	3,47	9,87	9,87	12,25	13,17	15,47	5,60		
t_2	lateral	10,87	1,03	1,58	2,50	8,70	8,70	10,88	11,33	13,47	4,77		
	medial	11,82	1,48	2,21	4,89	8,50	8,50	11,55	12,80	15,27	6,77		
$t_2 - t_0$	lateral	0,23	1,27	1,67	2,80	-2,17	-2,17	0,22	1,40	2,57	4,73		
	medial	0,97	0,58	0,84	0,71	-0,47	-0,47	1,08	1,37	2,07	2,53		
PS													
t_0	lateral	57,63	3,61	4,44	19,70	50,83	50,83	58,90	60,90	62,07	11,23		n.sig. n.sig.
	medial	60,17	6,67	8,77	76,85	49,57	49,57	57,95	65,87	74,47	24,90		
t_1	lateral	63,94	4,80	5,79	33,52	55,63	55,63	64,20	67,77	71,37	15,73		
	medial	70,14	5,99	8,18	66,91	63,40	63,40	67,78	73,07	85,20	21,80		
t_2	lateral	56,91	5,95	9,12	83,22	48,63	48,63	54,72	55,87	74,77	26,13		
	medial	58,52	5,30	7,68	59,00	53,37	53,37	55,72	59,40	73,53	20,17		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,72	5,96	7,79	60,62	-8,43	-8,43	-1,88	1,90	12,70	21,13		
	medial	-1,65	4,76	6,71	45,03	-10,07	-10,07	-2,53	0,43	9,83	19,90		
RLP2'-P3'													
t_0	lateral	14,06	1,69	2,03	4,12	11,80	11,80	13,85	15,17	17,13	5,33	n.sig. n.sig.	
	medial	14,42	1,27	1,52	2,30	12,40	12,40	15,03	15,60	15,83	3,43		
t_1	lateral	13,66	1,77	2,35	5,51	10,50	10,50	13,45	15,03	17,27	6,77		
	medial	13,02	1,68	2,06	4,26	9,73	9,73	13,18	14,67	15,23	5,50		
t_2	lateral	13,08	1,22	1,54	2,36	11,27	11,27	12,77	14,70	15,13	3,87		
	medial	13,61	0,69	0,92	0,85	12,43	12,43	13,55	13,90	15,13	2,70		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,98	0,91	1,20	1,45	-2,37	-2,37	-1,08	-0,27	0,93	3,30		
	medial	-0,81	0,94	1,06	1,12	-1,97	-1,97	-0,85	0,03	0,47	2,43		

Tabelle 28: Zusätzliche Variablen der MRT-Analyse I der Gruppe C.

4.4.3 Auswertung der MRT-Analyse II

Die Variablen der Analyse II lassen nur Aussagen über die rein sagittalen Bewegungen von Kondylus und Discus, ähnlich der FRS- Analyse nach Pancherz, zu. Gemessen wurde die kürzeste Distanz der Referenzpunkte zu der vertikalen Gerade P2pl. In Tabelle 29 sind die Werte bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv dargestellt.

Ergebnisse bezüglich des Discus

Die Lage des Discus wird durch die Variable P2pl-DM erfasst. Betrachtet man das Ergebnis vor Therapiebeginn ($MRT t_0$), so fällt auf, dass es auch bei dieser Analyse einen Unterschied zwischen

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P2pl-MD													
t_0	lateral	-4,01	1,16	1,41	2,00	-6,40	-5,27	-4,23	-2,93	-1,17	5,23		
	medial	-3,75	1,12	1,51	2,27	-7,30	-4,83	-3,70	-2,83	-0,47	6,83		
t_1	lateral	-3,86	0,76	0,97	0,94	-5,63	-4,53	-3,93	-3,20	-1,40	4,23		
	medial	-3,79	1,01	1,24	1,55	-6,83	-4,87	-3,63	-2,87	-1,10	5,73		
t_2	lateral	-3,91	0,96	1,31	1,73	-8,37	-4,70	-4,00	-3,23	-1,40	6,97		
	medial	-3,79	1,16	1,48	2,20	-8,10	-4,83	-3,63	-2,73	-1,23	6,87		
$t_2 - t_0$	lateral	0,10	0,87	1,17	1,36	-2,27	-0,77	0,07	0,77	3,47	5,73		n.sig.
	medial	-0,04	1,17	1,43	2,06	-2,63	-1,20	-0,33	0,77	3,77	6,40		n.sig.
P2pl-G1													
t_0	lateral	-1,91	0,83	1,03	1,06	-4,27	-2,80	-1,93	-1,20	0,70	4,97		
	medial	-1,64	0,72	0,91	0,83	-3,57	-2,40	-1,57	-1,07	0,93	4,50		
t_1	lateral	-2,98	0,92	1,16	1,34	-5,23	-3,80	-3,03	-2,30	0,03	5,27		
	medial	-2,93	1,15	1,40	1,95	-5,93	-4,07	-3,10	-2,00	0,00	5,93		
t_2	lateral	-1,81	0,99	1,25	1,56	-4,80	-2,73	-1,80	-0,77	0,57	5,37		
	medial	-1,77	0,91	1,20	1,45	-4,67	-2,70	-1,67	-1,20	1,37	6,03		
$t_2 - t_0$	lateral	0,10	0,77	1,04	1,07	-2,00	-0,60	-0,03	0,60	3,17	5,17	n.sig.	
	medial	-0,13	0,80	1,02	1,04	-1,93	-0,93	-0,13	0,43	2,57	4,50	n.sig.	
P2pl-G3													
t_0	lateral	0,64	0,57	0,73	0,53	-0,60	0,07	0,50	1,20	2,87	3,47		
	medial	0,97	0,51	0,62	0,38	-0,47	0,43	0,97	1,47	2,43	2,90		
t_1	lateral	-0,68	0,93	1,11	1,23	-2,67	-1,63	-0,50	0,07	1,47	4,13		
	medial	-0,58	1,06	1,29	1,68	-3,50	-1,47	-0,67	0,50	1,60	5,10		
t_2	lateral	0,88	0,64	0,82	0,67	-0,80	0,27	0,73	1,40	3,17	3,97		
	medial	0,95	0,54	0,76	0,58	-0,93	0,53	0,90	1,33	3,27	4,20		
$t_2 - t_0$	lateral	0,24	0,45	0,62	0,38	-1,53	-0,30	0,23	0,60	1,87	3,40		sig.
	medial	-0,02	0,51	0,66	0,43	-1,30	-0,53	-0,03	0,37	1,57	2,87		n.sig.
P2pl-G5													
t_0	lateral	-4,02	0,78	1,00	1,00	-6,53	-4,77	-4,10	-3,37	-2,07	4,47		
	medial	-4,51	0,82	0,99	0,97	-6,23	-5,17	-4,57	-3,70	-2,67	3,57		
t_1	lateral	-2,53	0,88	1,09	1,18	-4,87	-3,30	-2,70	-1,73	-0,50	4,37		
	medial	-2,79	1,21	1,61	2,60	-6,33	-4,23	-2,93	-1,90	1,20	7,53		
t_2	lateral	-4,36	0,82	1,12	1,25	-7,93	-4,90	-4,23	-3,67	-2,03	5,90		
	medial	-4,65	0,85	1,10	1,22	-6,90	-5,67	-4,70	-4,07	-1,57	5,33		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,34	0,68	0,95	0,91	-3,63	-1,07	-0,23	0,20	1,73	5,37	sig.	
	medial	-0,14	0,82	1,06	1,12	-2,33	-0,83	-0,07	0,47	2,83	5,17	n.sig.	

Tabelle 29: Ergebnisse der Analyse II. Dargestellt sind sowohl die laterale als auch die mediale MRT-Schicht. Die Angaben erfolgen in Millimeterangaben und beziehen sich auf das gesamte Patientenkollektiv (n=47).

den einzelnen Gruppen gibt. In den Gruppen mit pathologischer Discus-Kondylus-Relation (Gruppe B und C) lag der Discus weiter von der Referenzgeraden entfernt (weiter anterior) als in der als visuell physiologisch eingestuften Gruppe A. Dies bestätigt das Ergebnis der visuellen Analyse und der MRT-Analyse I.

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P2pl-MD													
t_0	lateral	-3,04	0,93	1,08	1,16	-4,77	-3,97	-3,22	-2,17	-1,17	3,60	sig. sig.	
	medial	-2,57	0,86	1,05	1,09	-4,33	-3,40	-2,80	-1,77	-0,47	3,87		
t_1	lateral	-3,82	0,85	1,12	1,25	-5,63	-4,40	-3,93	-3,37	-1,40	4,23		
	medial	-3,83	1,10	1,39	1,94	-6,83	-5,03	-3,43	-2,87	-1,10	5,73		
t_2	lateral	-3,51	0,92	1,14	1,31	-5,20	-4,53	-3,73	-2,63	-1,40	3,80		
	medial	-3,27	0,91	1,19	1,41	-5,73	-3,93	-3,17	-2,67	-1,23	4,50		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,47	0,65	0,79	0,63	-1,97	-0,97	-0,40	0,23	0,77	2,73		
	medial	-0,70	0,77	0,93	0,87	-2,63	-1,40	-0,97	-0,27	0,77	3,40		
P2pl-G1													
t_0	lateral	-1,79	0,92	1,14	1,29	-4,27	-2,77	-1,82	-0,80	-0,20	4,07		n.sig. n.sig.
	medial	-1,53	0,75	0,97	0,95	-3,10	-2,37	-1,43	-0,90	0,93	4,03		
t_1	lateral	-3,00	0,95	1,26	1,60	-4,97	-3,97	-3,10	-2,53	0,03	5,00		
	medial	-3,19	1,13	1,38	1,91	-5,93	-4,60	-3,07	-2,20	-0,97	4,97		
t_2	lateral	-1,99	0,95	1,16	1,33	-3,93	-2,97	-1,90	-1,43	0,07	4,00		
	medial	-1,93	0,89	1,18	1,40	-4,67	-2,70	-1,73	-1,33	0,70	5,37		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,20	0,55	0,73	0,53	-2,17	-0,73	-0,08	0,33	0,63	2,80		
	medial	-0,40	0,66	0,83	0,69	-1,93	-1,20	-0,47	0,10	1,03	2,97		
P2pl-G3													
t_0	lateral	0,64	0,61	0,73	0,53	-0,60	-0,07	0,72	1,17	1,87	2,47	n.sig. n.sig.	
	medial	1,00	0,55	0,68	0,47	-0,47	0,37	1,23	1,33	2,43	2,90		
t_1	lateral	-0,72	0,84	1,09	1,19	-2,57	-1,37	-0,83	-0,13	1,47	4,03		
	medial	-0,80	1,11	1,39	1,94	-3,50	-1,80	-0,48	0,20	0,83	4,33		
t_2	lateral	0,75	0,60	0,76	0,58	-0,67	0,27	0,70	1,33	2,33	3,00		
	medial	0,85	0,54	0,75	0,56	-0,93	0,33	0,90	1,30	2,47	3,40		
$t_2 - t_0$	lateral	0,11	0,43	0,59	0,35	-1,60	-0,07	0,25	0,47	0,77	2,37		
	medial	-0,15	0,48	0,67	0,45	-1,30	-0,60	-0,18	0,03	1,57	2,87		
P2pl-G5													
t_0	lateral	-4,25	0,86	1,06	1,13	-6,00	-5,23	-4,25	-3,60	-2,23	3,77		n.sig. n.sig.
	medial	-4,71	0,83	0,99	0,97	-6,23	-5,87	-4,55	-3,90	-3,27	2,97		
t_1	lateral	-2,73	0,77	0,96	0,92	-4,87	-3,23	-2,78	-2,03	-1,10	3,77		
	medial	-2,55	1,49	1,87	3,51	-5,00	-4,23	-2,98	-1,70	1,20	6,20		
t_2	lateral	-4,35	0,73	0,97	0,94	-6,53	-4,90	-4,22	-3,80	-2,30	4,23		
	medial	-4,68	0,96	1,26	1,59	-6,27	-5,80	-4,88	-4,33	-1,57	4,70		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,10	0,54	0,76	0,57	-1,77	-0,43	-0,17	0,20	1,60	3,37		
	medial	0,03	0,81	1,09	1,20	-1,93	-0,63	-0,08	0,73	2,83	4,77		

Tabelle 30: Gruppe A, Variablen der MRT-Analyse II zur Beschreibung der Lage von Discus und Kondylus in Bezug zur Referenzgeraden. Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für jeweils die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

Posttherapeutisch verlagerte sich der Discus in der Gruppe A im Vergleich zur Ausgangssituation um durchschnittlich 0,46-0,7 mm nach ventral. Die Änderung erwies sich im lateralen und medialen Schnitt als statistisch signifikant (Tab. 30).

In Gruppe B bewegte sich die ursprünglich nach anterior verlagerte Gelenkscheibe geringfügig

nach posterior. Dieses Ergebnis war allerdings nur im lateralen Schnitt statistisch nachweisbar (Tab. 31).

In Gruppe C blieb die Lage des Discus in Relation zur Referenzlinie nahezu gleich positioniert. Die geringen Änderungen von 0,07-0,47 mm erwiesen sich in beiden Schichten nicht als statistisch signifikant (Tab. 32 auf der nächsten Seite).

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P2pl-MD													
t_0	lateral	-4,41	0,92	1,18	1,40	-6,40	-5,27	-4,77	-3,63	-1,43	4,97		
	medial	-4,39	0,78	1,03	1,06	-7,20	-5,30	-4,13	-3,77	-2,37	4,83		
t_1	lateral	-3,70	0,67	0,84	0,70	-5,30	-4,43	-3,80	-3,10	-2,20	3,10		
	medial	-3,73	0,98	1,20	1,44	-5,93	-4,87	-3,60	-2,87	-1,73	4,20		
t_2	lateral	-3,89	0,77	1,05	1,10	-6,57	-4,70	-4,00	-3,40	-1,70	4,87		
	medial	-3,84	0,95	1,14	1,31	-5,70	-4,83	-4,10	-3,20	-1,53	4,17		
$t_2 - t_0$	lateral	0,52	0,86	1,06	1,13	-1,63	-0,17	0,23	1,10	2,33	3,97		sig.
	medial	0,55	1,05	1,36	1,86	-2,00	-0,63	0,27	1,20	3,77	5,77		n.sig.
P2pl-G1													
t_0	lateral	-2,00	0,81	1,03	1,07	-3,27	-2,90	-2,23	-1,47	0,70	3,97		
	medial	-1,72	0,60	0,79	0,62	-3,57	-2,27	-1,73	-1,13	-0,20	3,37		
t_1	lateral	-2,76	0,83	1,01	1,02	-4,63	-3,77	-2,63	-2,13	-0,90	3,73		
	medial	-2,72	1,11	1,34	1,81	-5,23	-3,83	-3,03	-1,73	-0,63	4,60		
t_2	lateral	-1,70	1,06	1,41	2,00	-4,80	-2,50	-1,70	-1,23	0,57	5,37		
	medial	-1,67	0,86	1,16	1,35	-4,37	-2,93	-1,60	-1,10	0,63	5,00		
$t_2 - t_0$	lateral	0,30	0,97	1,25	1,57	-1,73	-0,60	0,03	1,10	3,17	4,90	n.sig.	
	medial	0,05	0,91	1,19	1,41	-1,87	-0,93	-0,03	0,70	2,57	4,43	n.sig.	
P2pl-G3													
t_0	lateral	0,62	0,59	0,81	0,66	-0,50	-0,10	0,40	0,83	2,87	3,37		
	medial	0,92	0,42	0,56	0,31	-0,10	0,43	0,90	1,17	2,03	2,13		
t_1	lateral	-0,43	0,86	1,05	1,11	-2,57	-1,60	-0,30	0,20	1,47	4,03		
	medial	-0,44	0,99	1,19	1,42	-2,70	-1,33	-0,67	0,63	1,53	4,23		
t_2	lateral	0,96	0,70	0,93	0,87	-0,80	0,13	0,73	1,20	3,17	3,97		
	medial	1,02	0,56	0,80	0,64	-0,63	0,57	0,93	1,37	3,27	3,90		
$t_2 - t_0$	lateral	0,34	0,50	0,64	0,41	-0,53	-0,30	0,20	0,73	1,87	2,40		n.sig.
	medial	0,10	0,51	0,64	0,41	-0,63	-0,53	0,00	0,37	1,57	2,20		n.sig.
P2pl-G5													
t_0	lateral	-3,79	0,76	1,03	1,05	-6,53	-4,47	-3,90	-3,17	-2,07	4,47		
	medial	-4,29	0,84	0,99	0,97	-6,03	-4,97	-4,67	-3,43	-2,67	3,37		
t_1	lateral	-2,60	0,88	1,13	1,27	-4,73	-3,37	-2,80	-1,80	-0,50	4,23		
	medial	-2,90	0,92	1,26	1,58	-6,33	-3,50	-2,83	-2,07	-0,83	5,50		
t_2	lateral	-4,41	1,03	1,38	1,90	-7,93	-5,27	-4,10	-3,67	-2,03	5,90		
	medial	-4,71	0,75	1,00	0,99	-6,90	-5,33	-4,73	-4,07	-2,67	4,23		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,62	0,88	1,15	1,31	-3,63	-1,40	-0,67	0,00	1,73	5,37	sig.	
	medial	-0,42	0,87	1,04	1,08	-2,33	-1,30	-0,57	0,43	1,23	3,57	n.sig.	

Tabelle 31: Gruppe B, Variablen der MRT-Analyse II zur Beschreibung der Lage von Discus und Kondylus in Bezug zur Referenzgeraden. Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für jeweils die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

Variable/Zeit	Schicht	MW	AD	SD	VAR	Min	Q25	Med	Q75	Max	Range	Sig.	
P2pl-MD													
t_0	lateral	-5,79	0,24	0,31	0,09	-6,20	-6,20	-5,75	-5,57	-5,40	0,80	n.sig. n.sig.	
	medial	-5,44	1,07	1,36	1,85	-7,30	-7,30	-5,43	-4,83	-3,40	3,90		
t_1	lateral	-4,57	0,46	0,62	0,38	-5,40	-5,40	-4,63	-4,27	-3,60	1,80		
	medial	-3,89	0,81	1,02	1,04	-5,27	-5,27	-4,10	-2,93	-2,53	2,73		
t_2	lateral	-5,32	1,25	1,87	3,50	-8,37	-8,37	-5,50	-4,17	-2,73	5,63		
	medial	-5,37	1,88	2,36	5,59	-8,10	-8,10	-5,82	-2,73	-2,37	5,73		
$t_2 - t_0$	lateral	0,47	1,31	1,90	3,61	-2,27	-2,27	0,25	1,40	3,47	5,73		
	medial	0,07	1,99	2,23	4,97	-2,50	-2,50	0,07	2,17	2,47	4,97		
P2pl-G1													
t_0	lateral	-2,01	0,55	0,66	0,44	-2,63	-2,63	-2,28	-1,27	-1,10	1,53		n.sig. n.sig.
	medial	-1,78	1,00	1,19	1,41	-3,03	-3,03	-1,78	-1,13	-0,03	3,00		
t_1	lateral	-3,68	0,99	1,20	1,43	-5,23	-5,23	-3,30	-2,77	-2,50	2,73		
	medial	-2,75	1,39	1,71	2,94	-4,27	-4,27	-3,42	-1,33	0,00	4,27		
t_2	lateral	-1,62	0,83	1,00	1,01	-2,77	-2,77	-1,67	-0,57	-0,43	2,33		
	medial	-1,58	1,13	1,55	2,41	-2,77	-2,77	-2,23	-1,13	1,37	4,13		
$t_2 - t_0$	lateral	0,39	0,88	1,06	1,12	-0,87	-0,87	0,35	1,03	1,93	2,80		
	medial	0,19	0,55	0,85	0,73	-1,23	-1,23	0,22	0,53	1,40	2,63		
P2pl-G3													
t_0	lateral	0,68	0,39	0,47	0,22	0,27	0,27	0,48	1,20	1,33	1,07	n.sig. n.sig.	
	medial	1,03	0,64	0,71	0,50	0,30	0,30	0,98	1,73	1,77	1,47		
t_1	lateral	-1,42	0,94	1,19	1,42	-2,67	-2,67	-1,58	-0,10	0,07	2,73		
	medial	-0,29	1,14	1,42	2,01	-1,93	-1,93	-0,55	1,13	1,60	3,53		
t_2	lateral	0,98	0,51	0,65	0,42	0,07	0,07	0,97	1,40	1,90	1,83		
	medial	1,00	0,54	0,75	0,57	0,47	0,47	0,68	1,20	2,43	1,97		
$t_2 - t_0$	lateral	0,29	0,52	0,72	0,53	-0,43	-0,43	0,18	0,57	1,57	2,00		
	medial	-0,03	0,50	0,69	0,48	-1,27	-1,27	0,15	0,43	0,67	1,93		
P2pl-G5													
t_0	lateral	-4,15	0,56	0,68	0,46	-4,97	-4,97	-4,27	-3,37	-3,37	1,60		n.sig. n.sig.
	medial	-4,63	0,82	0,98	0,96	-6,10	-6,10	-4,58	-3,70	-3,67	2,43		
t_1	lateral	-1,66	0,84	1,09	1,18	-3,43	-3,43	-1,42	-0,77	-0,57	2,87		
	medial	-3,22	1,46	1,94	3,76	-6,10	-6,10	-2,95	-1,93	-0,67	5,43		
t_2	lateral	-4,22	0,46	0,57	0,32	-4,83	-4,83	-4,35	-3,57	-3,50	1,33		
	medial	-4,34	0,77	1,02	1,03	-6,00	-6,00	-4,30	-3,33	-3,30	2,70		
$t_2 - t_0$	lateral	-0,07	0,49	0,81	0,65	-1,10	-1,10	-0,18	-0,13	1,40	2,50		
	medial	0,29	0,54	0,86	0,73	-0,83	-0,83	0,22	0,37	1,80	2,63		

Tabelle 32: Gruppe C, Variablen der MRT-Analyse II zur Beschreibung der Lage von Discus und Kondylus in Bezug zur Referenzgeraden. Die Tabelle umfasst die beschreibenden statistischen Kennzahlen dieser Variablen für jeweils die drei Behandlungszeitpunkte t_0 , t_1 und t_2 sowie für die beiden MRT Schichten (lateral und medial).

Ergebnisse bezüglich des Kondylus

Die Position des Gelenkkopfes wird durch die Variablen P2pl-G1, P2pl-G3, P2pl-G5 in Relation zu der Referenzgeraden P2pl beschrieben.

Der Kondylus lag prätherapeutisch in allen drei Gruppen in annähernd gleicher Position (siehe Tab. 30 auf Seite 62, Tab. 31 auf der vorherigen Seite und Tab. 32). Dieses Ergebnis unterschied sich von dem der Analyse I, bei der der Kondylus umso weiter dorsal in Relation zur Fossa lag, je größer die anteriore Discusverlagerung war.

Posttherapeutisch lag der Kondylus in ähnlicher Relation zur Referenzlinie wie vor der Behandlung.

Metrisch erfasste Differenzen lagen zwischen 0,02 mm und 0,60 mm. Nur in Gruppe B war die Veränderung bei der Variablen P2pl-G5 im lateralen Schnitt statistisch signifikant. Da aber die anderen beiden Kondyluspunkte G1 und G3 sich in dieser Schicht nicht signifikant veränderten, ist auch in dieser Gruppe nicht von einer Positionsänderung des Kondylus auszugehen. Die Ergebnisse, die sich auf das gesamte Patientenkollektiv bezogen, ergaben, dass sich der Kondylus im lateralen Schnitt posttherapeutisch nach ventral bewegte. Diese Veränderung war bei den Variablen P2pl-G3 und P2pl-G5 statistisch signifikant (Tab. 29 auf Seite 61).

Zusammenfassend ließ sich bei der Analyse II feststellen, dass der Discus posttherapeutisch in Gruppe A um 0,6 mm weiter ventral lag, in Gruppe B und C reduzierte sich die bestehende anteriore Discusverlagerung durch die Therapie geringfügig, allerdings war dieses Ergebnis nur im lateralen Schnitt der Gruppe B statistisch signifikant.

Die Lage des Kondylus in Relation zur Fossa wurde nach den Ergebnissen dieser Analyse statistisch signifikant verändert (bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv). Posttherapeutisch lag der Gelenkkopf im lateralen Schnitt weiter ventral. In den einzelnen Gruppen zeichnete sich diese Verlagerung des Kondylus allerdings nicht ab, hier waren die Ergebnisse bis auf vereinzelte Werte nicht statistisch signifikant.

5 Diskussion

Die Therapie des Distalbisses mit dem Herbstscharnier bewirkte nach 6-8 Monaten den Ausgleich der mandibulären Dysgnathie. Wie die Auswertung der Fernröntgenseitenbilder ergab, kam es zur Einstellung einer Neutralverzahnung und einer Verringerung des Overjets. Hierzu trugen sowohl skelettale als auch dentoalveoläre Veränderungen bei. Die Auswertung der MRTs mit den beschriebenen Methoden zeigte, dass es auch im Kiefergelenk unter dem Einfluss der Behandlung zu Veränderungen der Relation von Discus zu Kondylus und Kondylus zu Fossa kam.

5.1 Methodenfehler

Im Folgenden werden die verwendeten Messverfahren, die kephalometrische Analyse nach Pancherz und die metrischen Analysen der MRTs mittels des Zuverlässigkeitskoeffizienten nach Houston bewertet und diskutiert. Er basiert auf dem Methodenfehler nach Dahlberg und stellt das Verhältnis des zufälligen Fehlers zu der Gesamtvarianz dar.

Abweichungen bei der Berechnung der einzelnen Variablen waren dabei hauptsächlich auf Ungenauigkeiten bei der Eingabe der Referenzpunkte zurückzuführen sowie auf die Länge der zu bemessenden Strecken (Segner(1993)).

Die Festlegung der Referenzpunkte in der Computersoftware „FR-WIN“ erfolgte digital, nachdem das analoge Bild durch einen Scanner digital erfasst, in das Softwareprogramm eingelesen und kalibriert wurde. Um den zufälligen Fehler bei Eingabe der Referenzpunkte möglichst gering zu halten, wurde jedes Bild dreimal durch dieselbe Person bewertet. Der Median aus diesen Berechnungen wurde gewertet, um Ausreißer unberücksichtigt zu lassen.

5.1.1 Kephالometrische Analyse

Für die Auswertung war die Qualität der Röntgenbilder entscheidend. Die Aufnahmen wurden mit einem konventionellen Röntgengerät hergestellt. Durch Fehlpositionierung des Patienten im Gerät wurde bei mehreren Aufnahmen die Sagittalebene des Schädels nicht exakt senkrecht getroffen.

Dies führte zu einer ungünstigen Überlagerung der Strukturen und zu Doppelkonturen. Die Bestimmung und folgende Eingabe der Referenzpunkte a_r , m_s und m_i wurde dadurch erschwert. Die ermittelten Zuverlässigkeitskoeffizienten nach Houston (siehe Abschnitt 3.1 auf Seite 17) lagen dennoch bei allen Variablen zwischen 0,98 und 0,99. Die Koeffizienten waren damit alle größer als der von Mitgaard et alii geforderte Wert von 0,97 (Mitgaard et al.(1974)Mitgaard, Björk und Linder-Aronson). Dies beweist die Zuverlässigkeit der angewandten Messmethode.

5.1.2 MRT-Analyse I

Die Zuverlässigkeit der Messmethode wurde durch die Beurteilung nach Houston bestätigt. Die Koeffizienten lagen zwischen 0,88 und 0,99. Nur bei einer Variablen lagen die Werte unterhalb der von Houston geforderten Grenze von 0,9.

Da die hier verwendete Analyse ihren Ursprung in einem von Vargas Pereira vorgestellten Messsystem hat (Vargas Pereira(1997)) und die Referenzpunkte aus dieser Arbeit entnommen wurden, ist ein Vergleich der von Vargas Pereira vorgestellten Methodenfehler mit den hier vorhandenen Werten interessant. Ihre Ergebnisse basieren auf 20 Messwiederholungen pro MRT- Auswertung, wohingegen hier nur drei Wiederholungen vorgenommen wurden. Der Zuverlässigkeitskoeffizient der Variablen fiel in beiden Studien ähnlich aus. Nur bei einigen wenigen Werten, z.B. der Variablen %ventral/dorsal, ergaben sich unterschiedliche Ergebnisse. In der Vergleichsstudie wurde ein Wert von 0,96 ermittelt, der beste Koeffizient in dieser Untersuchung lag bei 0,97 ($MRT t_0$, lateral), der schlechteste bei 0,88 ($MRT t_1$, lateral und medial).

Die Variable %ventral/dorsal spiegelt das Verhältnis von vorderem und hinterem Gelenkspalt wieder. Sie ist abhängig von der Präzision bei der Erfassung von insgesamt vier Referenzpunkten. Nach Mitgaard sollte ein Zuverlässigkeitskoeffizient von weniger als 0,9 zur Verwerfung der Messmethode führen. Houston hielt diese Grenzen jedoch für idealistisch (Houston(1985)). Ein Wert von 0,9 bedeutet beispielsweise, dass der Methodenfehler $\frac{1}{10}$ der Gesamtvarianz ausmacht (somit ist die Varianz der Fehler innerhalb der Individuen um mehr als ein $\frac{1}{10}$ kleiner als die Gesamtvarianz). Diese Abweichung wurde hier nur zum Zeitpunkt $MRT t_1$ festgestellt (die Messungen prä- und posttherapeutisch ergaben einen Koeffizienten über 0,9). Eine Verwerfung der Messmethode im Sinne der Forderung von Mitgaard et alii erschien daher nicht notwendig.

5.1.3 MRT-Analyse II

Die Variablen dieser Analyse basierten hauptsächlich auf denselben Referenzpunkten wie die Analyse I. Die Erfassung und Eingabe der Punkte auf den digitalen MRTs diente gleichzeitig den Auswertungen beider Analysen. Die daraus bestimmten Variablen unterlagen damit denselben Voraussetzungen. Die in dieser Analyse vermessenen Strecken waren verhältnismäßig größer als die in der Analyse I.

Dieser Unterschied müsste sich nach Segner positiv auf den Methodenfehler auswirken (Segner(1993)). Sowohl der Methodenfehler als auch der Zuverlässigkeitskoeffizient präsentierten sich dennoch in der gleichen Dimension wie in der Analyse I. Alle ermittelten Koeffizienten lagen oberhalb von 0,9. Somit erwiesen sich die Werte der Analyse als zuverlässig.

5.2 Radiologische Untersuchung

Zur kephalometrischen Vermessung kraniofazialer Strukturen wurde von jedem Patienten vor und nach der kieferorthopädischen Behandlung ($FRS t_0$ und $FRS t_1$) je ein FRS angefertigt. Diese dienten der Diagnostik, Therapieplanung und der Kontrolle des Therapieverlaufes. Der zeitliche Abstand zwischen den beiden FRS- Aufnahmen lag zwischen 13 und 48 Monaten (im Durchschnitt 28,3 Monate). Die vorliegenden Röntgenbilder umfassen somit einen langen Behandlungszeitraum, der weit über die Behandlungsabschnitt mit der Herbst-Apparatur (6,8 Monate) hinausging. Zwischen dem Zeitpunkt der Ausgliederung des Herbstscharniers (MRT t_2) und dem abschließenden FRS ($FRS t_1$) lag eine Zeitspanne von 2 bis 26 Monaten (im Durchschnitt 14,1 Monate).

Dies hat zum Nachteil, dass der alleinige Einfluss der Herbst-Apparatur auf die beschriebenen Resultate nicht evident ist. Vielmehr müssen die in dieser Studie erhobenen Ergebnisse als Summationseffekt der gesamten kieferorthopädischen Therapie, natürlichen Wachstums und auch Rezidiv der Therapie verstanden werden.

Aus Gründen der Strahlenbelastung wurde auf weitere FRS-Bilder unmittelbar vor und nach dem Behandlungsabschnitt mit dem Herbstscharnier verzichtet. Ein FRS dient zur Beurteilung kranialer Strukturen und deren Beziehungen zueinander. Für eine differenzierte Diagnostik des Kiefergelenkes ist diese Aufnahmetechnik nicht geeignet (Kluemper et al.(1995)Kluemper, Vig und Vig).

5.3 Auswertung der kephalometrischen Analyse

Die kephalometrische Analyse nach Pancherz (Pancherz(1982a)) wurde in dieser Studie verwendet, um die sagittalen Effekte des Herbstscharniers auf den Gesichtsschädel (Unterkiefer und Oberkiefer) zu verfolgen. Die Analysemethode musste leicht abgewandelt werden, da sie ursprünglich auf der Auswertung von analogem Bildmaterial basierte. In dieser Studie wurde eine digitale Methode der Auswertung gewählt und die kephalometrischen Vermessungen mit Hilfe eines Softwareprogramms durchgeführt. Dadurch war eine Überlagerung der Röntgenbilder zur Erfassung therapiebedingter Änderungen in diesem Sinne nicht möglich. Aus diesem Grunde wurden beide FRS- Aufnahmen (t_0 und t_1) unabhängig voneinander digital ausgewertet und die Differenz der beiden Messungen als therapeutische Veränderung gewertet. Diese Vorgehensweise führt jedoch zu gewissen Ungenauigkeiten. Zum einen wird hierbei weiteres pubertäres Wachstum nicht berücksichtigt. Zum anderen steht die Okklusionsebene, die als Referenzgerade diente, unter direktem Einfluss der Therapie (Pancherz(1982a); Paulsen et al.(1995)Paulsen, Karle, Bakke und Herskind). Durch den „Headgear-Effekt“ des Herbstscharniers kommt es zur Distalisation und Intrusion der Molaren im Oberkiefer (Pancherz(1997); Pancherz et al.(2003)Pancherz, Odont und Fischer; Valant und Sinclair(1989)) und Extrusion der Molaren im Unterkiefer. Nach einer Studie von Pancherz (Pancherz(1985)) führt dies zu einer Kippung der Okklusionsebene um durchschnittlich $1,2^\circ$ im Uhrzeigersinn. Diese Veränderung zieht wiederum eine Kippung der vertikalen Referenzlinie OLP nach posterior mit sich und erschwert dadurch den Vergleich der prä- und posttherapeutischen Auswertungen.

Diese Kippung der Kauebene wird jedoch von Pancherz als temporär beschrieben (Pancherz(1985)). Da bei dem vorliegenden Bildmaterial ein weiter zeitlicher Abstand zwischen dem Zeitpunkt der Entfernung des Herbstscharniers und dem zweiten FRS lag, kann davon ausgegangen werden, dass es in diesem Zeitrahmen zu einem Rezidiv gekommen ist. Somit müsste sich die Okklusionsebene ihrer ursprünglichen Lage wieder angenähert haben. Eine genaue Aussage über die Inklination der Okklusionsebene konnte in dieser Studie nicht getroffen werden, da die verwendete Analyse diese nicht erfasste. Die erhaltenen Werte bzw. ihr quantitativer Aussagewert über die therapeutische Veränderung ist demnach mit Vorsicht zu betrachten. Ein Vergleich des Ergebnisses dieser Studie mit Daten von Pancherz ist nur mit Einschränkungen möglich.

Auf eine Übernahme der Gruppenaufteilung, wie sie im Rahmen der MRT-Untersuchung vorgenommen wurde, konnte verzichtet werden. Die Einteilung ist für diesen Teil der Studie irrelevant, da sie sich auf die Lage des Discus in Relation zum Kondylus bezieht.

In der Literatur gibt es mehrere kephalometrische Untersuchungen, die die kurzfristigen (Pancherz(1979); Pancherz(1982a); Ruf und Pancherz(1999a); Paulsen et al.(1995)Paulsen, Karle, Bakke und Herskind) und längerfristigen Effekte des Herbstscharniers (Pancherz(1997); Ruf und Pancherz(1998b); Ruf und Pancherz(1999b); Hansen et al.(1991)Hansen, Pancherz und Hägg; Hansen et al.(1997)Hansen, Koutsonas und Pancherz) unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte darlegen. Im Folgenden wurden die Ergebnisse dieser Untersuchung den Resultaten zweier ausgewählter Studien von Pancherz und Hansen (Pancherz und Hansen(1986); Hansen et al.(1991)Hansen, Pancherz und Hägg) gegenübergestellt (Tabelle 33 auf der nächsten Seite), bei denen dieselbe kephalometrische Analyse angewendet wurde wie in dieser Studie. Es handelt sich dabei um Langzeitstudien, die neben der aktiven Behandlungsphase eine posttherapeutische Phase von 6 bzw. 12 Monaten einbezogen. Dies ist für einen Vergleich erforderlich, da der Beobachtungszeitraum zwischen der Ausgliederung des Herbstscharniers (*MRT t₂*) und dem FRS zum Zeitpunkt *t₁* bei dem vorliegenden Patientenkollektiv, wie oben beschrieben, weit gefächert war. Somit ist der alleinige Bezug des Ergebnisses auf die Behandlung mit dem Herbstscharnier nicht zulässig. Die posttherapeutische Phase ist geprägt durch „Settling“ der Zähne, eintretendes Rezidiv des Behandlungsergebnisses und je nach Entwicklungsstand weiteres skelettales Wachstum (Pancherz und Hansen(1986)). Die Okklusion rezidiert zu 90 Prozent in den ersten 6 Monaten nach der Behandlung (Pancherz und Hansen(1986)).

Das vorliegende Ergebnis fiel verhältnismäßig ähnlich aus wie von Pancherz und Hansen (Vergleichsstudie A und B in Tabelle 33 auf der nächsten Seite) beschrieben, auch wenn sich die Werte im Ausmaß unterschieden. In dieser Studie wurde eine neutrale Molarenrelation und eine Reduktion der sagittalen Frontzahnstufe von durchschnittlich 5,9mm auf durchschnittlich 3,6mm erreicht. Auffallend ist, dass das Korrekturausmaß sowohl des Overjets als auch der Molarenrelation bei den Patienten der Vergleichsstudien A und B deutlich größer ausgefallen ist als in der vorliegenden Untersuchung. Dies hat unterschiedliche Ursachen. Es ist darauf hinzuweisen, dass die zu korrigierende Frontzahnstufe in der Vergleichsstudie A größer war. Während dort prätherapeutisch ein Overjet von durchschnittlich 8 mm vorlag, betrug die sagittale Stufe in dieser

Overjet vor / nach Therapie	Beobachtungszeitraum	Korrektur des Overjets	Korrektur der Molarenrelation	Korrektur is	Korrektur ms	Korrektur ii	Korrektur mi
Vorliegende Studie							
$t_0=5,8\text{mm}$ $t_2=3,6\text{mm}$	6,8 Monate Herbstscharnier und anschließende 14,1 Monate posttherapeutische Phase	2,28mm	3,11mm	0,85mm mesial	1,58mm distal	0,14mm mesial	1,48mm mesial
Vergleichsstudie A Pancherz und Hansen, 1986							
$t_0=8\text{mm}$ $t_2=4,6\text{mm}$	7 Monate Herbstscharnier mit einer anschließenden posttherapeutischen Phase von 12 Monaten	4,6mm	4,6mm	1,9mm distal	0,5mm distal	0,2mm mesial	1,6mm mesial
Vergleichsstudie B Hansen und Pancherz, 1991							
$t_0=$ keine Angabe $t_2=4,7\text{mm}$	7 Monate Herbstscharnier mit einer anschließenden posttherapeutischen Phase von 6 Monaten (peak group)	4,7mm	5,0mm	2,9mm distal	0,4mm mesial	1,00mm mesial	0,9mm mesial

Tabelle 33: Gegenüberstellung der vorliegenden Ergebnisse mit Langzeitergebnissen aus Studien von Pancherz und Hansen (1986) und Hansen et al.(1991). Es werden die kombiniert dental und skelettalen Effekte (Overjet und Molarenrelation) dargestellt.

Untersuchung durchschnittlich nur 5,9 mm.

Zusätzlich ist das Ausmaß der zu überwindenden Stufe bei der Einstellung des Herbstscharniers nicht nur abhängig von der Ausgangssituation, sondern auch von der therapeutisch eingestellten Unterkieferstellung. Diese wiederum wird durch den Behandler bestimmt. Pancherz strebte einen überkorrigierten Neutralbiss an. Dies bedeutet, dass der Unterkiefer über die Neutralokklusion hinaus soweit nach ventral geführt wurde, dass frontal eine Kopfbissstellung resultierte. Diese Überkorrektur soll das posttherapeutisch eintretende Rezidiv ausgleichen und langfristig eine Neutralokklusion sichern. Bei dem vorliegenden Patientenkollektiv wurde der Unterkiefer durch Eingliederung des Scharniers in eine Angle-Klasse I (Neutralverzahnung) eingestellt. Die Vorschubbewegung des Unterkiefers und die daraus resultierenden Kräfte fielen in dieser Studie dadurch kleiner aus.

Betrachtet man die skelettalen und dentalen Effekte getrennt, so kann der in der Literatur beschriebene retrudierende Effekt des Herbstscharniers auf die obere Zahnreihe (Pancherz(1982a); Ruf und Pancherz(1998b); Paulsen et al.(1995)Paulsen, Karle, Bakke und Herskind; Hiyama et al.(2000)Hiyama, Ono, Ishiwata, Kuroda und McNamara) nur im Bereich der Molaren (ms) bestätigt werden. Die oberen Inzisivi (is) dagegen machten eine Bewegung um durchschnittlich 0,85 mm nach mesial. Dieses Ergebnis unterschied sich wiederum im Ausmaß von den Vergleichsstudien A und B, bei denen eine Retrusion der Frontzähne aufgetreten ist. Die unteren Inzisivi (ii) veränderten ihre Stellung innerhalb des Kiefers kaum (durchschnittlich 0,14 mm nach ventral). Aufgrund der Schubwirkung des Herbstscharniers auf die Unterkieferzahnreihe wäre eine Protrusion der Inzisivi zu erwarten gewesen (Hansen et al.(1997)Hansen, Koutsonas und Pancherz; Pancherz(1982a); Hiyama et al.(2000)Hiyama, Ono, Ishiwata, Kuroda und McNamara). Dennoch ist das Ergebnis ähnlich wie in Vergleichsstudie A. Hier betrug die Protrusion durchschnittlich nur 0,2 mm nach der Beobachtungszeit von 12 Monaten. Zu bemerken ist, dass die Zähne direkt nach Abschluss der Herbsttherapie prokliniert waren, und es anschließend zu einem deutlichen Rezidiv kam. Somit sind die posttherapeutischen Ergebnisse dieser Studie unter der Hinsicht zu interpretieren, dass bereits ebenfalls ein Rezidiv eingetreten ist. Zusätzlich ist in der vorliegenden Studie davon auszugehen, dass im Anschluss an die Behandlung mit dem Herbstscharnier weitere kieferorthopädische Maßnahmen zur Feineinstellung der Okklusion durchgeführt wurden, die die Stellung der Zähne zusätzlich beeinflusst haben. Bei mindestens vier der Patienten wurde eine Multibracket/-bandapparatur eingesetzt. Diese ist auf dem FRS zum Zeitpunkt t_1 zu erkennen. Somit ist bei diesen Patienten keine Aussage mehr zu dem rein dentalen Effekt des Herbstscharniers möglich. Hierfür hätte eine FRS-Aufnahme unmittelbar zum Zeitpunkt der Entfernung der Herbstapparatur (*MRT* t_2) erfolgen müssen.

Die skelettalen Effekte zeigten ähnliche Ergebnisse wie die beiden Vergleichsstudien A und B und andere Studien (Pancherz(1979); Manfredi et al.(2001)Manfredi, Cimino, Trani und Pancherz). Der Unterkiefer wies ein stärkeres Wachstum auf als der Oberkiefer. Dieser wachstumshemmende Effekt des Herbstscharniers auf den Processus alveolaris der Maxilla ist auf die oben erwähnte headgearähnliche Wirkung zurückzuführen. Bezüglich der Mandibula ließ sich eine signifikante Längenzunahme feststellen. Pancherz interpretierte dies als ein adaptives Wachstum des Kondylus auf die Vorverlagerung der Mandibula (Pancherz(1979)).

Die Lage des Kondylus, beschrieben durch die Variable ar , wurde durch die Therapie nicht signifikant beeinflusst. Dies bestätigt die Ergebnisse anderer Studien (Pancherz und Stickel(1989)). Abweichend von der ursprünglichen Methode nach Pancherz (Pancherz(1982a)) wurde der Kondylus in dieser Studie erfasst als der Schnittpunkt zwischen dem posterioren Kondylusrand und der inferioren Schädelbasis. Pancherz dagegen verwendete einen Punkt Co an der kraniodorsalen Kontur des Kondylus. Da bei mundgeschlossenen Aufnahmen die Kondylus-Fossa-Region durch das Os temporale verdeckt wird, ist die Kontur des Kondyluskopfes schwer wahrzunehmen (Pancherz und Stickel(1989); Pancherz et al.(2003)Pancherz, Odont und Fischer). In der Literatur wird ar als Alternative zu dem anatomischen Kondyluspunkt vorgeschlagen (Williams und Melsen(1982); Buschang und Santos-Pinto(1998); Ruf(2001)). Dieser Referenzpunkt hat zum Nachteil, dass er nicht den am weitesten posterior gelegenen Punkt des Kondylus darstellt. Somit lässt sich nicht die vollständige Länge der Mandibula erfassen. Weiterhin unterliegt der Punkt natürlichen Wachstumsveränderungen und ist daher nach Aussage von Pancherz und Stickel in Verlaufsstudien zur Kontrolle des Längenwachstums der Mandibula nicht geeignet (Pancherz und Stickel(1989)). Zur Festlegung kondylärer Referenzpunkte sehen sie FRS-Aufnahmen bei weit geöffnetem Mund als nötig an (Pancherz und Stickel(1988)). Dies ist beim Vergleich des Ergebnisses mit den anderen Studien zu berücksichtigen.

5.4 Erstellung der Magnetresonanztomogramme

Zur Darstellung der Kiefergelenke wurde das MRT gewählt. Das Magnetresonanztomogramm gilt als Mittel der Wahl bei Kiefergelenkuntersuchungen. Es hat zum Vorteil, dass es sowohl knöcherne Strukturen als auch intraarticuläre Weichteile in guter Auflösung darstellt (Hasso et al.(1989)Hasso, Christiansen und Marden; Vogel und Dieter(1993); Bumann und Lotzmann(2000)). Besonders gut ist es geeignet, die Discusposition in Relation zu Kondylus und Fossa zu bestimmen (Watted et al.(2001)Watted, Witt und Kenn).

Durch verschiedene Einstellung von Parametern (Repetitionszeiten) ist die Darstellung der einzelnen anatomischen Strukturen mit unterschiedlicher Protonendichte besser möglich als im CT und erlaubt eine bessere Gewebecharakterisierung. Die Aufnahmetechnik ist noninvasiv, frei von jeglicher ionisierenden Strahlenbelastung und anderen Nebenwirkungen (Thurn und Bücheler(1998)).

Die Darstellung korrespondierender Strukturabschnitte des Gelenkes in verschiedenen Schichtebenen ist möglich. Dies ist vor allem für die Diagnostik von Discusverlagerungen bedeutend, da diese eine räumliche Verlagerung darstellen (Bumann und Lotzmann(2000)).

Als alternative Diagnostikverfahren stehen die Arthrographie und das Computertomogramm (CT) zur Verfügung. Bei ersterer handelt es sich um eine invasive Methode, bei der die Injektion eines Kontrastmittels nötig ist. Dem CT liegt eine relativ hohe Strahlenbelastung zugrunde, womit sich zwar die Knochenstrukturen in guter Qualität, weniger jedoch die knorpeligen Weichteile darstellen lassen (Vogel und Dieter(1993)).

Im Rahmen der Studie wurden zu drei Zeitpunkten (t_0 , t_1 und t_2) jeweils ein MRT des rechten Kiefergelenkes in habitueller Okklusion angefertigt. Hierfür wurde bezüglich der Spinoechosequenz eine T1-Gewichtung (kurze Repetitionszeit und lange Echozeit) gewählt. Dies gewährleistet eine optimale Auflösung und somit eine exakte Abgrenzung der einzelnen anatomischen Strukturen, was vor allem entscheidend bei der Darstellung des Discus articularis ist (Bumann und Lotzmann(2000)).

5.5 Auswertung der MRT-Analysen

5.5.1 Visuelle Methode und Patienteneinteilung

Die hier verwendete visuelle Auswertung nach Bumann ermöglicht eine schnelle, qualitative Einschätzung der einzelnen Strukturen des Kiefergelenkes nach funktionellen und morphologischen Gesichtspunkten (Bumann und Lotzmann(2000)).

In dieser Studie wurde die visuelle Auswertung der MRTs ausschließlich dazu verwendet, die Discus-Kondylus-Relation zu beurteilen und die Resultate zur Gruppeneinteilung des Patientenkollektivs zu verwenden. Eine klinische Untersuchung der Kiefergelenke fand nicht statt. Die Gruppeneinteilung hat den Vorteil, die Auswirkung des Herbstscharniers auf physiologische und pathologische Kiefergelenke (partielle/totale anteriore Discusverlagerung) gesondert darstellen zu können. Zu bemerken ist, dass allein in dieser Studie 56% der Patienten bezüglich der Discus-Kondylus-Relation visuell eine Veränderung im Kiefergelenk aufwiesen.

5.5.2 Kritische Bewertung der Analyse I

Durch die hier angewendete MRT-Analyse war es möglich die Diskrepanz der Relation von Discus, Kondylus und Fossa quantitativ zu beurteilen. Die Lage von Discus und Kondylus zueinander erfuhr durch die Behandlung mit dem Herbstscharnier in Gruppe A keine statistisch relevante Veränderung. In den beiden Gruppen mit Discusverlagerung ergaben sich einzelne nennenswerte Veränderungen, obwohl diese nicht alle statistisch belegbar waren. In der Gruppe der partiellen Discusverlagerung (B) trat visuell bei 17 der 22 Jugendlichen eine Verbesserung bzw. Normalisierung der Discus-Kondylus-Relation auf. Im medialen Gelenkabschnitt ließ sich die Verbesserung der Relation durch die metrische Analyse statistisch beweisen. In Gruppe C kam es visuell bei drei der sechs Patienten zu einer leichten Verbesserung der Discus-Kondylus-Situation. Metrisch ergaben sich durch die Analyse I zwar vereinzelte statistisch relevanten Änderungen der Kondyluslage innerhalb der Fossa. Diese sind aber nicht eindeutig interpretierbar, da sie bei verschiedenen Variablen in unterschiedlichen Schichten auftreten. Bei einem Patient trat eine Einstellung einer physiologischen Discus-Kondylus-Relation auf. Dies ist wohl ein besonderer Fall. Die Reposition des Discus auf dem Kondylus ist abhängig von vielen Faktoren, wie beispielsweise dem Ausmaß der prätherapeutischen Verlagerung, Zustand des Bandapparates und degenerativen Veränderungen der intraarticulären Strukturen (Verformung und Abflachung des Discus, Erosion des Kondylus)(Eberhard et al.(2002)Eberhard, Bantleon und Stegner). Weiterhin zählt das individuelle Regenerationsvermögen des Patienten (Alter) und die zeitlichen Länge des Krankheitszustandes (Richter und Richter(2002)) sowie die Kondylenbahnneigung eine Rolle (Bumann und Lotzmann(2000)).

Um die Ergebnisse besser bewerten zu können, sollen folgend die Kiefergelenkrelationen im einzelnen diskutiert werden. Ein Missverhältnis der Discus-Kondylus-Relation lässt sich auf zwei Phänomene zurückführen. Zum einen ist es möglich, dass die Gelenkscheibe in Relation zur Fossa nach anterior verlagert ist. Zum anderen kann es sein, dass der Gelenkkopf in der Fossa posterior positioniert ist oder beide Veränderungen gleichzeitig auftreten. Dieses Phänomen der Dorsalverdrängung des Kondylus in Zusammenhang mit einer anterioren Discusverlagerung wurde bereits in der Literatur beschrieben (Ruf und Pancherz(1998b); Ren et al.(1995)Ren, Isberg und Westesson) und kontrovers diskutiert. Richter vertrat die Meinung, dass ein direkter Zusammenhang

zwischen der Verlagerung der beiden Strukturen innerhalb der Fossa besteht und die Kondylenrückverlagerung durch die Discusvorverlagerung bedingt wird (Richter und Richter(2002)). Bumann dagegen beschrieb, dass die Ursache einer Kondylenverlagerung nicht unmittelbar in einer Discusvorverlagerung zu sehen ist und dass beide Phänomene unabhängig voneinander vorliegen können (Bumann und Lotzmann(2000), Seite 192).

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass der Discus prätherapeutisch in Relation zur Fossa in Gruppe A eine physiologische Beziehung aufwies. In Gruppe B lag der Discus, in Vergleich zu Gruppe A, tendenziell weiter ventral in der Fossa und in Gruppe C war er deutlich nach ventral verlagert. Durch die Eingliederung der Apparatur ($MRT t_1$) kam es generell zu einer Vorverlagerung des Kondylus und des Discus in Relation zur Fossa articularis. Am Ende der Therapie ($MRT t_2$) befand sich die Gelenkscheibe jedoch an nahezu gleicher Position zur Fossa wie zuvor. In Gruppe B und C kam es posttherapeutisch zu einer leichten, nicht signifikanten Retrusion.

Das dargestellte Ergebnis weicht von Angaben in der Literatur ab. Pancherz beschrieb in einer Studie, in der die Analyse nach Vargas in modifizierter Form verwendet wurde (Pancherz et al.(1999)Pancherz, Ruf und Tomaleske-Faubert), dass es durch die Therapie zu einer Discusretrusion und infolgedessen zu einer Verbesserung der Discus-Kondylus-Relation kam. Ruf beschrieb in einer Untersuchung dazu, dass sich durch die therapiebedingte Vorverlagerung des Kondylus bei Eingliederung der Apparatur eine ausgeprägte Discusretrusion einstellte. Sie reduzierte sich im Verlauf der Behandlung und war zum Zeitpunkt der Entfernung der Apparatur nahezu ausgeglichen (Ruf(2001)). Dieses Ergebnis konnte durch die hier angewendete Analyse nicht bestätigt werden.

Bezüglich der Relation von Kondylus zur Fossa ergab die Auswertung, dass es bei den physiologischen Gelenken (Gruppe A) durch die Behandlung zu keiner statistisch relevanten Änderung kam. Zum Zeitpunkt $MRT t_2$ lag der Gelenkkopf in gleicher zentraler Lage zur Gelenkgrube wie zu dem Zeitpunkt $MRT t_0$. Dies entspricht dem Ergebnis anderer Studien (Pancherz(1979); Richter und Richter(2002); Ruf und Pancherz(2000)). In den Gruppen mit einer anterioren Discusverlagerung (B und C) lag der Kondylus, verglichen mit der physiologischen Gruppe, prätherapeutisch tendenziell weiter dorsal in Relation zur Fossa. In Gruppe B ist diese Differenz zwar sehr gering, in Gruppe C (totale anteriore Discusverlagerung) dagegen befand sich der Kondylus in einer

physiologischen Grenzposition. Bezogen auf die MRT-Box lagen die Werte der Variablen P9-P8' an der unteren Grenze des physiologischen (grau unterlegten) Normbereiches, was eine Dorsalverlagerung des Gelenkkopfes in Relation zur Fossa andeutete (die Daten der Gruppe A lagen vergleichsweise in der Mitte des physiologischen Normbereiches). Daraus lässt sich schließen, dass in dieser Studie ein Zusammenhang zwischen der Verlagerung der beiden Strukturen innerhalb der Fossa vorlag. Je stärker die anteriore Discusverlagerung ausgeprägt war, umso mehr lag der Kondylus innerhalb der Fossa in dorsaler Richtung zurück.

Posttherapeutisch verbesserte sich die Lage des Kondylus zur Gelenkgrube gegenüber der Ausgangssituation in Gruppe B. Im medialen Schnitt war bei der Variablen P9-P8' eine statistisch signifikante Änderung um durchschnittlich 0,58 mm als Ausdruck einer Kondylusbewegung nach ventral zu verzeichnen. Dies ist im Zusammenhang mit der beschriebenen Verbesserung der Discus-Kondylus-Relation im medialen Schnitt zu sehen. In Gruppe C ist ebenfalls eine leichte Verbesserung der Lage zueinander eingetreten. Die gemessene therapeutische Differenz zwischen t_2 und t_0 war im lateralen MRT-Schnitt statistisch signifikant. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass die Anzahl der Patienten in dieser Gruppe sehr gering war ($n=6$).

Auch die Überprüfung der Breite des Gelenkspaltes gilt in der Literatur als geeignete Methode zur Lagebestimmung des Kondylus zur Fossa (Richter und Richter(2002)). Die Ergebnisse dieser MRT-Analyse ergaben, dass sich in Gruppe A und B die Lage des Kondylus zur Fossa gegenüber der Ausgangssituation nicht veränderte. In Gruppe C kam es dagegen zu einer statistisch belegbaren Veränderung der Relation im medialen MRT-Schnitt. Der anteriore Gelenkspalt verkleinerte sich durch die Therapie um 0,2 mm, während sich der posteriore Gelenkspalt vergrößerte. Auch im lateralen MRT-Schnitt hat sich diese Veränderung eingestellt (allerdings hier nicht signifikant), was als eine Ventralverlagerung des Kondylus innerhalb der Fossa interpretiert werden kann. Zu demselben Schluss kam auch eine Studie von Richter (Richter und Richter(2002)).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Behandlung mit dem Herbstscharnier keinen Einfluss auf physiologische Gelenke hatte. Bei den hier vermessenen pathologisch veränderten Gelenken lagen prätherapeutisch beide Phänomene, eine anteriore Discusverlagerung und eine dorsale Kondylenlage, vor. Eine Verbesserung der Relationen von Discus zu Kondylus und Kondylus zu Fossa konnte in mehreren Patientenfällen mit anteriorer Discusverlagerung durch die Behandlung mit dem Herbstscharnier erreicht werden. Diese ließen sich aber in der Gesamtheit nur durch ver-

einzelte Variablen in unterschiedlichen MRT-Schichten statistisch beweisen. Das bedeutet, dass die Therapie tendenziell einen positiven Effekt auf die intraarticulären Relationen pathologisch veränderter Gelenke ausüben kann.

Wie bereits oben angeführt, bestätigen die Ergebnisse dieser Analyse einerseits die Ergebnisse anderer Studien (Ruf und Pancherz(1998a); Ruf und Pancherz(1998c)). Andererseits ist die hier angewendete quantitative Messmethode mit der Referenzlinie an der Protuberantia articularis kritisch zu betrachten. Mehreren anderen Studien zufolge (Pancherz et al.(2003)Pancherz, Odont und Fischer; Ruf und Pancherz(1999b); Paulsen et al.(1995)Paulsen, Karle, Bakke und Herskind) kommt es durch Behandlung mit dem Herbstscharnier zu neuen Knorpelformationen am posterioren Fossarand. Auch in tierhistologischen Untersuchungen wurde die Neubildung von Knochen im dorsalen und kranialen Anteil der Fossa articularis nachgewiesen (McNamara et al.(1982)McNamara, Hinton und Hoffman; Woodside et al.(1987)Woodside, Metaxas und Altuna; Voudouris et al.(2003)Voudouris, Woodside, Altuna, Angelopoulos, Bourque, Lacouture und Kuftinec). Dies bedeutet, dass es in Folge der Remodellation zu einer Verlagerung der Fossa articularis nach anterior-inferior kommt. Insgesamt könnten diese Adaptationsvorgänge zu einer Veränderung der Steigung der Protuberantia articularis der Eminentia führen, die den vorderen Anteil der Gelenkgrube begrenzt. Da sich die Referenzgerade der Analyse I an diesem anterioren Abschnitt der Fossa orientiert, hätte diese Verlagerung Auswirkungen auf das verwendete Messsystem. Folglich wäre ein Vergleich der prä- und posttherapeutischen Ergebnisse erschwert. Nur wenige Studien geben jedoch Aussage darüber, welche Veränderungen im anterioren Anteil der Fossa vor sich gehen. So beschrieb Breitner das Auftreten von Resorptionen an der Protuberantia articularis und interpretierte dies als Teil der Vorverlagerung der Fossa (Breitner(1940)). McNamara dagegen stellte in einer Tierstudie keine therapiebedingte Veränderung der Steigung der Protuberantia fest (Hinton und McNamara(1984)). Katsavrias berichtete in einer Untersuchung, dass nach Behandlung des Distalbisses mit einem herausnehmbaren funktionskieferorthopädischen Gerät (Aktivator) sich weder die Höhe noch die Inklination der Protuberantia statistisch signifikant änderte. Lediglich eine Tendenz zur Abflachung war erkennbar (Katsavrias(2003)).

Die Steigung der Protuberantia articularis wurde in dieser Analyse durch die Variable PS erfasst. Hierzu wurde der Winkel zwischen der Protuberantia-Tangente und der horizontal verlaufenden Geraden P1-P2 gemessen. Bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv ergab sich durch die Be-

handlung keine signifikante Änderung der Variablen PS. Zu bemerken ist jedoch, dass bei der Variable eine auffallend große Streuung der Messergebnisse vorlag, bei einem guten Zuverlässigkeitskoeffizienten von 0,97 zum Zeitpunkt t_2 . Zusätzlich lagen starke Abweichungen zwischen den Ergebnissen der lateralen und medialen MRT-Schicht vor. Um die Aussagekraft der Variable zu steigern, wurden die Ausreißerwerte aus den Daten entfernt, bei denen eine Diskrepanz bezüglich des Minimums und Maximums von 10° oder mehr vorlag. Der neue Datensatz ($n=41$) wurde erneut statistisch überprüft. Das Ergebnis war wiederum nicht signifikant. Bezogen auf die Gruppen ergab sich als einzige Ausnahme im medialen Schnitt der Gruppe A eine signifikante Änderung um durchschnittlich $3,6^\circ$. Somit kann in der Gesamtheit der hier untersuchten Patienten keine Veränderung der Inklination der Protuberantia-Tangente bewiesen werden, welche Einfluss auf das verwendete Referenzsystem und damit auf die quantitative Aussage der Untersuchungsergebnisse hätte. Die Änderung in Gruppe A zeigt jedoch auch, dass eine strukturelle Veränderung im anterioren Bereich der Fossa articularis auch nicht auszuschließen ist.

Der Winkel PS wird durch die Referenzpunkte bzw. Geraden P1-P2 und P4-P5 erfasst. Die Gerade P1-P2 wies, bezogen auf alle Patienten, eine signifikante Änderung der Ergebnisse zwischen den Zeitpunkten $MRT t_2$ und $MRT t_0$ auf. Der Signifikanztest (5%) führte bei der Bewertung nur bei den medialen Ergebnissen zu einem positiven Ergebnis. Die laterale Differenz ist jedoch bereits auf einem Signifikanzniveau von 7% ebenfalls signifikant. Im medialen MRT-Schnitt konnte eine Längenzunahme der Strecke um 0,68 mm zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_0 verzeichnet werden. Da diese Aufnahmen zeitlich aber nur wenige Tage auseinander lagen, müsste die Strecke gleich lang sein. Eine anatomische Veränderung in diesem kurzen Zeitfenster ist ausgeschlossen. Auch der Methodenfehler der betreffenden Variablen ist klein ausgefallen (zum Zeitpunkt $MRT t_0$ durchschnittlich 0,50 mm, zum Zeitpunkt $MRT t_1$ lateral 0,64 mm und medial 0,50 mm). Somit war die Differenz der Messung in beiden Schichten (lateral: 1,31 mm; medial: 1,27 mm) größer als der Bereich des Methodenfehlers. Diese gemessene Differenz ist damit auf einen Messfehler bzw. die Wahl der Referenzpunkte zurückzuführen. Die Festlegung des kranialsten Punktes des Porus acusticus als Referenzpunkt (P1) erwies sich als schwierig. Er ist zwar ein anatomischer Fixpunkt, der nicht unter dem Einfluss der Herbsttherapie lag, aber andererseits war der Rand des Porus je nach Aufnahme und Lage der Schicht schwer abzugrenzen und erwies sich als nicht sicher reproduzierbar. Die Verlängerung der Strecke P1-P2 könnte somit auf das problematische

Setzen des Referenzpunktes P1 am Porus acusticus oder auf eine Veränderung des Punktes P2 zurückgeführt werden.

Allerdings bezog sich die Veränderung der Variablen P1-P2 auf deren Länge. Käme es durch Remodellationsvorgänge der Fossa zu einer Verlagerung des Fossazenites nach anterior-inferior, würde das zur Veränderung der Steigung dieser Geraden führen und hätte Einfluss auf die Variable PS. Eine Änderung der Inklination der Geraden P1-P2, die für die gewünschte Aussage von Bedeutung gewesen wäre, wurde in dem Referenzsystem mathematisch nicht erfasst.

Eine Möglichkeit eine Verlagerung des Zenites (P2) darzustellen, bietet die Variable RLP2'-P3'. Zur Bestimmung dieser Variablen werden die Referenzpunkte P2 (Fossazenit) und P3 (Eminentia articularis) auf die Protuberantia-Tangente gefällt (Abb. 12 auf Seite 28). Eine Veränderung der Eminentia articularis durch die Behandlung mit einem Herbstscharnier, als eine festsitzende funktionskieferorthopädische Apparatur, wurde in keiner MRT-Studie, die sich mit den Auswirkungen des Herbstscharniers auseinandersetzt, beschrieben. Die oben erwähnte Untersuchung von Katsavrias (Katsavrias(2003)) ergab keine signifikante Änderung.

Bei einer Verlagerung des Fossazenits (P2) nach anterior-inferior hätte sich die Strecke P2'-P3' (unter der Annahme, dass P3 gleich bleibt) projektionsbedingt verkürzen müssen. Dies war in dieser Studie wiederum nur in Gruppe A der Fall. In den anderen Gruppen und dem gesamten Patientenkollektiv war die Variable RLP2'-P3' posttherapeutisch im Vergleich zu dem Zeitpunkt *MRT* t_0 gleich lang. Sie zeichnete sich zudem durch eine hohe Zuverlässigkeit (durchschnittlich 0,96) aus.

Somit ist die in anderen Studien beschriebene Verlagerung der Fossa mit dieser Analyse weder nachzuvollziehen noch endgültig auszuschließen. Für eine bessere Beweisführung wäre ein von dem Referenzsystem unabhängiges Koordinatensystem nötig gewesen, welches die Kontrolle der Referenzpunkte erlaubt. Hierfür wiederum sind anatomische Fixpunkte nötig, die nicht unter dem Einfluss der Therapie stehen und sicher in allen MRT-Schichten reproduzierbar sind. Dies ist aufgrund der Anatomie des Kiefergelenks und der umgebenden Strukturen äußerst schwierig. Dieses Problem, dass sich anatomische Strukturen wachstums- oder therapiebedingt verändern, liegt allen quantitativen Untersuchungen zugrunde. Um eine exakte Vermessung des Gelenkes unter dem Einfluss des Herbstscharniers vornehmen zu können, wäre zum Beispiel die Implantation von paramagnetischen Markerpunkten möglich. Diese Maßnahme ist aus naheliegenden Gründen

jedoch nicht vertretbar.

5.5.3 Kritische Bewertung der Analyse II

Durch diese Methode war es möglich, das Kiefergelenk in sagittaler Richtung zu vermessen. Dies geschah in Anlehnung an die kephalometrische Methode nach Pancherz (Pancherz(1982a)). Die Referenzgerade dieses Systems, P2pl, wurde konstruiert als Senkrechte durch den Zenit der Fossa (P2) und entspricht gedanklich der vertikalen Referenzgeraden OLp im FRS.

Betrachtet man die Werte der Analyse II vor der Behandlung mit dem Herbstscharnier ($MRT t_0$), fällt auf, dass es bezüglich der Discuslage einen Unterschied zwischen den drei Gruppen gibt. Wie in der Analyse I spiegelte sich die Unterteilung in physiologische und pathologische Discus-Kondylus-Relation in den Werten wieder. In Gruppe B und C lag der Discus ca. 0,4 mm bzw. 8 mm weiter von der Referenzgeraden entfernt (also weiter anterior) als in Gruppe A. Unmittelbar nach Eingliederung kam es zu einer Ventralverlagerung des Discus in Gruppe A. Dies entspricht dem Ergebnis der Analyse I. In Gruppe B und C dagegen stellte sich eine geringe Discusretrusion ein, wie sie auch in anderen Studien beschrieben wurde (Pancherz et al.(1999)Pancherz, Ruf und Tomaleske-Faubert). Posttherapeutisch ($MRT t_2$) war festzustellen, dass es durch die Therapie mit dem Herbstscharnier zu einzelnen Veränderung der intraartikulären Relationen gekommen ist. Die Lage des Discus in Relation zur Referenzlinie veränderte sich in Gruppe A statistisch nachweisbar, wobei der Discus weiter ventral lag. Dieses Phänomen wurde auch in anderen Studien beschrieben, stellt sich aber als reversibel heraus (Ruf(2001)).

In Gruppe B (partielle Discusverlagerung) blieb eine geringe Retrusion des Discus bestehen, die sich im lateralen Schnitt als statistisch signifikant erwies. In Gruppe C (totale Discusverlagerung) blieb die Discuslage unverändert.

Die Lage des Kondylus zu der Referenzgeraden war in allen Gruppen prätherapeutisch nahezu gleich. Dies bedeutet, dass in dieser Analyse keine Kondylenrückverlagerung in Zusammenhang mit einer anterioren Discusvorverlagerung erkennbar war wie in der MRT-Analyse I.

Posttherapeutisch ergab sich, dass die Behandlung mit dem Herbstscharnier nach dieser Analyse keinen Einfluss auf die Kondylus-Fossa-Relation in Gruppen A und C hatte. In Gruppe B ergaben sich statistisch relevante Änderungen im Sinne einer Verbesserung der Relation. Dies entspricht

somit dem Ergebnis der MRT-Analyse I und dem anderer Studien und bedeutet, dass die Herbstapparaturs im Falle einer partiellen anterioren Discusverlagerung einen positiven Einfluss auf die Kiefergelenkrelationen nehmen kann.

Auch bei dieser Analyse tritt die bei der Analyse I beschriebene Problematik des verwendeten Messsystems auf, da sie sich denselben Referenzpunkte bediente. Zudem wurde die Referenzgerade direkt am Zenit der Fossa angelegt. Durch die Einwirkung des Herbstscharniers kommt es zur Anlagerung von Knorpel im posterioren Bereich der Fossa und zur Verlagerung der Fossa nach anterior-inferior (Pancherz et al.(2003)Pancherz, Odont und Fischer; Paulsen et al.(1995)Paulsen, Karle, Bakke und Herskind). Auch der Fossazent (P2), an dem sich das Referenzsystem orientiert, könnte verlagert sein und damit den Vergleich der prä- und posttherapeutischen Ergebnisse erschweren.

Die Gerade P1-P2 erfasst den Abstand zwischen dem Porus acusticus (P1) und dem Zenit der Fossa (P2). Wie bei der Analyse I beschrieben, wies die Gerade Längenunterschiede zu den verschiedenen Messzeiten auf und beinhaltete einen großen Fehler, der auf die Eingabe der Referenzpunkte zurückzuführen ist. Somit kann nicht eindeutig festgestellt werden, ob sich die Lage von P2 therapiebedingt änderte. Eine Änderung der Inklination der Geraden P1-P2 konnte mit dem zur Verfügung stehenden System nicht nachgewiesen werden (siehe Diskussion MRT-Analyse I). Sie hätte zur Folge gehabt, dass die als Senkrechte auf der Gerade P1-P2 stehende Referenzgerade ebenfalls rotieren würde. Zur weiteren Kontrolle des Punktes P2 wurde bei der Diskussion der Analyse I die Variable RLP2'-P3' herangezogen. Diese Variable erwies sich bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv als stabil, wodurch sich keine Veränderung des Fossazentites vermuten ließ. Andererseits gab es signifikante Änderungen in der Gruppe A. Somit ist eine quantitative Erfassung der therapeutisch bedingten Veränderung durch Vergleich der Daten vom Zeitpunkt t_1 und t_0 nicht exakt, sondern nur in tendenzieller Weise möglich.

6 Schlussfolgerung

Kephalometrische Analyse

Die Analyse ergab, dass es bei den untersuchten Patienten zu einer Korrektur des Distalbisses kam. Die sagittale Frontzahnstufe verringerte sich von 5,8 mm auf 3,6 mm. Die Molaren erreichten eine neutrale Okklusionsbeziehung. Diese Ergebnisse sind zu werten als eine Kombination skelettaler und dentaler Veränderungen. Der Unterkiefer gewann durchschnittlich um 5,6 mm an Länge und entwickelte sich deutlich schneller als die Oberkieferbasis.

Zu beachten ist, dass das abschließende Fernröntgenseitenbild (t2) in den meisten Patientenfällen nicht zum Zeitpunkt der Entfernung der Herbstapparatur angefertigt wurde, sondern erst zu einem späteren Zeitpunkt der Behandlung. Somit sind die präsentierten Ergebnisse nicht als alleinige Wirkung des Herbstscharniers zu verstehen. Fortschreitendes Wachstum der Jugendlichen und der Einfluss der weiteren kieferorthopädischen Behandlung beeinflussen die Ergebnisse.

MRT-Analyse I

Die Analyse ermöglicht die Berechnung der Lagebeziehung der einzelnen Kiefergelenkstrukturen in Relation zur Protuberantia articularis. Prätherapeutisch ergab die Untersuchung, dass eine partielle anteriore Discusverlagerung in 21 der 47 Fällen vorlag, eine totale anteriore Discusverlagerung war bei sechs Patienten festzustellen. Dabei fiel auf, dass je weiter der Discus in Relation zu Kondylus und Fossa nach ventral verlagert war, desto weiter dorsal befand sich der Kondylus in Relation zur Fossa.

Posttherapeutisch ergab die Analyse, dass die Therapie mit dem Herbstscharnier keinen Einfluss auf physiologische Gelenke hatte. Die intraarticulären Strukturen blieben in ihrer Lage unbeeinflusst.

In der Gruppe der partiellen anterioren Discusverlagerung verbesserte sich die Discus-Kondylus-Relation durch Ventralverlagerung des Kondylus in Relation zur Fossa. Diese Veränderung erwies sich allerdings nur im medialen MRT-Schnitt als statistisch signifikant.

In der Gruppe der totalen anterioren Discusverlagerung kam es zwar zu einer geringen Verbesserung der Discus-Kondylus-Relation, welche sich aber nicht als statistisch signifikant erwies. Die Lage des Kondylus innerhalb der Fossa änderte sich ebenfalls in anteriorer Richtung, wobei die Ergebnisse sich nur bei einzelnen Variablen in unterschiedlichen Schichten als statistisch nachweisbar darstellten. Da sich aus der Gesamtheit der Daten der einzelnen Variablen und MRT-Schichten kein eindeutiges Ergebnis interpretieren lässt, ist davon auszugehen, dass die Behandlung keinen Einfluss auf pathologisch veränderte Kiefergelenke hat, wenn sich auch die Tendenz zur Verbesserung der intraarticulären Relationen abzeichnete.

MRT-Analyse II

Mit dieser Analyse ließ sich die Lage des Discus und Kondylus zu einer vertikalen Referenzgeraden, die sich am Zenit der Fossa orientierte, berechnen. Prätherapeutisch lag der Discus in Relation zur Fossa je nach zugeordneter Gruppe physiologisch oder nach ventral verlagert. Der Kondylus dagegen befand sich im Unterschied zur Analyse I in allen drei Gruppen in gleicher Relation zur Fossa.

Durch die Behandlung mit dem Herbstscharnier ergab sich in der physiologischen Gruppe, dass sich der Discus geringfügig aber statistisch signifikant nach ventral verlagerte bei gleichbleibender Kondylenlage. In der Gruppe der partiellen anterioren Discusverlagerungen dagegen verbesserte sich die Discus-Kondylus-Relation statistisch nachweisbar in der lateralen MRT-Schicht durch Rückverlagerung des Discus. Bei einer prätherapeutisch bestehenden totalen anterioren Discusverlagerung ließ sich nach dieser Analyse keine Veränderungen der Discus- oder Kondylusposition durch die Behandlung feststellen.

Die beiden präsentierten MRT-Analysen ergaben somit unterschiedliche Ergebnisse. Dennoch lässt sich daraus der gemeinsame Schluss ziehen, dass in dieser Studie die Behandlung mit dem Herbstscharnier keinen negativen Einfluss auf das Kiefergelenk hatte. Im Gegenteil konnte in verschiedenen MRT-Schichten eine Verbesserung der intraarticulären Lagebeziehung der Strukturen zueinander festgestellt werden. Dies deutet darauf hin, dass die Therapie mit dem Herbstscharnier tendenziell einen positiven Effekt auf das Kiefergelenk im Falle einer anterioren Discusverlagerung haben kann.

7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Adaptation von Kiefer und Kiefergelenken bei der Behandlung eines Distalbisses mit dem Herbstscharnier quantitativ zu untersuchen. Dies geschah unter der Fragestellung, welche dentoalveolären und skelettalen Veränderungen sich im Fernröntgenseitenbild ergeben. Die Kiefergelenke wurden mittels Magnetresonanztomogrammen in Hinblick auf die Frage untersucht, welchen Einfluss die Behandlung einerseits auf die Beziehung von Discus und Kondylus und andererseits auf die Lage des Kondylus in Relation zur Fossa hatte.

Zu diesem Zweck wurden 47 jugendliche Patienten (Durchschnittsalter: 13,4 Jahre) ausgewählt, die wegen eines skelettalen Distalbisses mit einem Herbstscharnier behandelt wurden. Die Apparatur wurde durchschnittlich 6,8 Monate in situ belassen. Sowohl vor als auch nach der Behandlung wurde jeweils ein Fernröntgenseitenbild angefertigt. Diese wurden mittels der kephalometrischen Analyse nach Pancherz (1982) vermessen. Bei dieser Methode orientiert sich das Messsystem an der Okklusionsebene, auf die senkrecht die Referenzgerade gefällt wurde. Die einzelnen Variablen wurden durch die Abstände bestimmter Referenzpunkte zu dieser Geraden errechnet. Die Untersuchung ergab, dass es bei allen Patienten zu einer Einstellung einer skelettalen Klasse I mit Verringerung der sagittalen Stufe von durchschnittlich 5,8 mm auf 3,6 mm gekommen ist. Der Unterkiefer hat um durchschnittlich 5,6 mm an Länge gewonnen und hat sich schneller entwickelt als die Oberkieferbasis. Die Ergebnisse erwiesen sich als statistisch signifikant auf dem 5%-Niveau. Zu bemerken ist, dass die Ergebnisse nicht auf die alleinige Wirkung des Herbstscharniers bezogen werden dürfen. Da das Fernröntgenseitenbild zum Zeitpunkt t₂ bei den meisten Patienten nicht bei der Entfernung der Herbstapparatur angefertigt wurde, sondern zu einem späteren Zeitpunkt des weiteren Behandlungsverlaufes, hatten das weitere Wachstum und die fortlaufende kieferorthopädische Behandlung Einfluss auf die Ergebnisse.

Zur Beurteilung der Kiefergelenkrelationen wurden Magnetresonanztomogramme des jeweils rechten Kiefergelenkes vor der Eingliederung des Scharniers, wenige Tage danach und bei der Entfernung der Apparatur in habitueller Okklusion erstellt. Die Patienten wurden mit Hilfe einer visuellen Beurteilung der Aufnahmen in drei klinische Gruppen (A-C) eingeteilt, um die Wirkung der Behandlung auf physiologische und pathologisch veränderte Gelenke (anteriore Discusverlagerung)

besser bewerten zu können. Daraufhin erfolgte die Anwendung zweier metrischer Analysen, die sich durch Auslegung des Bezugssystems an den anatomischen Strukturen voneinander unterschieden. Beide Analysen wurden auf demselben Bildmaterial unter gleichen Bedingungen durchgeführt. Das Bezugssystem der Analyse I orientierte sich an dem vorderen Teil der Gelenkgrube, der *Protuberantia articularis*. An diese Struktur wurde eine Tangente angelegt, die als Referenzgerade diente und mittels dieser verschiedene Variablen berechnet wurden. Die Zusammenfassung der wichtigsten Variablen in einer Normwert-Tabelle (MRT-Box) erlaubt einen klinischen Überblick über die Relationen der einzelnen Kiefergelenkstrukturen zueinander und dient der quantitativen und qualitativen Einschätzung der Ergebnisse.

Die Untersuchung der Kiefergelenke nach dieser Analyse ergab insgesamt, dass die Therapie keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf physiologische Gelenke hatte. Dagegen ließen sich bei pathologisch veränderten Gelenken eine geringe Beeinflussung der Relation von Discus und Kondylus feststellen. In der Gruppe der partiellen anterioren Discusverlagerung verbesserte sich die Discus-Kondylus-Relation durch Ventralverlagerung des Kondylus in Relation zur Fossa. Diese Veränderung erwies sich im medialen MRT-Schnitt als statistisch signifikant. In den Fällen einer totalen anterioren Discusverlagerung kam es zwar zu einer geringen, wenn auch nicht statistisch nachweisbaren, Verbesserung der intraarticulären Relationen. Der Kondylus nahm nach der Therapie eine zentralere Stellung in der Fossa ein und verbesserte somit auch seine Lage zum Discus.

Die MRT-Analyse II beruhte auf einem Bezugssystem, welches sich an dem Zenit der Fossa articularis orientierte. Zu einer senkrecht verlaufenden Referenzgeraden wurden die Abstände einzelner Punkte vermessen.

Die Untersuchung nach dieser Methode ergab, dass sich der Discus in der Gruppe mit physiologischen Gelenken geringfügig in anteriore Richtung verlagerte. In der Gruppe mit partieller anteriorer Discusverlagerung konnte eine Verbesserung der Discusposition im lateralen Schnitt posttherapeutisch bestätigt werden. Keinen nachweisbaren Einfluss auf die Lage des Discus hatte die Herbstapparatur auf die Gruppe mit totaler Discusverlagerung.

Wie bei allen metrischen MRT-Analysen ist es auch bei den hier beschriebenen Methoden von Nachteil, dass sie sich an Strukturen orientieren, die unter dem direkten Einfluss der Therapie stehen. So gibt es in der Literatur Hinweise, dass sich die Fossa articularis durch Remodella-

tionsvorgänge verändert. Dies hätte Auswirkungen auf das Bezugssystem und ein quantitativer Vergleich der prä- und posttherapeutischen Ergebnisse würde ungenau werden. Eine Veränderung der Referenzsysteme konnte in dieser Studie mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht generell ausgeschlossen werden.

Literaturverzeichnis

Andresen, V., Häupl, K. und Petric, L.: *Funktionskieferorthopädie*. Barth Verlag, München, 1956.

Angle, E.H.: Classification of malocclusion. In: *Dental Cosmos*, Band 41, 248, 1899.

Angle, E.H.: *Die Okklusions-Anomalien der Zähne*. Meusser, Berlin, 1913.

Arat, Z.M., Gökalp, H., Erdem, D. und Erden, I.: Changes in the TMJ disc-condyl-fossa relationship following functional treatment of skeletal class II deviation 1 malocclusion: A magnetic resonance imaging study. In: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, Band 119:S. 316–219, 2001.

Baltromejus, S., Ruf, S. und Pancherz, H.: Effectiv temporomandibular joint growth and chin position changes: Activator versus Herbst treatment. A cephalometric roentgenographic study. In: *Europ J Orthod*, Band 24:S. 627–637, 2002.

Breitner, C.: Bone changes resulting from experimental orthodontic treatment. In: *Am J Orthod Oral Surg*, Band 26:S. 521–547, 1940.

Brill, N. und Tryde, G.: Physiology of mandibular positions. In: *Front Oral Physiol*, Band 1(0):S. 199–237, 1974.

Bumann, A. und Lotzmann, U.: *Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien*. Nummer 12 in Farbatlant der Zahnmedizin. Thieme-Verlag, Stuttgart, New York, 2000.

Buschang, PH und Santos-Pinto, A.: Condylar growth and glenoid fossa displacement during childhood and adolescens. In: *AM J Orthod Dentofac Orthop*, Band 113:S. 437–442, 1998.

Chayanupatkul, A., Rabi, A.B.M. und Hägg, U.: Temporomandibular response to early and late removal of bite jumping devices. In: *Europ J Orthod*, Band 25:S. 465–470, 2003.

Christiansen, E.L., Thompson, J.R., Zimmerman, G., Roberts, D, Hasso, A., Hinshaw, D.B.Jr und Kopp, S.: Computed tomography of condylar and articular disc positions within the TMJ. In: *Oral Surg Oral Pathol*, Band 64(64):S. 757–767, 1987.

Cozza, P., Baccetti, T., Franchi, L., De Toffol, L. und Namara, Mc: Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. In: *Am J Orthod Dentofac Orthop*, Band 126:S. 599.e1–599.e12, 2006.

Dahlberg, G.: *Statistical methods for medical and biological students*. Georg Allen & Unwin Ltd., London, 1940.

de Arruda Aidar, L.A., Abrahao, M., Yamashita, H.K. und Dominguez, G.C.: Herbst appliance therapy and tempromandibular joint disc position: A prospectiv longitudinal resonance imaging study. In: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, Band 129:S. 486–496, 2006.

Diedrich, P. (Hg.): *Praxis der Zahnheilkunde: Kieferorthopädie II*. Urban & Fischer, München, Jena, 2000.

Du, X., Hägg, U. und Rabi, A.B.M.: Effects of headgear Herbst and mandibular step-by-step advancement versus conventional Herbst appliance and maximal jumping of the mandible. In: *Europ J Orthod*, Band 24:S. 167–174, 2002.

Eberhard, D., Bantleon, H.-P. und Stegner, W.: The efficacy of anterior repositioning splint therapy studied by magnetic resonance imaging. In: *Europ J Orthod*, Band 24:S. 343–352, 2002.

Franco, A.A., Yamashita, H.K., Lederman, H.M., Cevidanes, L.H.S., Proffit, W.R. und Vigorito, J.W.: Fränkel appliance therapy and the temporomandibular disc: A prospective magnetic resonance imaging study. In: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, Band 121:S. 447–457, 2002.

Freesmeyer, W.B., Bumann, A., Fuhr, K., Klett, R., Koeck, B., Kubein-Mesenburg, D., Lotzmann, U. und Reich, R.H.: Nomenklaturvorschläge der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik innerhalb der DGZMK. In: *Dtsch Zahnärztl Z*, (47):S. 347–347, 1992.

Hansen, K., Koutsonas, T.G. und Pancherz, H.: Long-term effects of Herbst treatment on the mandibular incisor segment: a cephaolmetric and biometric investigation. In: *Am J Orthod Dentofac Orthop*, Band 112:S. 92–103, 1997.

Hansen, K., Pancherz, H. und Hägg, U.: Long-term effects of the Herbst in relation to the treatment growth period: a cephalometric study. In: *Eur J Orthod*, (13):S. 471–481, 1991.

Hansen, K., Pancherz, H. und Petersson, A.: Long-term effects of the Herbst appliance on the craniomandibular system with special reference to the TMJ. In: *Europ J Orthod*, Band 12:S. 244–253, 1990.

Hasso, A.N., Christiansen, E.L. und Marden, E.A.: The Temporomandibular Joint. In: *Radiol Clin North Am*, Band 27(2):S. 301–314, 1989.

Herbst, E.: Dreißigjährige Erfahrung mit dem Herbstscharnier. In: *Zahnärztl Rundsch*, Band 43, 1515, 1563, 1611, 1934.

Herbst, E.: *Praxis des Retentionsscharniers und der automatischen Regulierung (Münstersche Methode)*. Berlinische Verlagsanstalt, Berlin, 1936.

Hinton, R.J. und McNamara, J.: Temporal bone adaptations in response to protrusiv function in juvenil and young adult rhesus monkeys (macaca mulatta). In: *Europ J Orthod*, Band 6:S. 155–174, 1984.

Hiyama, S., Ono, PT, Ishiwata, Y., Kuroda, T. und McNamara, J.A. Jr.: Neuromuscular and skeletal adaptations following mandibular forward positioning induced by the Herbst appliance. In: *Angle Orthod*, Band 70:S. 442–53, 2000.

Houston, W.J.B.: The analysis of errors in orthodontic measurements. In: *Am J Orthod*, Band 83(5):S. 382–390, 1983.

Houston, W.J.B.: Accuracy of different methods of radiographic superimposition on cranial base. In: *Europ J Orthodont*, Band 7:S. 127–135, 1985.

Hugger, A, Kordaß, B., Assheuer, J. und Stüttgen, U.: Zur Auswertung sagittaler Kernspintomogramme des Kiefergelenkes. In: *Dtsch Zahnärztl Z*, Band 48:S. 37–44, 1993.

Kamelchuk, L.S., Grace, M.G.A. und Major, P.W.: Post-imaging temporomandibular joint space analysis. In: *J craniomand Pract*, Band 14:S. 23, 1996.

Katsavrias, E.G.: The effect of mandibular protrusiv (activator) appliances on articular eminence morphology. In: *Angle Orthod*, Band 73:S. 647–653, 2003.

Keshvad, A. und R.B., Winstanley: An appraisal of the literature on centric relation. Part I. In: *J Oral Rehab*, Band 27:S. 823–833, 2000a.

Keshvad, A. und R.B., Winstanley: An appraisal of the literature on centric relation. Part II. In: *J Oral Rehab*, Band 27:S. 1013–1023, 2000b.

Kluemper, G.T., Vig, P.S. und Vig, K.W.: Nasorespiratory characteristics and craniofacial morphology. In: *Eur J Orthod*, Band 17(6):S. 491–495, 1995.

Konik, M., Pancherz, H. und K., Hansen: The mechanismus of class II correction in late Herbst treatment. In: *Am J Orthod Dentofac Orthod*, Band 112:S. 87, 1997.

Kubein, D., Stachniss, V. und Krüger, W.: Zur Frage der physiologischen Kondylenpositionierung. In: *Zahnaerztl Welt/Reform*, (9):S. 422–429, 1979.

Madsen, B.: Normal variations in anatomy, condylar movements and arthrosis frequency of the Temporomandibular Joints. In: *Acta Radiol Diag*, Band 4:S. 273–288, 1966.

Manfredi, C., Cimino, R., Trani, A. und Pancherz, H.: Skeletal changes of Herbst appliance therapy investigated with more conventional cephalometrics and European norms. In: *Angle Orthod*, Band 71(3):S. 170–176, 2001.

McNamara, J.A., Hinton, R.J. und Hoffman, D.L.: Histologic analysis of temporomandibular joint to protrusiv function in young adult rhesus monkeys (*macaca mulatta*). In: *Am J Orthod*, Band 82(42):S. 288–298, 1982.

Mitgaard, J., Björk, G. und Linder-Aronson, S.: Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurement of cephalometric cranial distances. In: *Angle Orthod*, Band 44:S. 56–61, 1974.

Pancherz, H.: Treatment of class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. In: *Am J Orthod*, Band 76(4):S. 423–442, 1979.

- Pancherz, H.: The effect of continuous bite jumping on the dentofacial complex: a follow-up study after Herbst appliance treatment of class II malocclusions. In: *Eur J Orthod*, Band 3:S. 49–60, 1981.
- Pancherz, H.: The mechanism of class II correction in Herbst appliance treatment. In: *Am J Orthod*, Band 82(2):S. 104–113, 1982a.
- Pancherz, H.: Vertical dentofacial changes during Herbst appliance treatment. A cephalometric investigation. In: *Swed dent J*, Band 15:S. 189–196, 1982b.
- Pancherz, H.: The Herbst appliance- Its biologic effects and clinical use. In: *Am J Orthod*, Band 87(1):S. 1–21, 1985.
- Pancherz, H.: Früh- oder Spätbehandlung mit der Herbstapparatur- Stabilität oder Rezidiv. In: *Inf Orthod Kieferorthop*, Band 26:S. 437–445, 1994.
- Pancherz, H.: The effects, limitations, and longterm dentofacial adaptations to treatment with the Herbst appliance. In: *Semin Orthod*, Band 4:S. 232–43, 1997.
- Pancherz, H.: History, Background, and Development of the Herbst Appliance. In: *Seminars in Orthodontics*, Band 9(1):S. 3–11, 2003.
- Pancherz, H. und Hagg, U.: Dentofacial orthopedics in relation to somatic maturation. an analysis of 70 consecutive cases treated with the Herbst appliance. In: *Am J Orthod*, Band 88(4):S. 273–287, 1985.
- Pancherz, H. und Hansen, K.: Occlusal changes during and after Herbst treatment: a cephalometric investigation. In: *Eur J Orthod*, Band 8:S. 215–228, 1986.
- Pancherz, H., Odont, FCDSHK und Fischer, S.: Amount and direction of temporomandibular joint growth changes in Herbst treatment: a cephalometric long-term investigation. In: *Angle Orthod*, Band 73(5):S. 493–501, 2003.
- Pancherz, H. und Ruf, S.: *Kieferorthopädie II*, Urban & Fischer, Band 11 von *Praxis der Zahnheilkunde*, Kapitel Herbst-Apparatur, S. 282–295. 2000.

Pancherz, H., Ruf, S. und Tomaleske-Faubert, C.: Mandibular articular disc position changes during Herbst treatment: A prospective longitudinal MRI study. In: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, Band 116(2):S. 207–214, 1999.

Pancherz, H und Stickel, A.: Can articulare be used in the cephalometric analysis of mandibular length? A methodologic study. In: *Europ J orthod*, Band 10:S. 362–368, 1988.

Pancherz, H. und Stickel, A.: Lageveränderung des Condylus mandibulae bei der Herbstbehandlung. In: *Inf Orthod Kieferorthop*, Band 4:S. 515–527, 1989.

Pandis, N., Karpac, J., Trevoni, R. und Williams, B.: Radiographic study of condyle position. In: *Am L Orthod dentofac Orthop*, Band 100:S. 116–122, 1991.

Paulsen, H.U. und Karle, A.: Computer tomographic and radiographic changes in the temporomandibular joints of two young adults with occlusal asymmetry, treated with the Herbst appliance. In: *Eur J Orthod*, Band 22:S. 649–656, 2000.

Paulsen, H.U., Karle, A., Bakke, M. und Herskind, A.: CT-scanning and radiographic analysis of temporomandibular joints and cephalometric analysis in a case of Herbst treatment in late puberty. In: *Eur J Orthod*, Band 17:S. 165–175, 1995.

Popowich, K., Nebbe, B. und Major, P.W.: Effect of Herbst Treatment on temporomandibular joint morphology: A systematic literatur review. In: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, Band 123(4):S. 388–394, 2003.

Ren, Y.F., Isberg, A. und Westesson, P.L.: Condyl position in the temporomandibular joint. In: *Oral maxillofac radio*, Band 80:S. 101–107, 1995.

Richter, F., Richter, U., V., Keil und Küffer, E.: Die Behandlung der Angelklasse II mit dem Herbstscharnier unter Berücksichtigung der Auswirkung auf das Kiefergelenk (Teil 1). In: *Inf Orthod Kieferorthop*, Band 33:S. 69–85, 2001.

Richter, U. und Richter, F.: Die Behandlung der Angelklasse II mit dem Herbstscharnier unter Berücksichtigung der Auswirkung auf das Kiefergelenk (Teil 2). In: *Inf Orthod Kieferorthop*, Band 34:S. 43–55, 2002.

Ricketts, R.M.: Variations of the temporomandibular joint as revealed by Cephalometric Laminagraphy. In: *Am J Orthod*, Band 36(12):S. 877–898, 1950.

Ruf, S. und Pancherz, H.: Kiefergelenkadaptation bei jungen Erwachsenen während der Behandlung mit der Herbst-apparatur. Eine prospektive magnetresonanztomographische und kephalometrische Studie. In: *Inf Orthod Kieferorthop*, Band 30(3):S. 735–750, 1998a.

Ruf, S. und Pancherz, H.: Long-term TMJ effects of the Herbst treatment: A clinical and MRI study. In: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, Band 114(5):S. 475–483, 1998b.

Ruf, S. und Pancherz, H.: Temporomandibular growth adaptation in Herbst treatment. A prospective magnetic resonance imaging and cephalometric roentgenographic study. In: *Europ J of Orthod*, Band 20:S. 375–388, 1998c.

Ruf, S. und Pancherz, H.: Dentoskelettal effects and facial profil changes in young adults treated with the Herbst appliance. In: *Angle Orthodontist*, Band 69:S. 239–246, 1999a.

Ruf, S. und Pancherz, H.: Temporomandibular joint remodeling in adolescents and young adults during Herbst treatment: A prospectiv longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. In: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, Band 115(6):S. 607–618, 1999b.

Ruf, S. und Pancherz, H.: Does bite jumping damage the TMJ? A prospective longitudinal clinical and MRI study of Herbst patients. In: *Angle Orthod*, Band 70(3):S. 183–199, 2000.

Ruf, S. und Pancherz, H.: Herbst/multiband appliance treatment of Class II division 1 malocclusions in early and late adulthood. A prospective cephalometric study of consecutively treated subjects. In: *Europ J Orthod*, Band 28:S. 352–360, 2006.

Ruf, S., Wüsten, B. und Pancherz, H.: Temporomandibular joint effects of activator treatment: a prospectiv longitudinal resonance imaging and clinical study. In: *Angle Orthod*, Band 72:S. 527–540, 2002.

Ruf, Sabine: *Einfluß der Herbst-Apparatur auf Kiefergelenkswachstum und -funktion : eine klinische, magnetresonanztomographische und kephalometrische Studie*. Habilitationsschrift. Universität Gießen, Gießen, 2001.

Schiebler, T.H., Schmidt, W. und Zilles, K.: *Anatomie*, Band Auflage 6. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1995.

Schopf, P.M.: Herstellung und Auswertung von Handaufnahmen. In: *Fortschr Kieferorthop*, Band 39:S. 300, 1978.

Segner, D.: Stability of craniofacial pattern during growth. In: *Frankling printing and publishingHouse Ltd. Ungarn*, 1993.

Shen, G., Hägg, U. und Darendeliler, M.A.: Skeletal effects of bite jumping therapy on mandible-removable vs. fixed functional appliances. In: *Orthod Craniofacial Res*, Band 8:S. 2–10, 2005.

Stöckli, PW und Willert, HG: Tissue reactions in the temporomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandible in the monkey. In: *AM J Orthod*, Band 60:S. 142–155, 1971.

Sund, G., Eckerdal, O. und Astrand, P.: Changes in the temporomandibular joint after oblique sliding osteotomy of the mandibular rami. A longitudinal radiological study. In: *J maxillofac Surg*, Band 11:S. 87–91, 1983.

Sutton, D., Sadowsky, P.L., Bernreuter, W.K., McCutcheon, M.J. und Lakshminarayanan, A.V.: Temporomandibular sounds and condyle/disc relations on magnetic resonance images. In: *Am J Ortho Dentofac Orthop*, Band 101:S. 70–78, 1992.

Thurn und Bücheler: *Einführung in die radiologische Diagnostik*. Thieme, 1998.

Valant, J.R. und Sinclair, P.M.: Treatment effects of the Herbst appliance. In: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, Band 95(2):S. 138–147, 1989.

Vargas Pereira, M. R.: *Quantitative Auswertung bildgebender Verfahren und Entwicklung einer neuen metrischen Analyse für Kiefergelenkstrukturen im Magnetresonanztomogramm*. Dissertation, Klinik für Kieferorthopädie, Universität Kiel, 1997.

Vogel, T. J. und Dieter, E.: *MR-Tomographie Temporomandibulargelenk*. Thieme Verlag, Stuttgart, 1993.

Voudouris, JC, Woodside, DG, Altuna, G., Angelopoulos, G, Bourque, PJ, Lacouture, CY und Kuftinec, MM: Condyle -fossa modifications and muscle interactions during Herbst appliance, Part 2, results and conclusions. In: *Am J Orthod Dentofac Orthop*, Band 124:S. 13–29, 2003.

Watted, N., Witt, E. und Kenn, W.: The temporomandibular joint and the disc-condyle relationship after functional orthopedic treatment: a magnetic resonance imaging study. In: *Europ J orthod*, Band 23:S. 683–93, 2001.

Weiß, Christel: *Basiswissen Medizinische Statistik*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1999.

Wielander: Fossa articularis changes using Herbst appliance after mandibular advancement. In: *Zahnaerztl Prax.*, Band 24(10):S. 360–365, 1990.

Williams, S. und Melsen, B.: Condylar development and mandibular rotation and displacement during aktivator treatment. In: *Am J Orthod*, Band 81:S. 322–326, 1982.

Woodside, D.G., Metaxas, A. und Altuna, G.: The influence of functional appliance therapy on glenoid fossa remodelling. In: *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, Band 92(3):S. 181–198, 1987.

Danksagung

Ich danke Prof. Bumann für die Bereitstellung des Dissertationsthemas und der technischen Mittel sowie für die Betreuung der Arbeit. Weiterhin möchte ich mich bei ihm sehr für die Förderung während meiner Weiterbildungszeit im Fachbereich Kieferorthopädie bedanken. Ich habe bei ihm nicht nur sehr viel über die Diagnostik und Therapie von Kiefergelenken gelernt, sondern in verschiedenen Bereichen der Kieferorthopädie sehr viel Anregung erhalten.

Dres. Richter und Dr. Keil danke ich für die großzügigen Bereitstellung des Bildmaterials und der benötigten Patientendaten.

Jan Himmelpach danke ich für die Unterstützung bei der Erstellung der statistischen Daten, der computergestützten Bearbeitung der Darstellungen und für die Hilfe bei der abschließenden Formatierung des Textes. Außerdem möchte ich ihm dafür danken, dass er mir bei Fragen und Problemen unterschiedlichster Art als Freund zur Seite stand.

Philipp Link danke ich für die geduldige und nette Unterstützung in computertechnischen Fragen.

Meiner Freundin und Kollegin Niuscha Hosseinian danke ich für das Korrekturlesen der Arbeit.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die bisher immer für mich da war und mich in allen Lebenslagen sehr gut unterstützt hat. Und bei allen Freunden, die mich immer wieder ermutigt haben, bei meinem Vorhaben am Ball zu bleiben und die Doktorarbeit zu beenden.

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

Selbstständigkeitserklärung

„Ich, Cornelia Haass, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: ADAP-
TATION JUGENDLICHER KIEFERGELENKE BEI BEHANDLUNG DES DISTALBISSSES MIT
DEM HERBSTSCHARNIER selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und
Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien
anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Unterschrift