

„Effektive“ Kiefergelenksveränderungen und Kinnlageveränderungen bei der Tip-Edge-Behandlung mit Klasse II-Gummizügen

Eine röntgenkephalometrische Longitudinalstudie

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

des Fachbereichs Medizin

der Justus-Liebig-Universität Giessen

vorgelegt von Christos Serbesis-Tsarudis

aus Radevormwald

Giessen 2006

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Kieferorthopädie

Direktorin: Prof. Dr. Sabine Ruf
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Giessen

Gutachter: Prof. Dr. H. Panzerz
Gutachter: Prof. Dr. J. M. H. Dibbets

Tag der Disputation : 11.09.2006

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Giessen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“

Meinen Eltern, meiner Schwester und Christos gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Morphologie, Prävalenz und Ätiologie der Klasse II:1-Dysgnathie	1
1.2 Behandlung der Klasse II:1	2
2 Ziel	5
3 Material	6
3.1 Untersuchte Geräte	6
3.1.1 Tip-Edge-Apparatur mit Klasse II-Gummizügen	6
3.1.2 Aktivator	7
3.1.3 Herbst-Apparatur	8
4 Probanden	9
4.1 Tip-Edge-Gruppe	9
4.2 Aktivator-Vergleichsgruppe	9
4.3 Herbst-Vergleichsgruppe	10
5 Methode	12
5.1 Fernröntgenseitenbilder (FRS)	12
5.2 Untersuchungszeitpunkte	12
5.3 Durchzeichnungen der Röntgenbilder	13
5.4 Superponierung der Röntgenbilder	13
5.5 Referenzsystem	14
5.6 Referenzpunkte	14
5.7 Auswertung der FRS	15
5.7.1 „Effektive“ Kiefergelenksveränderungen	15
5.7.2 Kinnlageveränderungen	16
5.7.3 Rotation des Unterkiefers	17

6 Statistische Methoden	22
7 Methodenfehler	23
8 Ergebnisse	24
8.1 „Effektive“ Kiefergelenksveränderungen	24
8.2 Kinnlageveränderungen	37
8.3 Rotation des Unterkiefers	48
9 Diskussion	60
9.1 Probanden	60
9.2 Methode	60
9.3 Ergebnisse	61
10 Schlussfolgerung	66
11 Zusammenfassung	68
12 Summary (Englische Zusammenfassung)	70
13 Literaturverzeichnis	72

1 Einleitung

1.1 Morphologie, Prävalenz und Ätiologie der Klasse II:1-Dysgnathie

Beim Distalbiss (Klasse II-Dysgnathie) weist der Unterkiefer (UK) eine relative Rücklage zum Oberkiefer (OK) auf. Diese Dysgnathie wird von Edward H. Angle in zwei Untergruppen eingeteilt (Angle, 1907) (Abb. 1). Sind die oberen Inzisivi prokliniert, woraus eine vergrößerte Frontzahnstufe (= Overjet) resultiert, so spricht man von einer Klasse II:1. Stehen die oberen Inzisivi retrokliniert, so spricht man von einer Klasse II:2 (Abb. 1). Alle Patienten der vorliegenden Arbeit wiesen als gemeinsames Merkmal eine Klasse II:1 auf.

Die Prävalenz der Klasse II:1 in der Bevölkerung liegt zwischen 7% und 33%. Die relativ große Streuung ist vermutlich auf die unterschiedliche Untersuchungsmethodik bzw. auf die unterschiedliche Definition der Klasse II:1 zurückzuführen.

Die Klasse II:1 kann dentoalveolären und/oder skelettalen Ursprungs sein: dentoalveolär z.B. durch protrudierte Zahnstellungen im Oberkiefer und/oder retrudierte Zahnstellungen im Unterkiefer, skelettal durch maxilläre Prognathie und/oder mandibuläre Retrognathie. Die Dysgnathie kann auch eine Mischform von dentoalveolärer und skelettaler Fehlentwicklung sein. Heutzutage geht man davon aus, dass die dentoalveolären Abweichungen auf exogene Faktoren und die skelettalen Abweichungen auf erb- bzw. anlagebedingte Faktoren zurückzuführen sind.



Abb. 1: Schematische Darstellung der Klasse II:1 und II:2.

1.2 Behandlung der Klasse II:1

Das übergreifende Ziel einer Distalbissbehandlung vom Typ Klasse II:1 mit mandibulärer Retrognathie ist, den Unterkiefer nach anterior zu verlagern. Dazu können vier Mechanismen beitragen:

- (1) Stimulierung des kondylären Wachstums,
- (2) Umbauprozesse der Fossa glenoidalis,
- (3) funktionelle Vorverlagerung des Kondylus in der Fossa,
- (4) anteriore Rotation des Unterkiefers.

Die wachstumsbedingten Veränderungen im Kondylus und in der Fossa sind günstig und gewollt, während die funktionelle Vorverlagerung des Kondylus in der Fossa eine ungünstige und ungewollte Nebenwirkung der Behandlung ist.

Folgende kieferorthopädische Geräte können für eine Stimulierung des kondylären Wachstums und für den Umbau der Fossa in Frage kommen: abnehmbare funktionskieferorthopädische (FKO) Geräte (z.B. Aktivator, Bionator, Funktionsregler), festsitzende FKO Geräte (z.B. Herbst-Apparatur, Jasper Jumper)

und Multibracket-Apparaturen (z.B. Standard Edgewise, Straight-Wire Edgewise, Begg und Tip-Edge) mit Klasse II-Gummizügen. In der kieferorthopädischen Abteilung der Justus-Liebig-Universität Giessen werden von den abnehmbaren FKO Geräten der Aktivator, von den festsitzenden FKO Geräten die Herbst-Apparatur und von den Multibracket-Apparaturen die Tip-Edge-Apparatur bevorzugt verwendet.

In tierexperimentellen Studien mit Schienengeräten an Rhesusaffen (*Macaca mulatta*) konnte Breitner (1941) als erster histologisch zeigen, dass es bei der Vorverlagerung des Unterkiefers zu Umbauvorgängen im Kiefergelenk kommt. Stöckli und Willert (1971) und McNamara (1973, 1975) bestätigten in ihren Untersuchungen die Ergebnisse von Breitner. Petrovic (1975) und Rabie et al. (2003), die Ratten mit Protrusionsschienen untersuchten, konnten zeigen, dass die Umbauvorgänge im Kiefergelenk vor allem durch Knochenanbau an der posterioren und superioren Seite des Kondylus sowie an der posterioren Fläche der Fossa glenoidalis stattfanden.

Weitere Untersuchungen von Woodside et al. (1987), Petersen und McNamara (2003) und McNamara et al. (2003), die Rhesusaffen mit Herbst-Apparaturen behandelten, konnten die gleichen Knochenanbauvorgänge an den oben genannten Strukturen feststellen.

In klinischen Studien konnten Baltromejus et al. (2002), Pancherz und Littmann (1989), Pancherz et al. (1998), Pancherz und Michailidou (2004) röntgenologisch und Ruf und Pancherz (1998) magnetresonanztomografisch zeigen, dass an Patienten, die mit einer Herbst-Apparatur behandelt wurden, die gleichen Veränderungen im Kiefergelenk auftraten wie in den Tierexperimenten. Ruf et al. (2001, 2002) bestätigten auch nochmal die klinischen und tierexperimentellen Ergebnisse röntgenologisch und magnetresonanztomografisch bei Patienten, die mit einem Aktivator behandelt wurden.

Zur quantitativen Beurteilung der Unterkieferlageveränderung ist es schwierig, den relativen Anteil der in Seite 2 genannten vier Mechanismen (Stimulierung des kondylären Wachstums, Umbauprozesse der Fossa glenoidalis, funktionelle Vorverlagerung des Kondylus in der Fossa und anteriore Rotation des Unterkiefers), die dazu beitragen, zu erfassen. Mit der Methode von Creekmore (1967) ist es aber möglich, die drei Kiefergelenksveränderungen (Stimulierung des kondylären Wachstums, Umbauprozesse der Fossa glenoidalis und funktionelle Vorverlagerung des Kondylus in der Fossa) als Summe zu registrieren. Dabei spricht man von den „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen.

Die „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen und die damit verbundenen Kinnlageveränderungen bei Patienten, die mit der Herbst-Apparatur (Kohlhas, 1997) und mit einem Aktivator (Baltromejus, 1998) behandelt wurden, sind schon untersucht worden. Die entsprechenden Veränderungen und die damit verbundenen Kinnlageveränderungen bei Patienten, die mit einer Tip-Edge-Apparatur und Klasse II-Gummizügen behandelt wurden, standen bis heute noch nicht im Visier einer wissenschaftlichen Untersuchung.

2 Ziel

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, die „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen und Kinnlageveränderungen während und nach der Distalbiss-Behandlung (Klasse II:1) mit der Multibracket (MB)-Apparatur (Tip-Edge) und Klasse II-Gummizügen in Bezug auf Ausmaß und Richtung zu bestimmen. Die Untersuchung sollte hierbei im Einzelnen folgende Fragen beantworten:

1. Wie verhalten sich die sagittalen und vertikalen „effektiven“ Veränderungen im Bereich der Kiefergelenke zu einer Lageveränderung des Kinns während und nach der Behandlung, und wie beeinflusst die Rotation des Unterkiefers die Lage des Kinns?
2. Liegen geschlechtsspezifische Unterschiede vor?
3. Wie verhalten sich die „effektiven“ Kiefergelenks- und Kinnlageveränderungen bei den Tip-Edge-Patienten im Vergleich zu den Patienten, die mit einem Aktivator bzw. mit einer Herbst-Apparatur behandelt wurden?

3 Material

3.1 Untersuchte Geräte

3.1.1 Tip-Edge-Apparatur mit Klasse II-Gummizügen

Das Tip-Edge-Bracket (Abb. 2) wurde von Dr. Peter Kesling 1986 entwickelt und ist im Grunde ein Straight-Wire Bracket. Bei der Patientenbehandlung mit diesem Bracket hat man die Vorteile der Begg-Technik, d.h. die Möglichkeit einer kontrollierten Zahnkipfung, sowie die Vorteile der Edgewise-Technik, d.h. die Möglichkeit einer dreidimensionalen Zahnachsenkontrolle. Um eine Bissverschiebung vornehmen zu können, ist die Verwendung von intermaxillären Klasse II-Gummizügen notwendig (Abb. 2).

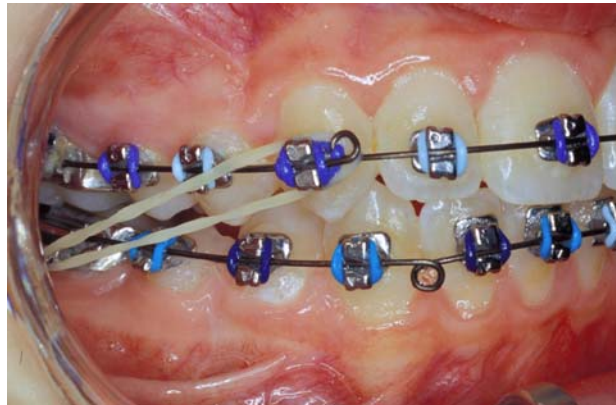


Abb. 2: Laterale Ansicht der Tip-Edge-Apparatur mit Klasse II-Gummizügen

3.1.2 Aktivator

In der vorliegenden Studie dienten die Patienten aus der Untersuchung von Baltromejus (1998), die mit einem Aktivator behandelt wurden, als Vergleichsgruppe. Der Aktivator (Abb. 3) ist eine herausnehmbare funktionskieferorthopädische Apparatur, welche von dem Dänen Viggo Andresen 1905 in die Kieferorthopädie eingeführt wurde. Der Aktivator wirkt durch das „Jumping the bite“-Prinzip: Beim Zusammenbeißen wird der Unterkiefer nach anterior geführt.



Abb. 3: Laterale Ansicht des Aktivators

3.1.3 Herbst-Apparatur

Als zweite Vergleichsgruppe dienten in der vorliegenden Studie die Patienten aus der Arbeit von Kohlhas (1997), die mit der Herbst-Apparatur behandelt wurden. Das Gerät wurde erstmals von Emil Herbst 1909 vorgestellt. Das Gerät ist feststehend und wirkt wie der Aktivator nach dem „Jumping the bite“-Prinzip: Der Unterkiefer wird durch einen beidseitigen Teleskopmechanismus in einer Vorschublage gehalten (Abb. 4). Die Apparatur unterscheidet sich vom Aktivator dadurch, dass sie feststehend ist und den Unterkiefer ständig, sowohl beim Zusammenbeißen als auch bei Mundöffnung, in einer Vorschublage hält.



Abb. 4: Laterale Ansicht der Herbst-Apparatur

4 Probanden

4.1 Tip-Edge-Gruppe

Untersucht wurden 24 Patienten (15 weibliche und 9 männliche) mit einer Klasse II:1, die mit einer Tip-Edge-Apparatur und Klasse II-Gummizügen in der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund und Kieferheilkunde der Justus-Liebig-Universität Giessen behandelt wurden.

Das Alter der Patienten lag am Anfang der Behandlung durchschnittlich bei 12,5 Jahren, der jüngste Patient war 9,1 Jahre und der älteste 23,8 Jahre alt. Der aktive Behandlungszeitraum betrug durchschnittlich 2,6 Jahre. Das Durchschnittsalter der Patienten am Ende der Behandlung war 15,1 Jahre. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug 2,4 Jahre. Das Alter der einzelnen Patienten zu den Untersuchungszeitpunkten vor, nach und 2,4 Jahre nach der Behandlung ist in den Abb. 5 und 6 dargestellt.

Die Behandlung führte bei 23 Patienten (96%) zu einer Korrektur des Overjets und der Distalokklusion. Bei einer Patientin (4%) blieb die Distalokklusion weiter bestehen.

4.2 Aktivator-Vergleichsgruppe

Diese Gruppe bestand aus 40 (23 weibliche und 17 männliche) Klasse II:1 Patienten, die alle erfolgreich mit einem Aktivator behandelt wurden (Baltromejus, 1998).

Das Alter der Patienten lag am Anfang der Behandlung durchschnittlich bei 10,4 Jahren, der jüngste Patient war 7,5 Jahre und der älteste 13,6 Jahre alt. Der Behandlungszeitraum betrug durchschnittlich 2,6 Jahre. Das Durchschnittsalter der Patienten am Ende der Behandlung lag bei 13,0 Jahren. Es gab keine Nachuntersuchung bei den Patienten.

4.3 Herbst-Vergleichsgruppe

Diese Gruppe umfasste 98 (39 weibliche und 59 männliche) Klasse II:1 Patienten, die alle erfolgreich mit einer Herbst-Apparatur behandelt wurden (Kohlhas, 1997).

Das Alter der Patienten lag am Anfang der Behandlung durchschnittlich bei 12,6 Jahren, der jüngste Patient war 9,5 Jahre und der älteste 16,1 Jahre alt. Der aktive Behandlungszeitraum betrug durchschnittlich 0,6 Jahre. Das Durchschnittsalter am Ende der Behandlung lag bei 13,2 Jahren. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug 3,1 Jahre.

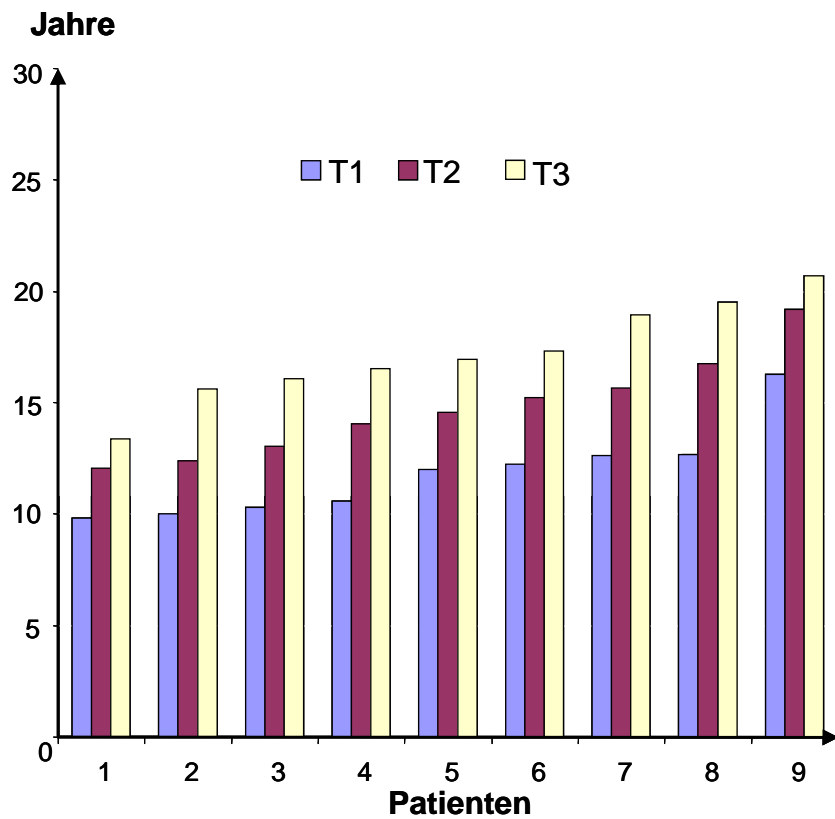


Abb. 5: Altersverteilung der 9 männlichen Patienten der Tip-Edge-Gruppe vor (T1), nach (T2) und durchschnittlich 2,4 Jahre nach (T3) der Behandlung.

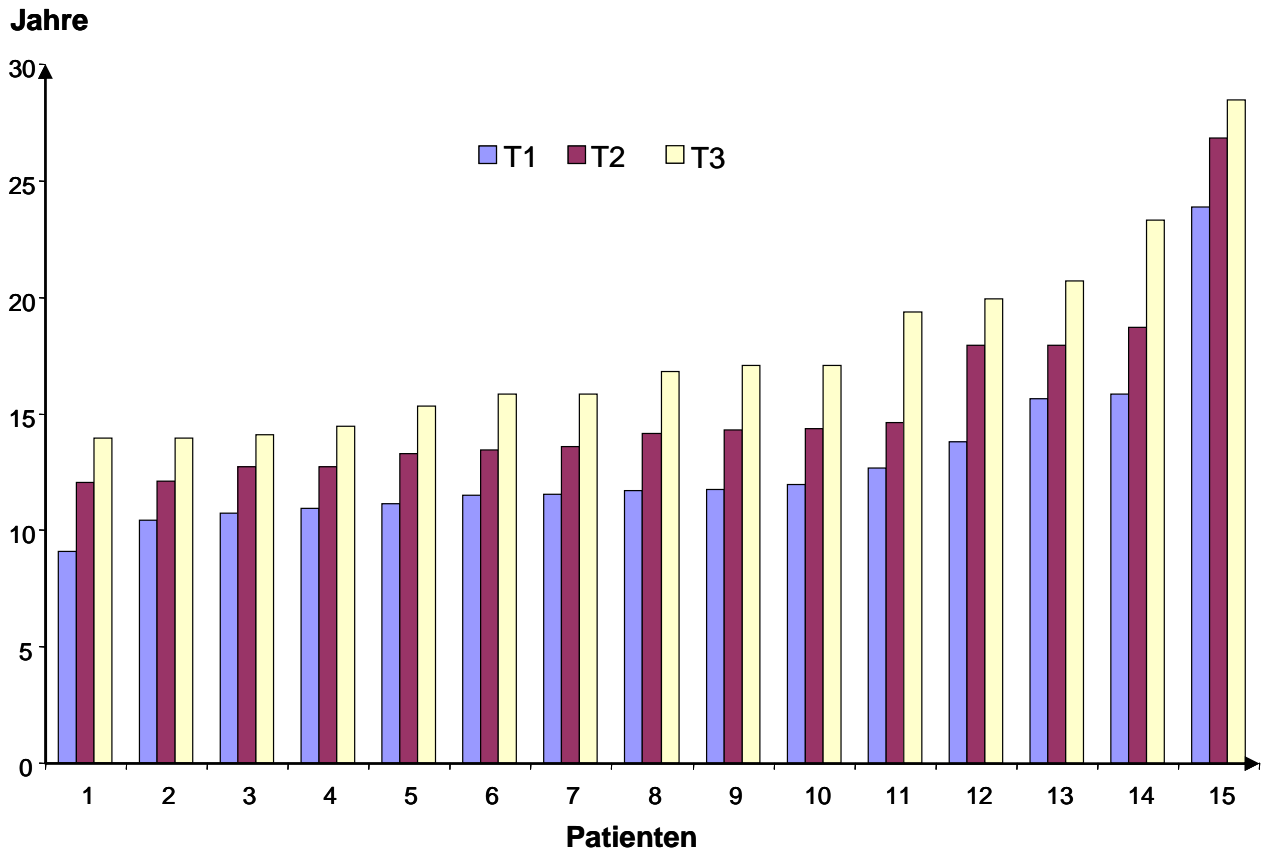


Abb. 6: Altersverteilung der 15 weiblichen Patienten der Tip-Edge-Gruppe vor (T1), nach (T2) und durchschnittlich 2,4 Jahre nach (T3) der Behandlung.

5 Methode

5.1 Fernröntgenseitenbilder (FRS)

FRS des Kopfes aller Tip-Edge-, Aktivator- und Herbst-Patienten wurden ausgewertet. Die Bilder wurden nach standardisierter Aufnahmetechnik in habitueller Okklusion angefertigt. Der Fokus-Film-Abstand betrug 1,5 m. Der Zentralstrahl verlief rechtwinklig zur Filmebene durch den Porus acusticus externus. Der durchschnittliche Vergrößerungsgrad der Bilder betrug 7%, wurde bei der Auswertung der FRS jedoch nicht berücksichtigt.

5.2 Untersuchungszeitpunkte

Die FRS der drei Untersuchungsgruppen wurden zu folgenden Zeitpunkten ausgewertet:

Tip-Edge:

- T1 - vor der Behandlung
- T2 - nach aktiver Behandlung von durchschnittlich 2,6 Jahren
- T3 - durchschnittlich 2,4 Jahre nach Abschluss der Tip-Edge-Behandlung

Aktivator:

- T1 - vor der Behandlung
- T2 - nach durchschnittlich 2,6 Jahren aktiver Behandlung

Herbst:

- T1 - vor der Behandlung
- T2 - nach aktiver Behandlung von durchschnittlich 0,6 Jahren
- T3 - durchschnittlich 3,1 Jahre nach Abschluss der Herbst-Behandlung

5.3 Durchzeichnungen der Röntgenbilder

Eine Durchzeichnung (Tracing) aller Röntgenbilder erfolgte auf Acetat-Tracing-Folie unter Verwendung eines Lichtkastens und eines Druckbleistiftes (0,3 mm). Das Tracen wurde in einem abgedunkelten Raum durchgeführt. Es wurden alle relevanten Strukturen, die zur Auswertung der Bilder dienten, erfasst. Strecken- und Winkelmessungen erfolgten mit einem Geodreieck mit Millimeter- und Gradeinteilung. Die Messgenauigkeit betrug 0,5 Millimeter respektive 0,5 Winkelgrade. Die FRS eines jeden Patienten wurden zweifach ausgewertet. Der Mittelwert der beiden Messungen wurde für die endgültigen Berechnungen herangezogen.

5.4 Superponierung der Röntgenbilder

Es wurden die Röntgenbilder einer Serie jedes Patienten zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) über das Röntgenbild von vor der Behandlung (T1) nach der von Björk und Skieller (1983) angegebenen Methode überlagert. Die Superponierung erfolgte über die vordere Schädelbasis und über den Unterkiefer unter Verwendung von wachstumsstabilen Knochenstrukturen.

Stabile Knochenstrukturen für die Superponierung über die vordere Schädelbasis :

- Vorderwand der Sella turcica
- Umriss der Lamina cribriformis
- Konturen des frontoethmoidalen Knochenrandes beidseits

Stabile Knochenstrukturen für die Superponierung über den Unterkiefer :

- vorderer knöcherner Kinnumriss
- innere Kontur des Symphysenrandes
- Trabekularstruktur in der Symphyse
- Kontur des Canalis mandibularis
- Umriss eines mineralisierten unteren

Molarenkeimes vor der Wurzelbildung

5.5 Referenzsystem

Im Röntgenbild von vor der Behandlung (T1) wurde ein Referenzkreuz definiert, das aus den Linien RL und RLp gebildet wurde:

RL (Referenzlinie): Linie von der Schneidekante der unteren mittleren Inzisivi zur Spitze des distobukkalen Höckers der ersten unteren Molaren. Die Linie wurde auf dem Röntgenbild von vor der Behandlung (T1) festgelegt und auf die anderen Bilder von nach der Behandlung (T2) und der Nachuntersuchung (T3) durch Superponierung der Bilder über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis übertragen.

RLp (Referenzlinie perpendicular): Senkrechte Linie zu RL durch den Mittelpunkt der Sella turcica. Die Linie wurde auf dem Röntgenbild von vor der Behandlung (T1) festgelegt und auf die anderen Bilder von nach der Behandlung (T2) und der Nachuntersuchung (T3) durch Superponierung der Bilder über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis übertragen.

5.6 Referenzpunkte

Co (Kiefergelenkspunkt): Ein willkürlich festgelegter Punkt in der Nähe des Caput mandibulae. Dieser Punkt wurde auf der Röntgenaufnahme von vor der Behandlung (T1) festgelegt und bei der Superponierung der

Bilder über die stabilen Strukturen der vorderen Schädelbasis auf die Bilder von nach der Behandlung (T2) und der Nachuntersuchung (T3) übertragen (Abb. 7).

Pg (Kinnpunkt): Der am weitesten anterior gelegene Punkt des knöchernen Kinns. Der Pg-Punkt wurde auf jeder Aufnahme (T1), (T2) und (T3) individuell festgelegt.

5.7 Auswertung der FRS

Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte nach einer modifizierten Methode von Creekmore (1967).

5.7.1 „Effektive“ Kiefergelenksveränderungen

Zunächst wurden die Röntgenbilder (T1, T2, T3) über die wachstumsstabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis superponiert und das an Bild T1 definierte RL/RLp- Referenzkreuz auf die Bilder T2 und T3 übertragen (Abb. 7). Danach wurden die Bilder T2 und T3 über das Bild T1 mit Hilfe der stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers überlagert und die Veränderung (in mm) der x- und y-Koordinaten des Co-Punktes zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) und 2,4 Jahre nach Abschluss der Behandlung (T3) in Bezug zum Ausgangsbefund (T1; 0-Punkt) gemessen (Abb.8).

Die Abstände der Koordinaten zur Linie RL (y-Koordinate) zu den verschiedenen Zeitpunkten geben die vertikalen Positionsveränderungen des Condylus an. Positive Werte geben hierbei eine Veränderung in superiorer Richtung und negative Werte eine Veränderung in inferiorer Richtung an.

Die Abstände der Koordinaten zur Linie RLp (x-Koordinate) geben die sagittalen Positionsveränderungen des Condylus an, wobei positive Werte einer Veränderung

in anteriorer Richtung und negative Werte einer Veränderung in posteriorer Richtung entsprechen.

Die gemessene Veränderung des Co-Punktes beschreibt die „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen und ist der Summationseffekt der Wachstumsveränderungen des Condylus, der Fossa sowie der Lageveränderungen des Condylus in der Fossa (Creekmore, 1967).

5.7.2 Kinnlageveränderung

Die Röntgenbilder (T1, T2, T3) wurden, wie schon erwähnt, über die wachstumsstabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis superponiert und das an Bild T1 definierte RL/RLp- Referenzkreuz auf die Bilder T2 und T3 übertragen (Abb. 7).

Danach wurde die Veränderung (in mm) der x- und y-Koordinaten des Pg- Punktes zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) und 2,4 Jahre nach Abschluss der Behandlung (T3) in Bezug zum Ausgangsbefund (T1; 0-Punkt) gemessen (Abb. 9).

Die Abstände der Koordinaten zur Linie RL (y-Koordinate) zu den verschiedenen Zeitpunkten geben die vertikalen Positionsveränderungen des Pogonions an. Positive Werte geben hierbei eine Veränderungen in superiorer Richtung und negative Werte eine Veränderung in inferiorer Richtung an.

Die Abstände der Koordinaten zur Linie RLp (x-Koordinate) geben die sagittalen Positionsveränderungen des Pogonions an, wobei positive Werte einer Veränderung in anteriorer Richtung und negative Werte einer Veränderung in posteriorer Richtung entsprechen.

Die gemessene Veränderung des Pg-Punktes entspricht der Kinnlageveränderung und ist der Summationseffekt aus den „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen und der Rotation des Unterkiefers.

5.7.3 Rotation des Unterkiefers

Die Röntgenbilder (T1, T2, T3) mit ihren Referenzkreuzen wurden über die wachstumsstabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers überlagert. Der Winkel zwischen den RL-Linien der Zeitpunkte T1 und T2, T2 und T3 und T1 und T3 entsprach der Rotation des Unterkiefers während den verschiedenen Untersuchungszeiträume.

Eine Veränderung der Neigung der RL-Linie nach inferior deutet auf eine posteriore Rotation (Öffnungsrotation) des Unterkiefers hin (Abb. 10). Eine Veränderung der RL-Linie nach superior deutet hingegen auf eine anteriore Rotation (Schließungsrotation) des Unterkiefers hin.

Die gemessene Veränderung der Neigung der RL-Linie (der Rotation des Unterkiefers) ist der Summationseffekt aus den „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen, dem vertikalen Oberkieferwachstum, den vertikalen dentoalveolären Veränderungen des Ober- und Unterkiefers und der Steilheit der inzisalen Führung (wenn der Unterkiefer seine sagittale Position nach anterior verändert).

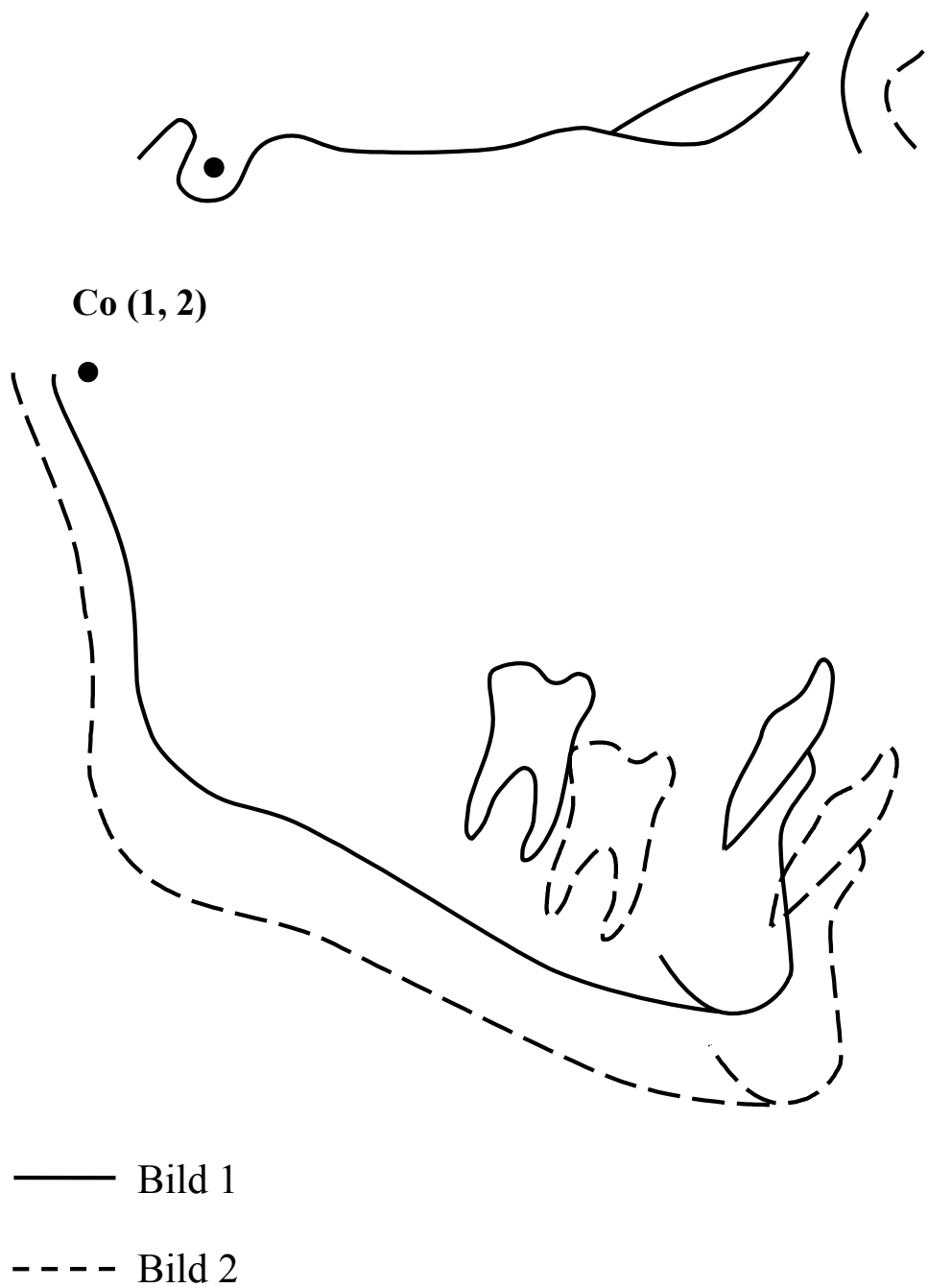


Abb. 7: Übertragung des Kiefergelenkspunktes Co nach Überlagerung der Röntgenbilder über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis (Kohlhas, 1997).

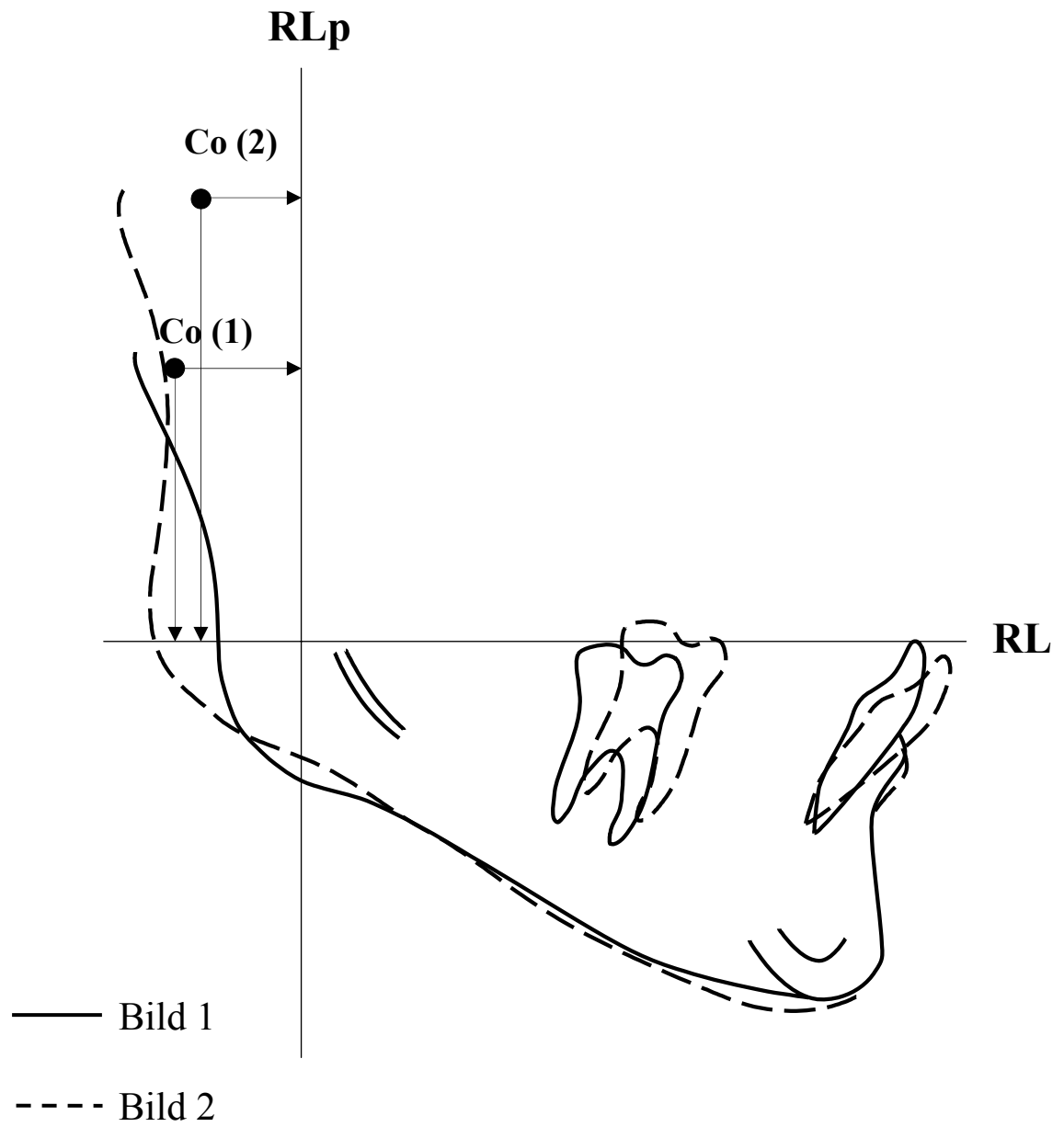


Abb. 8: Messung der Veränderungen des Kiefergelenkspunktes Co („effektive“ Kiefergelenksveränderungen) nach Überlagerung der Röntgenbilder über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers (Kohlhas, 1997).

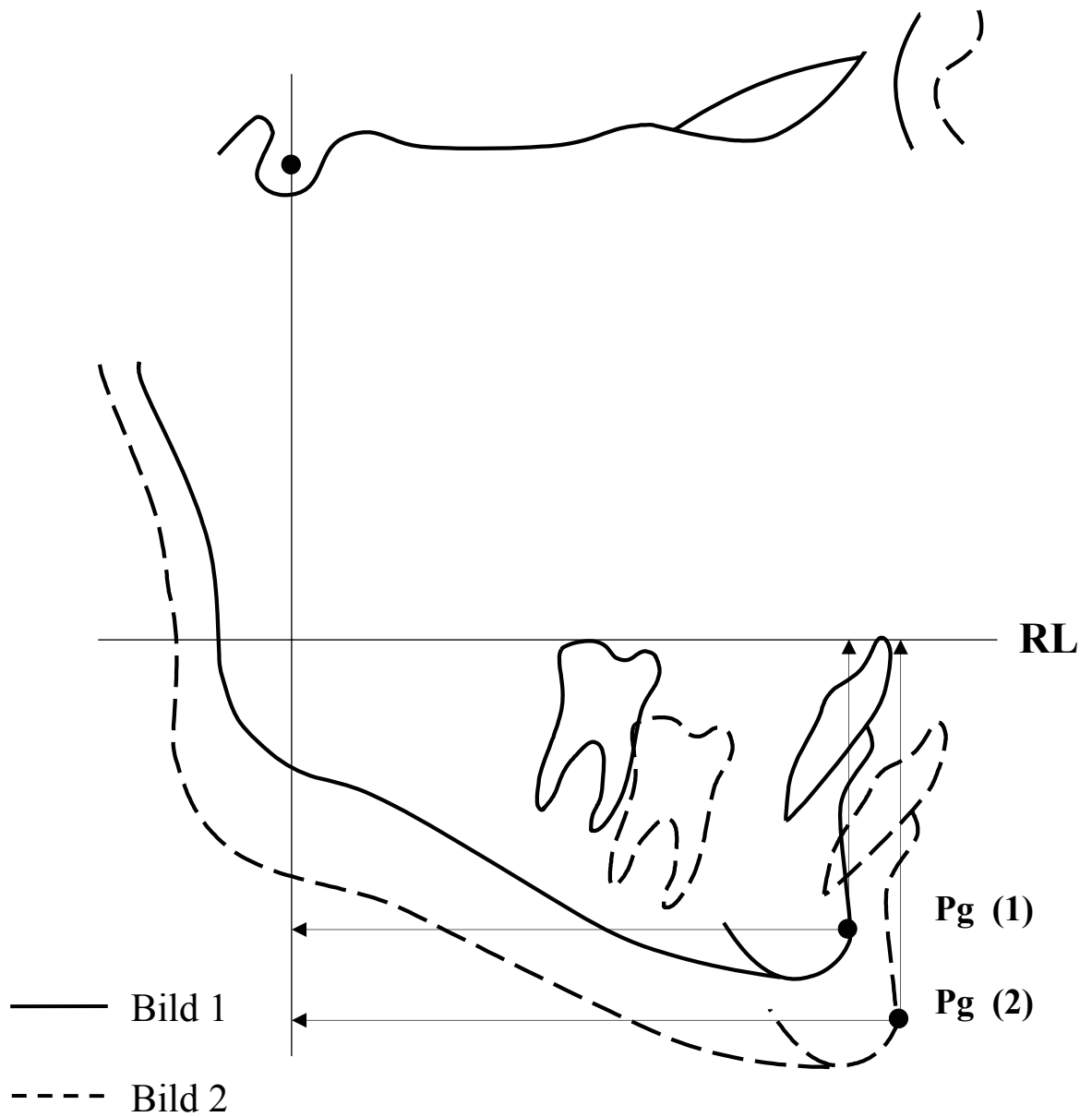


Abb. 9: Messungen der Veränderungen des Kinnpunktes Pg (Kinnlageveränderungen) nach Überlagerung der Röntgenbilder über die stabilen Knochenstrukturen der vorderen Schädelbasis (Kohlhas, 1997).

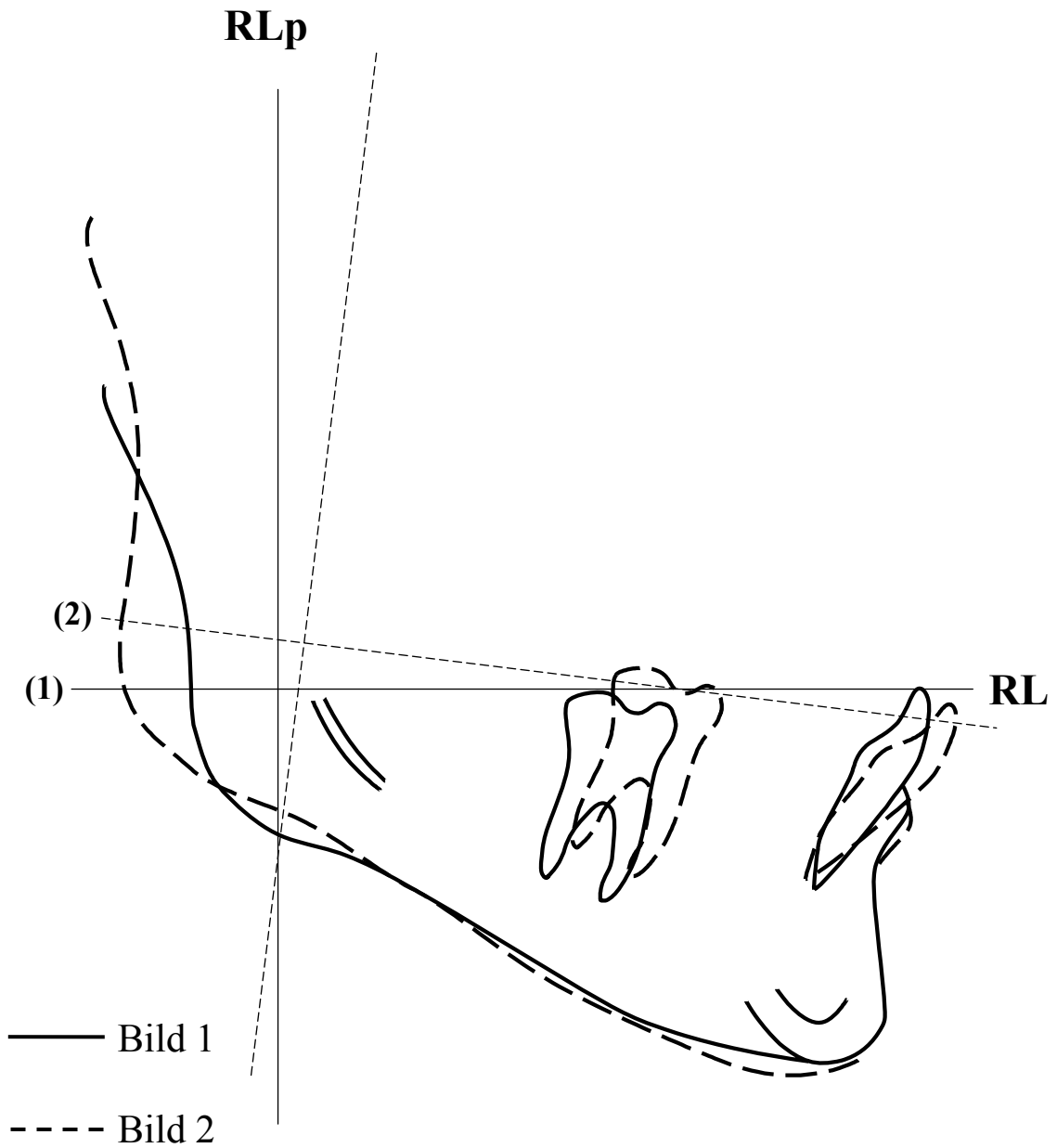


Abb. 10: Messung der Veränderungen der Referenzlinie RL (Rotation des Unterkiefers) nach Überlagerung der Röntgenbilder über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers (Das Beispiel zeigt eine posteriore Rotation des Unterkiefers) (Kohlhas, 1997).

6 Statistische Methoden

Der arithmetische Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (SD) wurden für alle kephalometrischen Variablen berechnet. Zur Prüfung auf Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest durchgeführt. Die Signifikanz der Veränderungen der Variablen während der Untersuchungszeiträume wurde mit Hilfe des Student t-Tests für abhängige Stichproben überprüft. Der t-Test für unabhängige Stichproben wurde zum Vergleich männlicher und weiblicher Probanden in der Tip-Edge-Gruppe sowie zum Vergleich der Tip-Edge- mit der Aktivator- bzw. der Herbst-Gruppe verwendet.

Folgende Signifikanzniveaus kamen zur Anwendung:

$$p < 0,001(***)$$

$$p < 0,01 (**)$$

$$p < 0,05 (*)$$

$$p \geq 0,05 \text{ (n.s.) nicht signifikant}$$

Alle Berechnungen wurden auf einem Personal Computer (Typ Pentium 4) mit den Programmen OFFICE XP und SPSS durchgeführt.

7 Methodenfehler

Zur Bestimmung des totalen Methodenfehlers, der aus der Lokalisation und der Einzeichnung der Referenzpunkte, der Überlagerung der Röntgenbilder sowie der Messung der Veränderungen der Untersuchungsvariablen resultiert, wurden alle Fernröntgenseitenbilder der 24 Tip-Edge Probanden zweifach, mit mindestens einer Woche Pause zwischen der ersten und zweiten Messung, ausgewertet.

Folgende Formel wurde zur Ermittlung des Methodenfehlers (MF) angewandt (Dahlberg, 1940):

$$MF = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

d = Differenz zwischen Doppelmessungen

n = Anzahl der untersuchten Probanden

Die Ergebnisse des Methodenfehlers für alle Untersuchungsvariablen sind der Tab. 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Methodenfehler für die Variablenveränderungen bei der zweifachen Auswertung der FRS der 24 Tip-Edge-Patienten während der verschiedenen Zeiträume: T1-T2 (aktive Behandlung), T2-T3 (Nachuntersuchung) und T1-T3 (totaler Untersuchungszeitraum) in Bezug zum Befund von vor der Behandlung

Zeitraum	Variable				
	Co / RLp (mm)	Co / RL (mm)	Pg / RLp (mm)	Pg / RL (mm)	RL (Grad)
T1-T2	1,23	2,15	1,49	1,31	2,71
T2-T3	1,29	2,08	1,28	1,05	1,49
T1-T3	1,33	1,64	1,38	1,35	1,39

8 Ergebnisse

8.1 „Effektive“ Kiefergelenksveränderungen (Co-Punkt)

Tip-Edge-Gruppe

Männliche und weibliche Patienten zusammen

Behandlungsperiode (T1-T2)

Der Co-Punkt verlagerte sich während der 2,6-jährigen Behandlungsperiode durchschnittlich 1,1 mm ($p < 0,01$) nach posterior und 6,7 mm ($p < 0,001$) nach superior (Tab. 2, Abb. 11). Die Abb. 12, 13 und 14 zeigen die individuellen Veränderungen des Kiefergelenkpunktes Co der 24 Probanden.

Nachuntersuchung (T2-T3)

Der Co-Punkt verlagerte sich während der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode durchschnittlich 0,2 mm (n.s.) nach posterior und 2,8 mm ($p < 0,01$) nach superior (Tab. 3).

Totale Untersuchungsperiode (T1-T3)

Der Co-Punkt verlagerte sich während der 5-jährigen totalen Untersuchungsperiode durchschnittlich 1,3 mm ($p < 0,05$) nach posterior und 9,5 mm ($p < 0,001$) nach superior (Tab. 4).

Tip-Edge-Gruppe

Vergleich männlicher und weiblicher Patienten

Behandlungsperiode (T1-T2)

Bezüglich der Richtung und des Ausmaßes der Veränderungen des Co-Punktes lag während der Behandlungsperiode kein signifikanter Geschlechtsunterschied vor (Tab. 2, Abb. 15).

Nachuntersuchung (T2-T3)

Bezüglich der Richtung der Verlagerung des Co-Punktes lag kein signifikanter Geschlechtsunterschied während der Nachuntersuchung vor. Im Ausmaß übertrafen die männlichen Patienten in der Variable Co/RL die weiblichen um mehr als 6,0 mm ($p < 0,001$). Für die Variable Co/RLp lag kein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied vor (Tab. 3).

Totale Untersuchungsperiode (T1-T3)

Bezüglich der Richtung der Veränderungen des Co-Punktes während der totalen Untersuchungsperiode lag kein signifikanter Geschlechtsunterschied vor. Im Ausmaß lag der Co-Punkt bei den männlichen Probanden am Ende der 5-jährigen Periode 0,5 mm (n.s.) weiter anterior und 8,9 mm ($p < 0,001$) weiter superior als bei den weiblichen Probanden (Tab. 4).

Aktivator-Gruppe (Baltromejus, 1998)

Männliche und weibliche Patienten zusammen

Behandlungsperiode (T1-T2)

Der Co-Punkt verlagerte sich während des 2,6-jährigen Behandlungszeitraumes um 2,2 mm ($p < 0,001$) nach posterior und um 9,6 mm ($p < 0,001$) nach superior (Tab. 5, Abb. 11).

Vergleich männlicher und weiblicher Patienten

Bezüglich der Richtung und des Ausmaßes der Veränderungen des Co-Punktes konnte kein statistisch signifikanter Geschlechtsunterschied gezeigt werden. Der Co-Punkt lag bei den männlichen Probanden am Ende der Untersuchungsperiode 1,0 mm (n.s.) weiter posterior und 2,0 mm (n.s.) weiter kranial als bei den weiblichen Probanden (Tab. 5, Abb. 11).

Herbst-Gruppe (Kohlhas; 1997)

Männliche und weibliche Patienten zusammen

Totale Untersuchungsperiode (T1-T3)

In der Herbst-Gruppe verlagerte sich der Co-Punkt während der 3,7-jährigen totalen Untersuchungsperiode um 4,3 mm ($p < 0,001$) nach posterior und um 8,5 mm ($p < 0,001$) nach superior (Tab. 6, Abb. 11).

Vergleich männlicher und weiblicher Patienten

Bezüglich der Richtung der Veränderung des Co-Punktes lag während dieses Untersuchungszeitraumes kein geschlechtsspezifischer Unterschied vor. Am Ende der totalen Untersuchungsperiode lag der Co-Punkt der männlichen Probanden durchschnittlich 1,9 mm ($p < 0,001$) weiter posterior und 4,8 mm ($p < 0,001$) weiter superior als bei den weiblichen Probanden (Tab. 6, Abb. 11).

Vergleich der Behandlungsperiode (T1-T2) zwischen der Tip-Edge- und der Aktivator-Gruppe

Im Vergleich zur Aktivator-Gruppe verlagerte sich der Co-Punkt der Tip-Edge-Gruppe 1 mm ($p < 0,01$) weniger nach posterior und 2,9 mm ($p < 0,001$) weniger nach superior (Tab. 5, Abb. 11).

Vergleich der Behandlungsperiode (T1-T2) der Tip-Edge-Gruppe mit der totalen Untersuchungsperiode (T1-T2) der Herbst-Gruppe

Im Vergleich zur Herbst-Gruppe verlagerte sich der Co-Punkt in der Tip-Edge-Gruppe 3,2 mm ($p < 0,001$) mehr nach anterior und 2,0 mm ($p < 0,05$) mehr nach superior (Tab. 6, Abb. 11).

Tab. 2: "Effektive" Kiefergelenksveränderungen. Veränderungen (MW, SD) der Variablen Co/RLp und Co/RL bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 15 weibliche) während der 2,6-jährigen Behandlungsperiode (T1-T2).

Variable	Gruppe	MW	SD	t
Co/RLp (mm)	m	-0,72	1,48	-1,46
	w	-1,33	1,95	-2,65
	m+w	-1,10	1,78	-3,04
	m/w	-0,61	-	-0,92
Co/RL (mm)	m	8,44	4,26	5,95
	w	5,70	3,63	6,07
	m+w	6,73	4,02	8,19
	m/w	2,74	-	1,90

*** entspricht $p < 0,001$

** entspricht $p < 0,01$

* entspricht $p < 0,05$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Co (Co/RLp)

- inferiore Verlagerung von Co (Co/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Co (Co/RLp)

- superiore Verlagerung von Co (Co/RL)

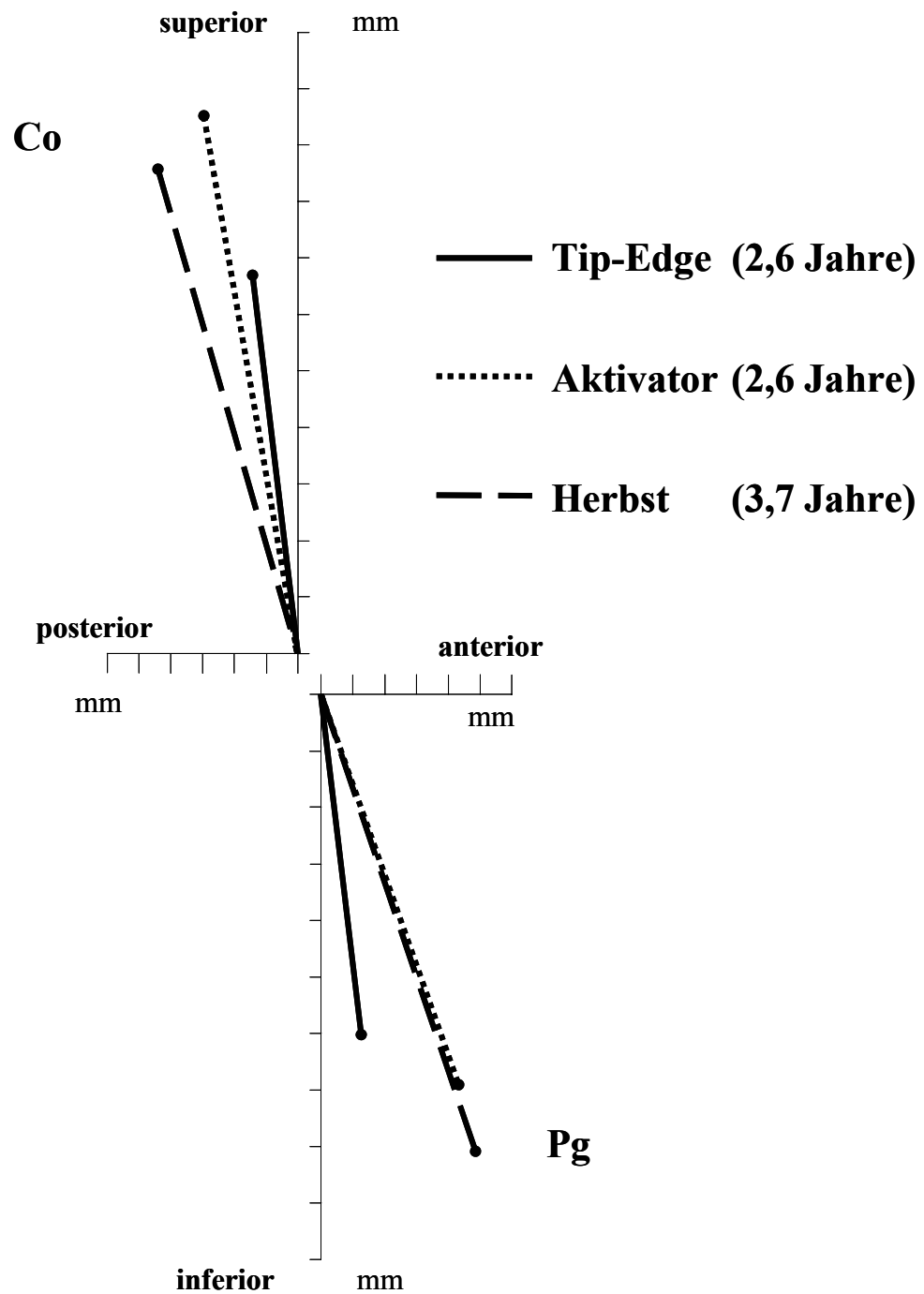


Abb. 11: Durchschnittliche „effektive“ Kiefergelenksveränderungen (Co) und Kinnlageveränderungen (Pg) bei Probanden (männlich + weiblich), die mit Tip-Edge (n=24), Aktivator (n=40) und Herbst-Apparatur (n= 98) behandelt wurden. Veränderungen der Referenzpunkte Co und Pg in Bezug zum Befund von vor der Behandlung (0-Punkt).

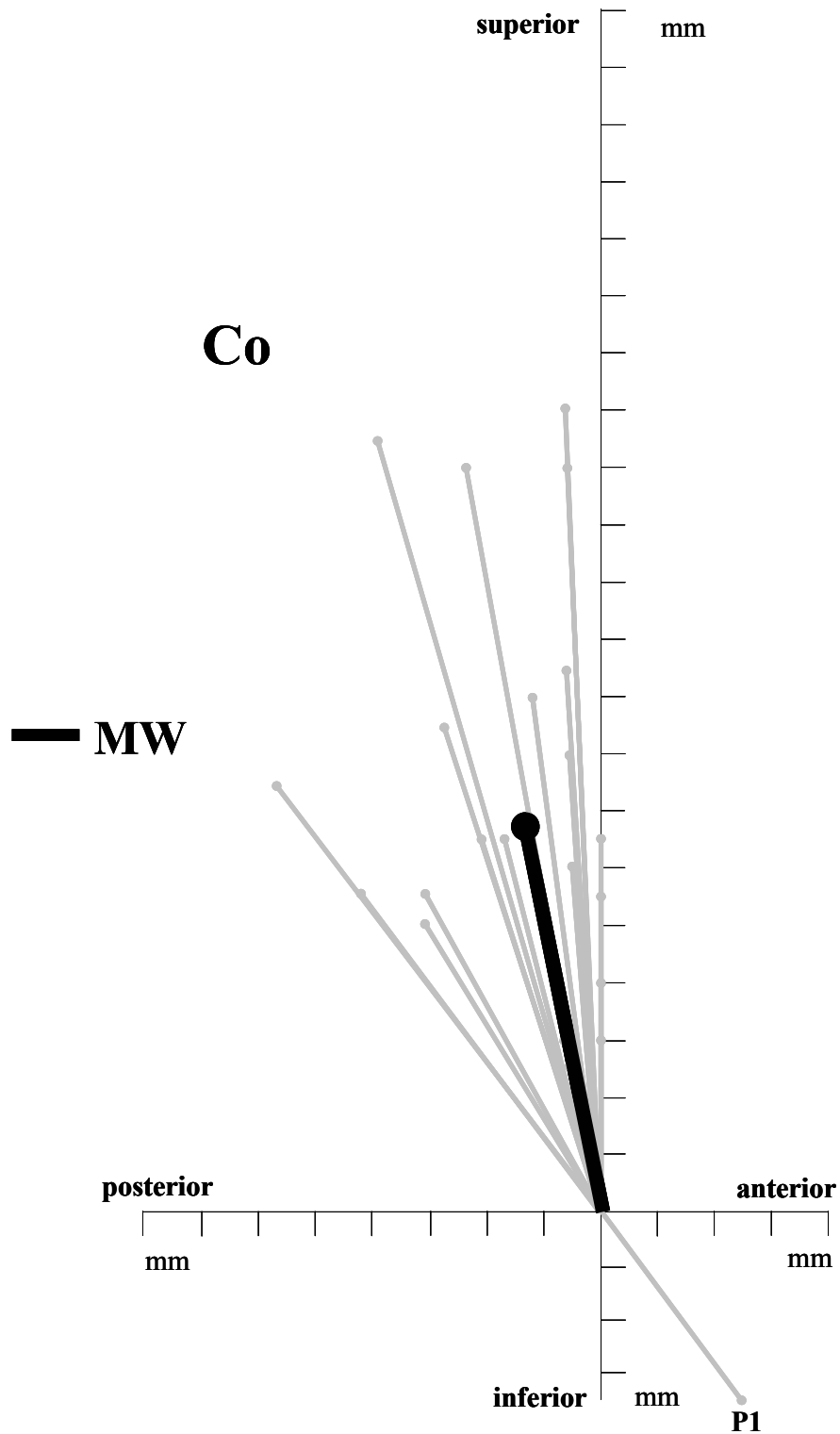


Abb. 12: “Effektive” Kiefergelenksveränderungen. Individuelle Veränderungen von (Co) bei 24 Patienten, die mit einer Tip-Edge-Apparatur behandelt wurden. Veränderungen des Kiefergelenkpunktes (Co) nach der Behandlungsperiode (T2) in Bezug zum Befund vor der Behandlung (T1) (0-Punkt). P1 ist die Patientin, die nicht erfolgreich behandelt wurde.

Tab. 3: "Effektive" Kiefergelenksveränderungen. Veränderungen (MW, SD) der Referenzpunkte Co/RLp und Co/RL bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 15 weibliche) während der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode (T2-T3).

Variable	Gruppe	MW	SD	t	
Co/RLp (mm)	m	-0,22	1,87	-0,36	n.s.
	w	-0,10	1,11	-0,35	n.s.
	m+w	-0,15	1,40	-0,51	n.s.
	m/w	-0,12	-	-0,23	n.s.
Co/RL (mm)	m	6,61	5,88	3,37	**
	w	0,50	2,02	0,96	n.s.
	m+w	2,79	4,86	2,81	**
	m/w	6,11	-	4,22	***

*** entspricht $p < 0,001$

** entspricht $p < 0,01$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Co (Co/RLp)

- inferiore Verlagerung von Co (Co/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Co (Co/RLp)

- superiore Verlagerung von Co (Co/RL)

Tab. 4: "Effektive" Kiefergelenksveränderungen. Veränderungen (MW, SD) der Referenzpunkte Co/RLp und Co/RL bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 15 weibliche) während der 5-jährigen totalen Untersuchungsperiode (T1-T3).

Variable	Gruppe	MW	SD	t
Co/RLp (mm)	m	-0,94	2,07	-1,37
	w	-1,43	2,43	-2,29
	m+w	-1,25	2,27	-2,70
	m/w	-0,49	-	-0,57
Co/RL (mm)	m	-15,06	6,63	-6,82
	w	-6,20	3,61	-6,64
	m+w	-9,52	6,51	-7,16
	m/w	-8,86	-	-4,83

*** entspricht $p < 0,001$

* entspricht $p < 0,01$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Co (Co/RLp)

- inferiore Verlagerung von Co (Co/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Co (Co/RLp)

- superiore Verlagerung von Co (Co/RL)

Tab. 5: "Effektive" Kiefergelenksveränderungen. Vergleich der Veränderungen der Variablen Co/RLp und Co/RL zwischen 24 Tip-Edge-Patienten und Aktivator-Patienten während des Zeitraumes von vor der Behandlung bis nach Entfernung der Multibracket-Apparatur bzw. des Aktivators.

Variable	1 Tip-Edge (2,6 Jahre)		2 Aktivator (2,6 Jahre)		Vergleich Tip-Edge - Aktivator			
	MW	SD	MW	SD	MW (Δ^* 1-2)	t		
Co / RLp	m	1,48	-2,71	1,57	-1,99	-5,63	***	
	w	1,95	-1,74	1,60	-0,41	-1,07	n.s.	
	m+w	-1,10	1,78	-2,15	1,66	-1,05	-2,73	**
Co / RL	m	8,44	4,26	10,78	4,08	2,34	2,50	*
	w	5,70	3,63	8,74	2,46	3,04	4,91	***
	m+w	6,73	4,02	9,61	3,40	2,88	3,59	***

*** entspricht $p < 0,001$

** entspricht $p < 0,01$

* entspricht $p < 0,05$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Co (Co/RLp)

- inferiore Verlagerung von Co (Co/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Co (Co/RL)

- superiore Verlagerung von Co (Co/RL)

Tab. 6: "Effektive" Kiefergelenksveränderungen. Vergleich der Veränderungen der Variablen Co/RLp und Co/RL zwischen 24 Tip-Edge-Patienten und 98 Herbst-Patienten während des Zeitraumes von vor der Behandlung bis nach Entfernung der Tip-Edge-Apparatur bzw. nach Abschluss der totalen Untersuchungsperiode der Herbst-Patienten.

Variable	Gruppe	1 Tip-Edge (2,6 Jahre)		2 Herbst (3,7 Jahre)		Vergleich Tip-Edge-Herbst		
		MW (1)	SD	MW (2)	SD	MW (Δ * 1-2)	t	
Co / RLp	m	-0,72	1,48	-5,07	2,73	-4,35	-7,54	***
	w	-1,33	1,95	-3,17	2,20	-1,84	-3,75	***
	m+w	-1,10	1,78	-4,31	2,68	-3,21	-5,57	***
Co / RL	m	8,44	4,26	10,36	3,14	1,92	2,49	*
	w	5,70	3,63	5,59	2,44	-0,11	-0,18	n.s.
	m+w	6,73	4,02	8,46	3,73	1,73	2,01	*

*** entspricht $p < 0,001$

* entspricht $p < 0,05$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Co (Co/RLp)

- inferiore Verlagerung von Co (Co/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Co (Co/RLp)

- superiore Verlagerung von Co (Co/RL)

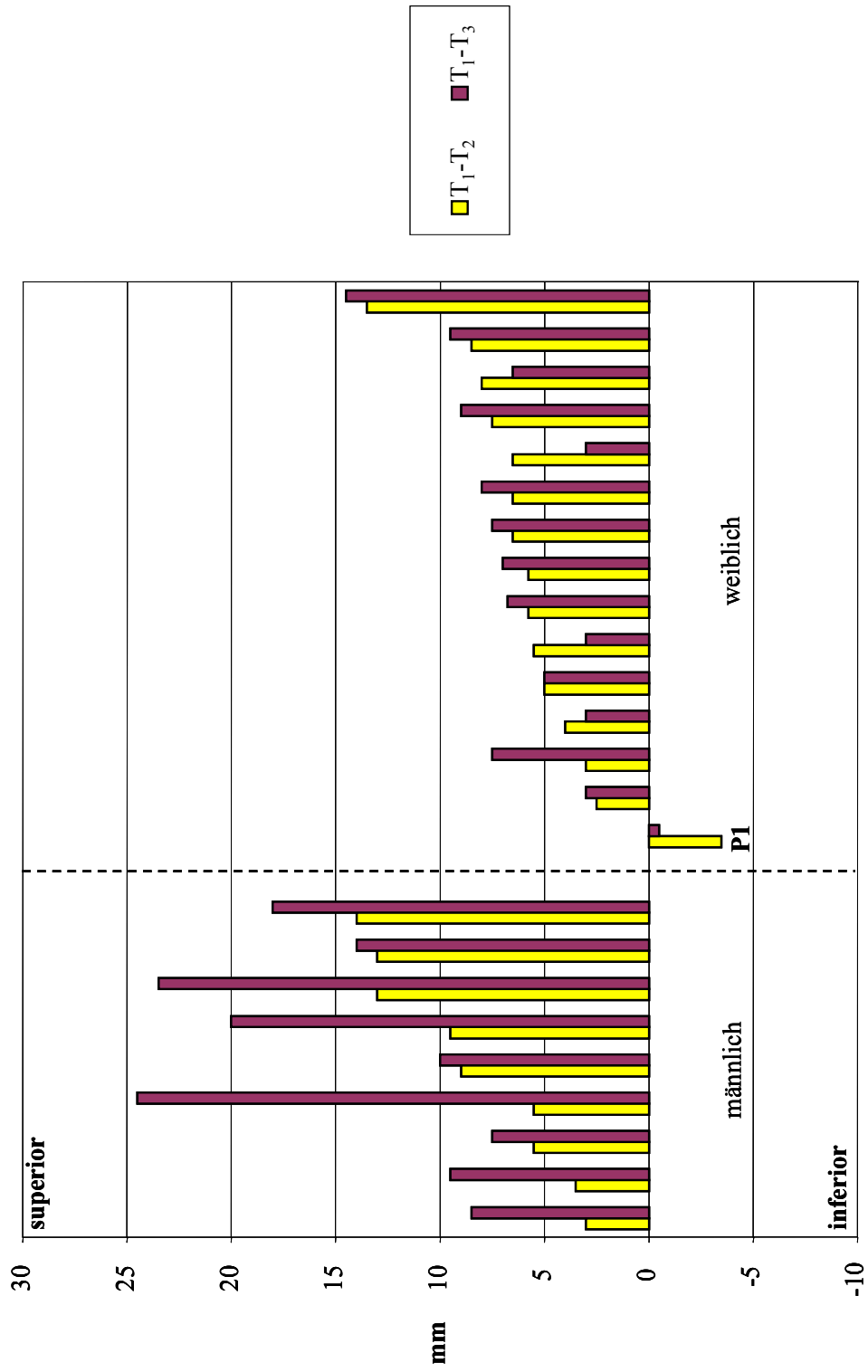


Abb. 13: Individuelle „effektive“ vertikale Kiefergelenksveränderungen (Co/RL) bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 15 weibliche) während der Zeiträume T₁-T₂ und T₁-T₃. Aufsteigende Reihung der Werte in Bezug auf die Veränderungen während der Periode T₁-T₂. Die 0-Linie entspricht dem T₁-Wert. **P1** ist die Patientin, die nicht erfolgreich behandelt wurde.

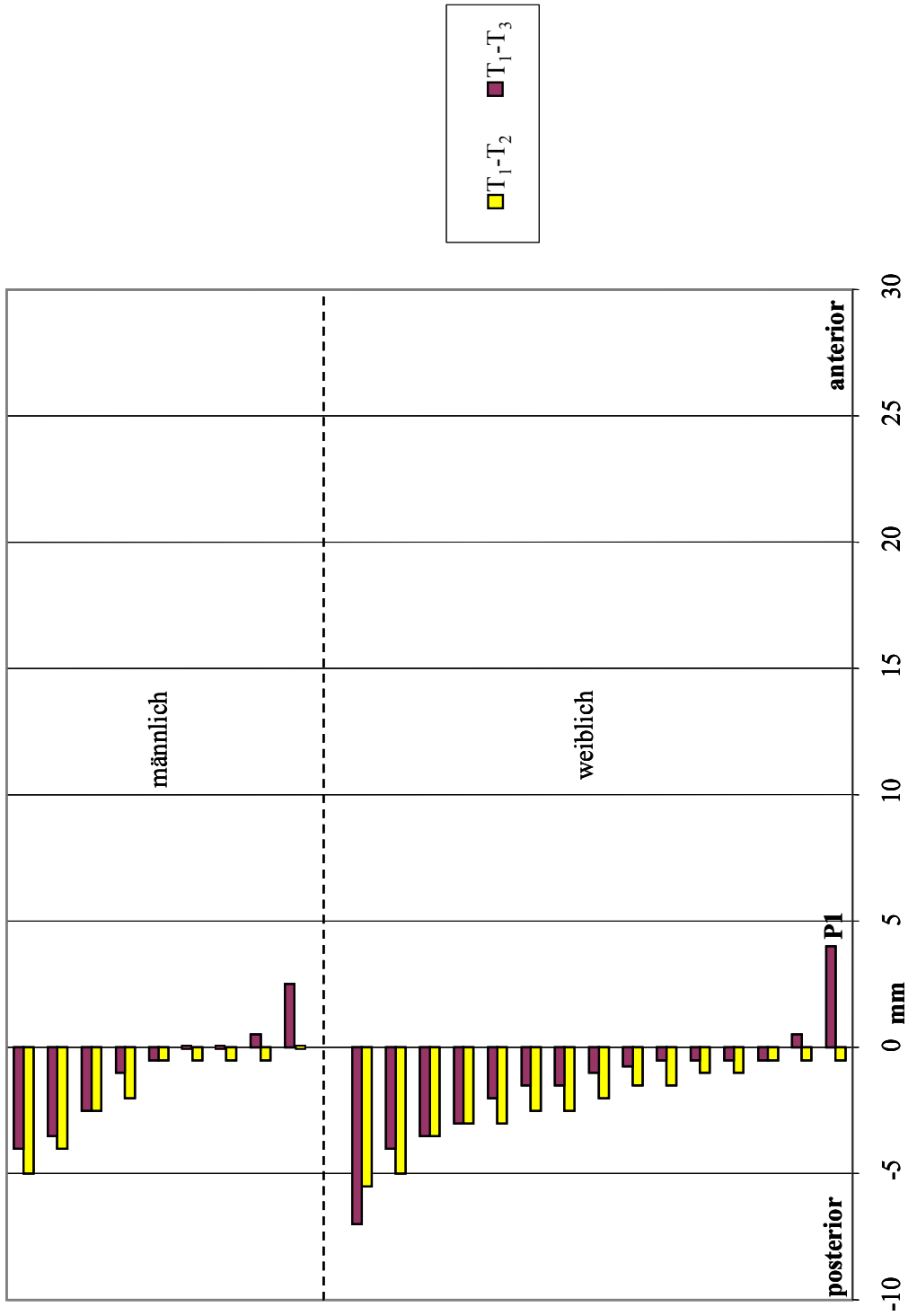


Abb. 14: Individuelle „effektive“ sagittale Kiefergelenksveränderungen (Co/RLp) bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche und 15 weibliche) während der Zeiträume T₁-T₂ und T₁-T₃. Aufsteigende Reihung der Werte in Bezug auf die Veränderungen während der Periode T₁-T₂. Die 0-Linie entspricht dem T₁-Wert. **PI** ist die Patientin, die nicht erfolgreich behandelt wurde.

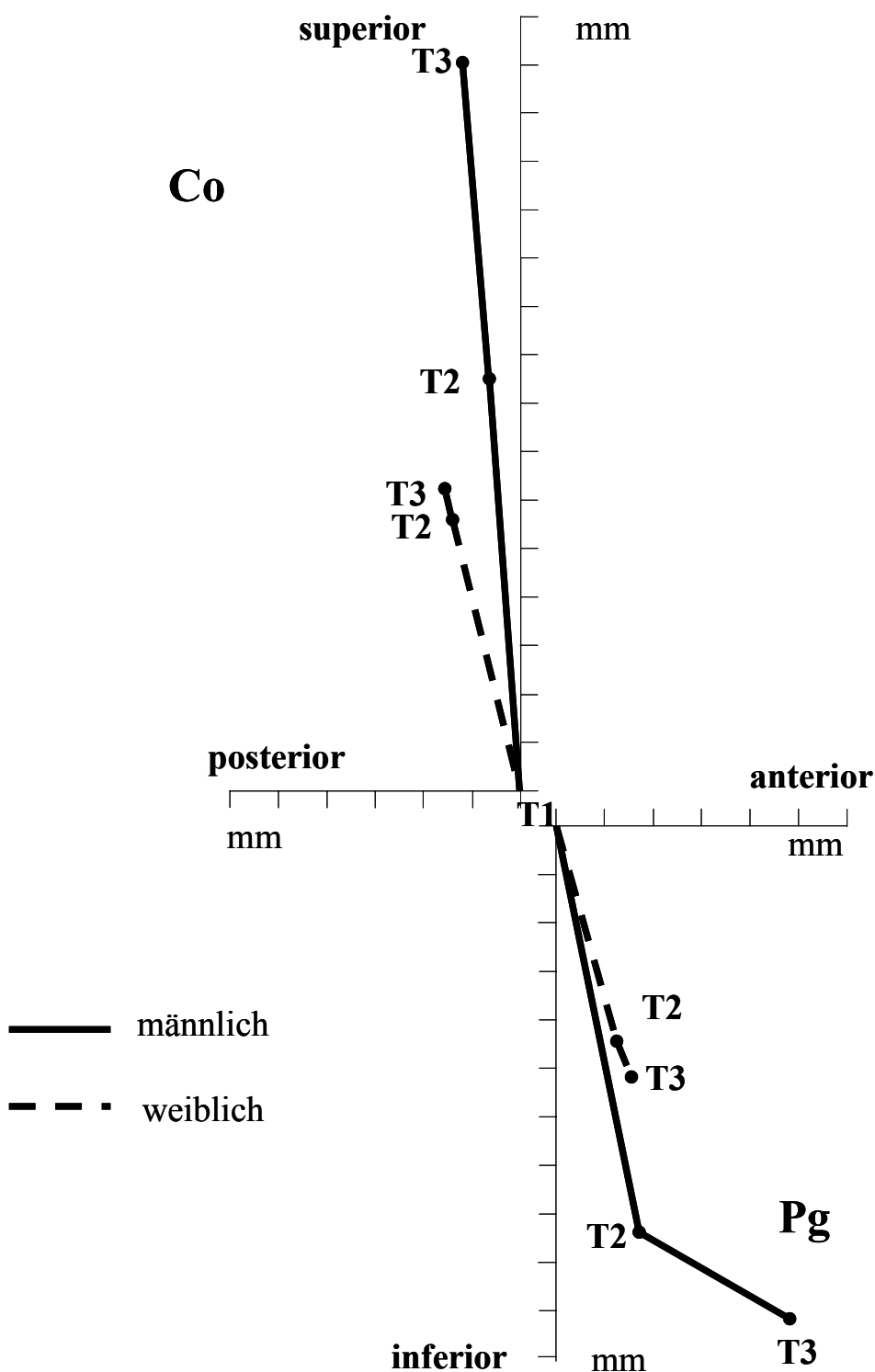


Abb. 15: „Effektive“ Kiefergelenks- und Kinnveränderungen. Vergleich der 9 männlichen und 15 weiblichen Probanden der Tip-Edge-Gruppe. Durchschnittliche Veränderung des Kiefergelenkpunktes (Co) und des Kinnpunktes (Pg) zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) in Bezug zum Befund vor der Behandlung (T1) (0-Punkt).

8.2 Kinnlageveränderungen (Pg-Punkt)

Tip-Edge-Gruppe

Männliche und weibliche Patienten zusammen

Behandlungsperiode (T1-T2)

Der Pg-Punkt verlagerte sich während der 2,6-jährigen Behandlungsperiode durchschnittlich 1,2 mm (n.s.) nach anterior und 6,0 mm ($p < 0,001$) nach inferior (Tab. 7, Abb. 11). Die Abb. 16, 17 und 18 zeigen die individuellen Veränderungen des Kinnpunktes Pg der 24 Patienten.

Nachuntersuchung (T2-T3)

Während der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode verlagerte sich der Pg-Punkt durchschnittlich 1,8 mm ($p < 0,05$) nach anterior und 1,0 mm (n.s.) nach inferior (Tab. 8).

Totale Untersuchungsperiode (T1-T3)

Der Pg-Punkt verlagerte sich während der 5-jährigen totalen Untersuchungsperiode durchschnittlich 3 mm ($p < 0,001$) nach anterior und 7 mm ($p < 0,001$) nach inferior (Tab. 9).

Tip-Edge-Gruppe

Vergleich männlicher und weiblicher Patienten

Behandlungsperiode (T1-T2)

Bezüglich der Richtung und des Ausmaßes der Veränderungen lag kein geschlechtsspezifischer Unterschied vor. Der Pg-Punkt verlagerte sich bei den männlichen Probanden während der 2,6-jährigen Behandlungsperiode durchschnittlich 0,2 mm (n.s.) weiter nach anterior und 3,9 mm ($p < 0,001$) weiter nach inferior als bei den weiblichen Probanden (Tab. 7, Abb. 16 und 17).

Nachuntersuchung (T2-T3)

Bezüglich der Richtung der Veränderungen während der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode lag kein geschlechtsspezifischer Unterschied vor. Bezüglich des Ausmaßes verlagerte sich der Pg-Punkt bei den männlichen Patienten durchschnittlich 3,0 mm ($p < 0,05$) weiter nach anterior und 1,4 mm ($p < 0,05$) weiter nach inferior (Tab. 8).

Totale Untersuchungsperiode (T1-T3)

Bezüglich der Richtung der Verlagerung des Pg-Punktes lag kein geschlechtsspezifischer Unterschied vor. Bezüglich des Ausmaßes verlagerte sich der Pg-Punkt der männlichen Patienten durchschnittlich 3,3 mm ($p < 0,05$) weiter nach anterior und 5,2 mm ($p < 0,001$) weiter nach inferior (Tab. 9).

Aktivator-Gruppe (Baltromejus; 1998)

Männliche und weibliche Patienten zusammen

Behandlungsperiode (T1-T2)

Der Pg-Punkt verlagerte sich während der 2,6-jährigen Behandlungsperiode durchschnittlich 4,3 mm ($p < 0,001$) nach anterior und 7 mm ($p < 0,001$) nach inferior (Tab. 10, Abb. 11).

Vergleich männlicher und weiblicher Patienten

Bezüglich der Richtung der Verlagerung des Pg-Punktes lag kein geschlechtsspezifischer Unterschied vor. Im Ausmaß der Veränderungen lag der Pg-Punkt bei den männlichen Probanden am Ende der Behandlungsperiode 0,8 mm (n.s.) weiter anterior und 1,8 mm ($p < 0,05$) weiter inferior als bei den weiblichen Probanden (Tab. 10, Abb. 11).

Herbst-Gruppe (Kohlhas; 1997)

Männliche und weibliche Patienten zusammen

Totale Untersuchungsperiode (T1-T3)

Der Pg-Punkt verlagerte sich in der Herbst-Gruppe während der 3,7-jährigen Untersuchungsperiode durchschnittlich 4,8 mm ($p < 0,001$) nach anterior und 8,1 mm ($p < 0,001$) nach inferior (Tab. 11, Abb. 11).

Vergleich männlicher und weiblicher Patienten

Bezüglich der Richtung der Verlagerung des Pg-Punktes lag kein geschlechtsspezifischer Unterschied vor. Beim Ausmaß der Verlagerung lag der Pg-Punkt bei den männlichen Probanden 3,2 mm ($p < 0,001$) weiter anterior und 3,7 mm ($p < 0,001$) weiter inferior als der Pg-Punkt der weiblichen Probanden (Tab. 11, Abb. 11).

Vergleich der Behandlungsperiode (T1-T2) zwischen der Tip-Edge- und der Aktivator-Gruppe

Bezüglich der Richtung der Verlagerung des Pg-Punktes waren keine Gruppenunterschiede zu erkennen. Im Vergleich zur Aktivator-Gruppe verlagerte sich der Pg-Punkt im Ausmaß bei den Patienten der Tip-Edge-Gruppe durchschnittlich 3,1 mm ($p < 0,001$) weniger nach anterior und 0,8 mm (n.s.) weniger nach inferior (Tab. 10, Abb. 11).

Vergleich der Behandlungsperiode (T1-T2) der Tip-Edge-Gruppe mit der totalen Untersuchungsperiode (T1-T2) der Herbst-Gruppe

Bezüglich der Richtung der Verlagerung des Pg-Punktes waren keine Gruppenunterschiede zu sehen. Es konnte festgestellt werden, dass in der Tip-Edge-Gruppe der Pg-Punkt sich im Ausmaß durchschnittlich 3,6 mm ($p < 0,001$) weniger nach anterior und 2,1 mm ($p < 0,01$) weniger nach inferior verlagert hat (Tab. 11, Abb. 11).

Tab. 7: Kinnlageveränderung. Veränderungen (MW, SD) der Variablen Pg/RLp und Pg/RL bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 15 weibliche) während der 2,6-jährigen Behandlungsperiode (T1-T2).

Variable	Gruppe	MW	SD	t
Pg/RLp (mm)	m	1,39	3,66	1,14
	w	1,13	4,50	0,98
	m+w	1,23	4,12	1,46
	m/w	0,26	-	0,16
Pg/RL (mm)	m	-8,44	3,32	-7,63
	w	-4,57	2,42	-7,06
	m+w	-6,02	3,33	-8,86
	m/w	-3,88	-	-3,75

*** entspricht $p < 0,001$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)

- inferiore Verlagerung von Pg (Pg/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)

- superiore Verlagerung von Pg (Pg/RL)

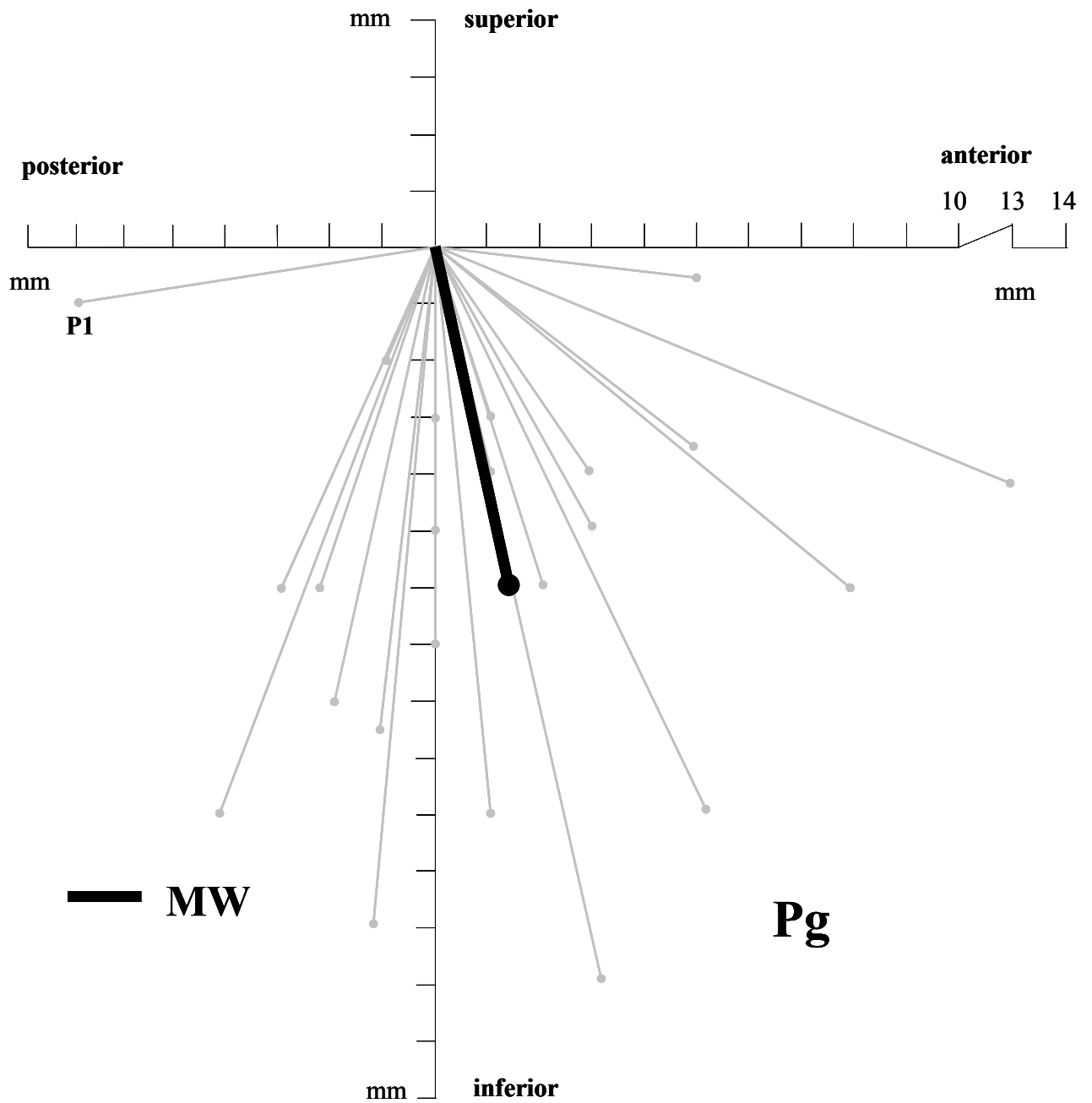


Abb. 16: Individuelle Kinnlageveränderungen (Pg) bei 24 Patienten, die mit einer Tip-Edge-Apparatur behandelt wurden. Veränderungen des Kinnpunktes (Pg) während der Behandlungsperiode (T2) in Bezug zum Befund vor der Behandlung (T1) (0-Punkt). **P1** ist die Patientin, die nicht erfolgreich behandelt wurde.

Tab. 8: Kinnlageveränderung. Veränderungen (MW, SD) der Referenzpunkte Pg/RLp und Pg/RL bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 15 weibliche) während der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode (T2-T3).

Variable	Gruppe	MW	SD	t
Pg/RLp (mm)	m	3,83	4,76	2,42 *
	w	0,67	2,09	1,23 n.s.
	m+w	1,85	3,60	2,52 *
	m/w	3,17	-	2,57 *
Pg/RL (mm)	m	-1,89	3,18	-1,78 n.s.
	w	-0,53	2,22	-0,90 n.s.
	m+w	-1,04	2,64	-1,93 n.s.
	m/w	-1,36	-	-1,40 *

* entspricht $p < 0,05$
n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)
- inferiore Verlagerung von Pg (Pg/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)
- superiore Verlagerung von Pg (Pg/RL)

Tab. 9: Kinnlageveränderung. Veränderungen (MW, SD) der Referenzpunkte Pg/RLp und Pg/RL bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 5 weibliche) während der 5,1-jährigen totalen Behandlungsperiode (T1-T3).

Variable	Gruppe	MW	SD	t
Pg/RLp (mm)	m	5,22	3,73	4,20 **
	w	1,80	3,23	2,16 *
	m+w	3,08	3,75	4,03 ***
	m/w	3,42	-	2,69 *
Pg/RL (mm)	m	-10,33	4,82	-6,43 ***
	w	-5,10	2,54	-7,79 ***
	m+w	-7,06	4,32	-8,00 ***
	m/w	-5,23	-	-3,97 ***

*** entspricht $p < 0,001$

** entspricht $p < 0,01$

* entspricht $p < 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)

- inferiore Verlagerung von Pg (Pg/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)

- superiore Verlagerung von Pg (Pg/RL)

Tab. 10: Kinnlageveränderung. Vergleich der Veränderungen der Variablen Pg/RLp und Pg/RL zwischen 24 Tip-Edge-Patienten und 40 Aktivator-Patienten während des Zeitraumes von vor der Behandlung bis nach Entfernung der Multibracket-Apparatur bzw. des Aktivators.

Variable	Gruppe	1 Tip-Edge (2,6 Jahre)		2 Aktivator (2,6 Jahre)		Vergleich Tip-Edge - Aktivator		
		MW (1)	SD	MW (2)	SD	MW (Δ^* 1-2)	t	
Pg / RLp	m	1,39	3,66	4,72	3,19	3,33	4,46	***
	w	1,13	4,50	3,97	2,70	2,84	3,99	n.s.
	m+w	1,23	4,12	4,29	2,94	3,06	4,21	**
Pg / RL	m	-8,44	3,32	-7,84	2,46	0,60	1,00	*
	w	-4,57	2,42	-6,07	2,38	-1,50	-2,77	***
	m+w	-6,02	3,33	-6,82	2,57	-0,80	-1,29	n.s.

*** entspricht $p < 0,001$

** entspricht $p < 0,01$

* entspricht $p < 0,05$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)

- inferiore Verlagerung von Pg (Pg/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)

- superiore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)

Tab. 11: Kinnlageveränderung. Vergleich der Veränderungen der Variablen Pg/RLp und Pg/RL zwischen 24 Tip-Edge-Patienten und 98 Herbst Patienten während des Zeitraumes von vor der Behandlung bis nach Entfernung der Tip-Edge-Apparatur bzw. nach Abschluss der totalen Untersuchungsperiode der Herbst-Patienten.

Variable	Gruppe	1 Tip-Edge (2,6 Jahre)		2 Herbst (3,7 Jahre)		Vergleich Tip-Edge -Herbst		
		MW (1)	SD	MW (2)	SD	MW (Δ^* 1-2)	t	
Pg / RLp	m	1,39	3,66	6,04	3,65	4,65	5,61	***
	w	1,13	4,50	2,86	2,84	1,73	2,36	*
	m+w	1,23	4,12	4,78	3,71	3,55	4,12	***
Pg / RL	m	-8,44	3,32	-9,58	2,86	-1,14	-1,69	n.s.
	w	-4,57	2,42	-5,87	3,15	-1,30	-1,90	n.s.
	m+w	-6,02	3,33	-8,1	3,49	-2,08	-2,64	*

*** entspricht $p < 0,001$

* entspricht $p < 0,05$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- posteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)

- inferiore Verlagerung von Pg (Pg/RL)

Positive Werte bedeuten:

- anteriore Verlagerung von Pg (Pg/RLp)

- superiore Verlagerung von Pg (Pg/RL)

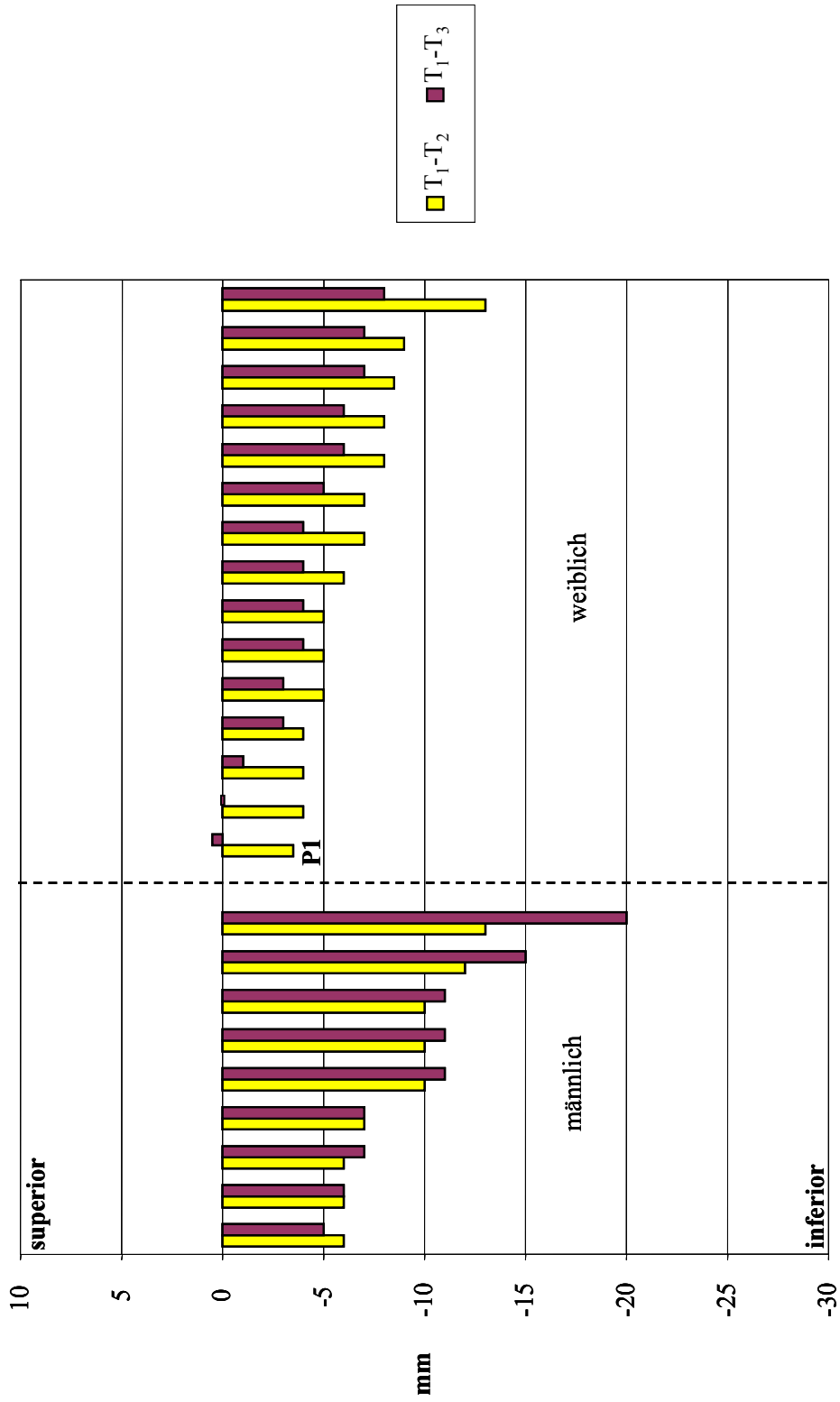


Abb. 17: Individuelle vertikale Kinnlageveränderungen (Pg/RL) bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche und 15 weibliche) während der Zeiträume T1-T2 und T1-T3. Aufsteigende Reihung der Werte in Bezug auf die Veränderungen während der Periode T1-T2. Die 0-Linie entspricht dem T1-Wert. **P1** ist die Patientin, die nicht erfolgreich behandelt wurde.

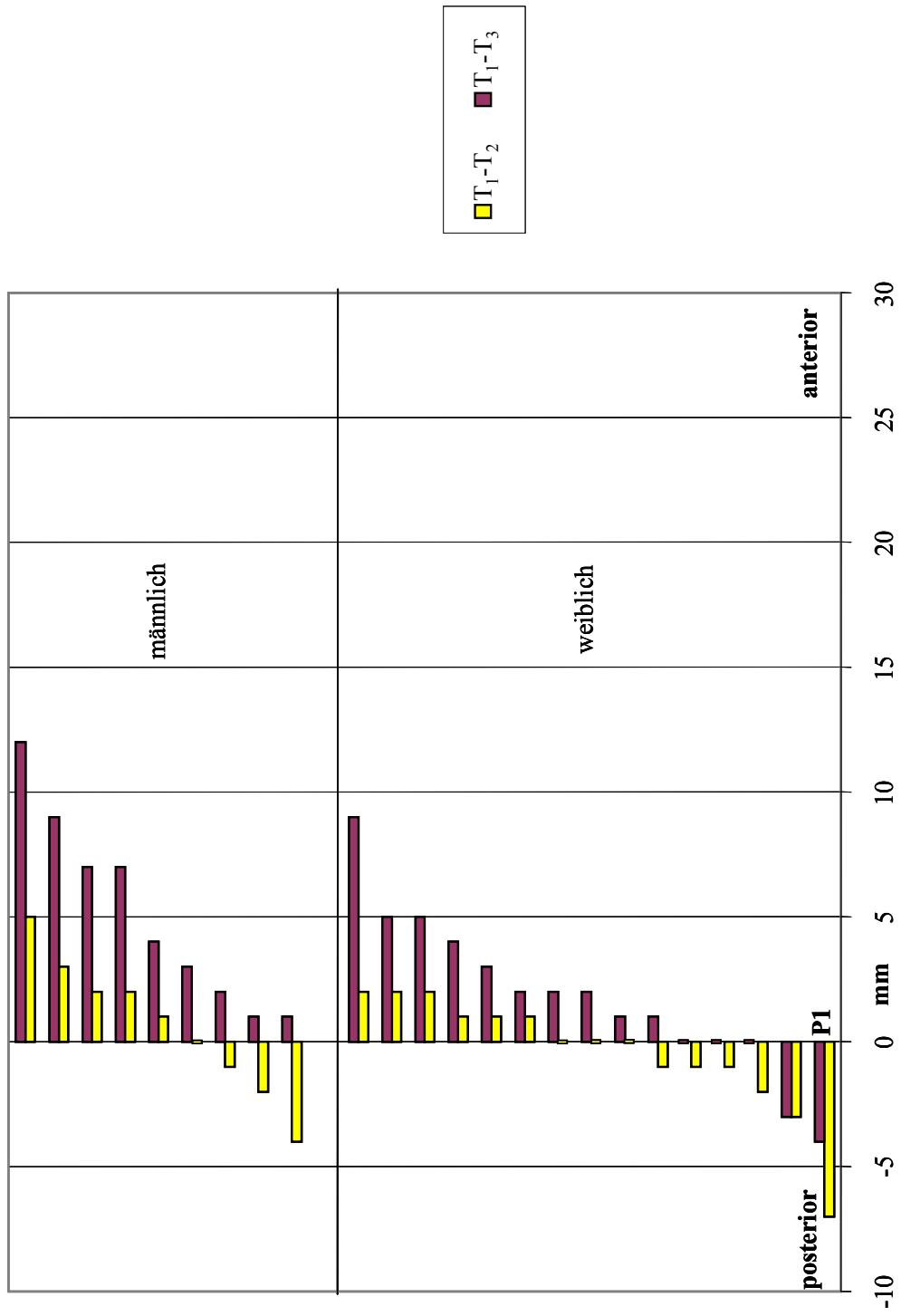


Abb. 18: Individuelle **sagittale** Kinnlageveränderungen (Pg/RLp) bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche und 15 weibliche) während der Zeiträume T1-T2 und T1-T3. Aufsteigende Reihung der Werte in Bezug auf die Veränderungen während der Periode T1-T2. Die 0-Linie entspricht dem T1-Wert. **P1** ist die Patientin, die nicht erfolgreich behandelt wurde.

8.3 Rotation des Unterkiefers (RL)

Tip-Edge-Gruppe

Männliche und weibliche Patienten zusammen

Behandlungsperiode (T1-T2)

Die RL-Linie rotierte in der 2,6-jährigen Behandlungsperiode durchschnittlich $0,1^\circ$ (n.s.) nach anterior (Tab. 12, Abb. 19). Die Abb. 20 und 21 zeigen die individuellen Rotationen des Unterkiefers der 24 Patienten.

Nachuntersuchungsperiode (T2-T3)

Die RL-Linie rotierte in der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode durchschnittlich $0,9^\circ$ (n.s.) nach anterior (Tab. 13).

Totale Untersuchungsperiode (T1-T3)

In der 5-jährigen totalen Untersuchungsperiode rotierte die RL-Linie durchschnittlich 1° (n.s.) nach anterior (Tab. 14). Die individuellen Werte aller Tip-Edge-Patienten sind in den Abb. 20 und 21 dargestellt.

Tip-Edge-Gruppe

Vergleich männlicher und weiblicher Patienten

Behandlungsperiode (T1-T2)

In der 2,6-jährigen Behandlungsperiode lag ein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich der Rotationsrichtung vor. Die Referenzlinie der männlichen Patienten rotierte nach anterior und die der weiblichen nach posterior. Bezüglich des Ausmaßes der Veränderungen rotierte die Referenzlinie der männlichen Patienten $0,7^\circ$ (n.s.) mehr nach anterior als die der weiblichen Probanden (Tab. 12, Abb. 22).

Nachuntersuchung (T2-T3)

In der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode lag ein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich der Rotationsrichtung vor. Dabei rotierte die Referenzlinie der männlichen Patienten nach anterior und die der weiblichen nach posterior. Im Ausmaß der Veränderungen rotierte die RL der männlichen Patienten durchschnittlich $2,4^\circ$ ($p < 0,001$) weiter nach anterior als die der weiblichen Patienten (Tab. 13).

Totale Untersuchungsperiode (T1-T3)

Bezüglich der Richtung der Veränderung der Referenzlinie lag ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern vor. Dabei rotierte die RL der männlichen Patienten durchschnittlich $2,8^\circ$ ($p < 0,05$) nach anterior und die der weiblichen $0,1^\circ$ (n.s.) nach posterior. Die Differenz des Ausmaßes der verschiedenen Rotationsrichtungen lag bei $2,9^\circ$ ($p < 0,01$) (Tab. 14).

Aktivator-Gruppe, (Baltromejus; 1998)

Männliche und weibliche Patienten zusammen

Totale Untersuchungsperiode (T1-T2)

Die RL-Linie rotierte während der 2,6-jährigen Behandlungsperiode um $1,8^\circ$ ($p < 0,001$) nach anterior (Tab. 15, Abb. 19).

Vergleich männlicher und weiblicher Patienten

Sowohl in der Richtung als auch im Ausmaß der Veränderung der RL konnte kein statistisch signifikanter Geschlechtsunterschied gezeigt werden (Tab. 15, Abb. 19).

Herbst-Gruppe, (Kohlhas; 1997)

Männliche und weibliche Patienten zusammen

Totale Untersuchungsperiode (T1-T3)

Im Verlauf der totalen Untersuchungsperiode kam es zu einer anterioren Rotation des Unterkiefers von durchschnittlich $0,2^\circ$ (n.s.) (Tab. 16, Abb. 19).

Vergleich männlicher und weiblicher Patienten

Bezüglich der Richtung gab es einen signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied. Die Referenzlinie der männlichen Patienten rotierte nach anterior und die der weiblichen nach posterior. Im Ausmaß rotierte die RL der männlichen Patienten durchschnittlich $0,7^\circ$ (n.s.) weiter nach anterior als die der weiblichen Patienten (Tab. 16, Abb. 19).

Vergleich der Behandlungsperiode (T1-T2) zwischen der Tip-Edge- und der Aktivator-Gruppe

Bezüglich der Richtung der Rotation gab es keine Unterschiede zwischen Tip-Edge- und Aktivator-Gruppe. Bezüglich des Ausmaßes rotierte die RL-Linie der Tip-Edge-Gruppe im Vergleich zur Aktivator-Gruppe durchschnittlich $1,7^\circ$ ($p < 0,001$) weniger nach anterior (Tab. 15, Abb. 19).

Vergleich der Behandlungsperiode (T1-T2) der Tip-Edge-Gruppe mit der totalen Untersuchungsperiode (T1-T2) der Herbst-Gruppe

Bezüglich der Richtung der Rotation gab es keine Unterschiede zwischen Tip-Edge- und Herbst-Gruppe. Bezüglich des Ausmaßes rotierte die RL-Linie der Tip-Edge-Gruppe im Vergleich zur Herbst-Gruppe durchschnittlich $0,2^\circ$ (n.s.) weniger nach anterior. (Tab. 16, Abb. 19).

Tab. 12: Unterkieferrotation. Veränderungen (MW, SD) der Referenzlinie RL bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 15 weibliche) während der 2,4-jährigen Behandlungsperiode (T1-T2).

Variable	Gruppe	MW	SD	t
RL(Grad)	m	-0,50	2,32	-0,65
	w	0,22	1,80	0,36
	m+w	-0,05	1,99	-0,08
	m/w	-0,72	-	-0,96

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- anteriore Rotation der RL- Linie

Positive Werte bedeuten:

- posteriore Rotation der RL-Linie

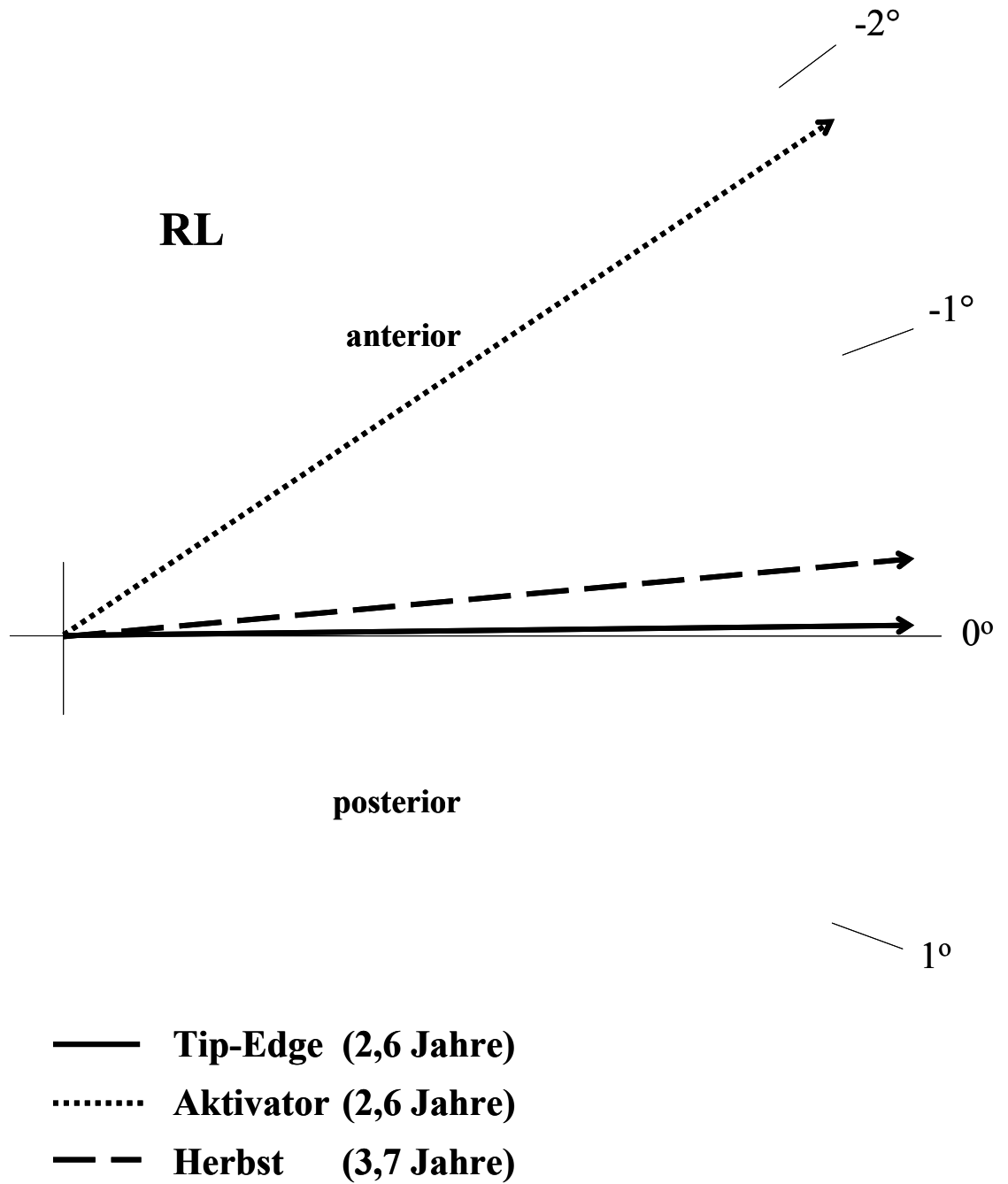


Abb. 19: Rotation des Unterkiefers (RL). Vergleich von Patienten (männlich + weiblich), die mit Tip-Edge (n= 24), Aktivator (n= 40) und Herbst-Apparatur (n= 98) behandelt wurden.

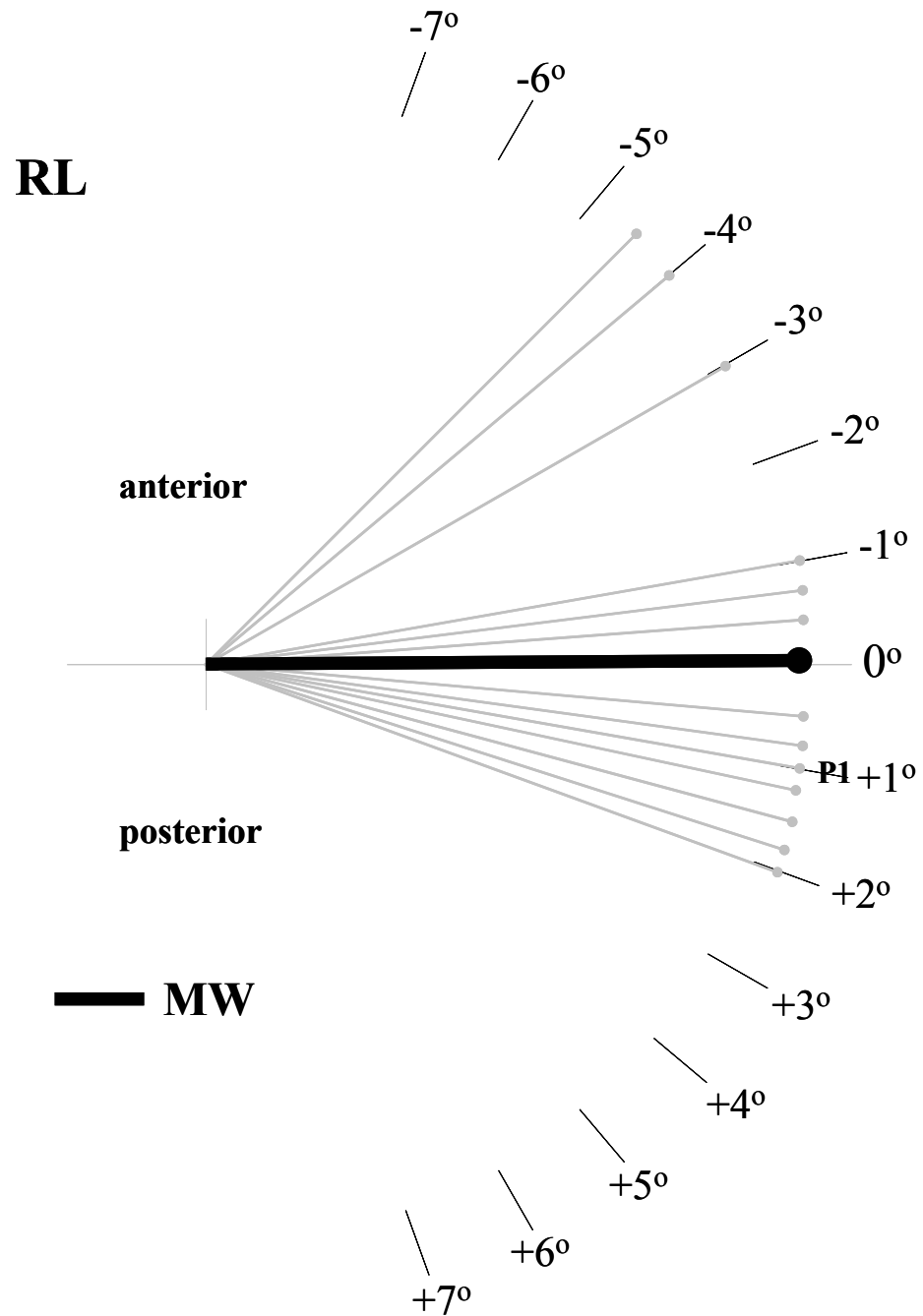


Abb. 20: Individuelle Rotation des Unterkiefers (RL) bei den 24 Patienten, die mit einer Tip-Edge-Apparatur behandelt wurden. Veränderung der Referenzlinie (RL) zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) in Bezug zum Befund von vor der Behandlung (T1) (0°-Linie). P1 ist die Patientin, die nicht erfolgreich behandelt wurde.

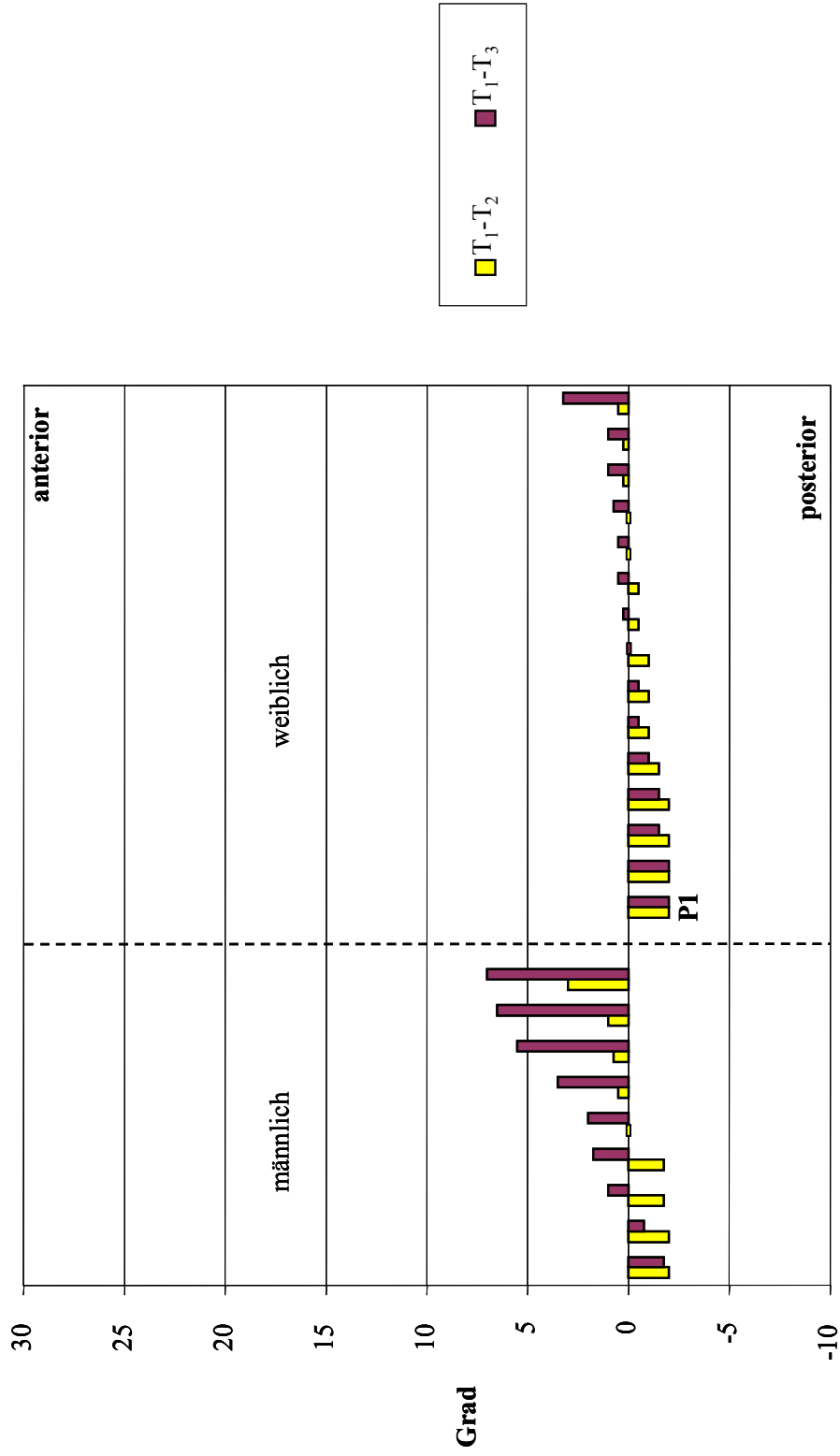


Abb. 21: Individuelle Werte der **Unterkieferrotation (RL)** bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männlichen und 15 weiblichen) während der Zeiträume T1-T2 und T1-T3. Aufsteigende Reihung der Werte nach den Veränderungen während der Periode T1-T2. Die 0-Linie entspricht dem T1-Wert. **P1** ist die Patientin, die nicht erfolgreich behandelt wurde.

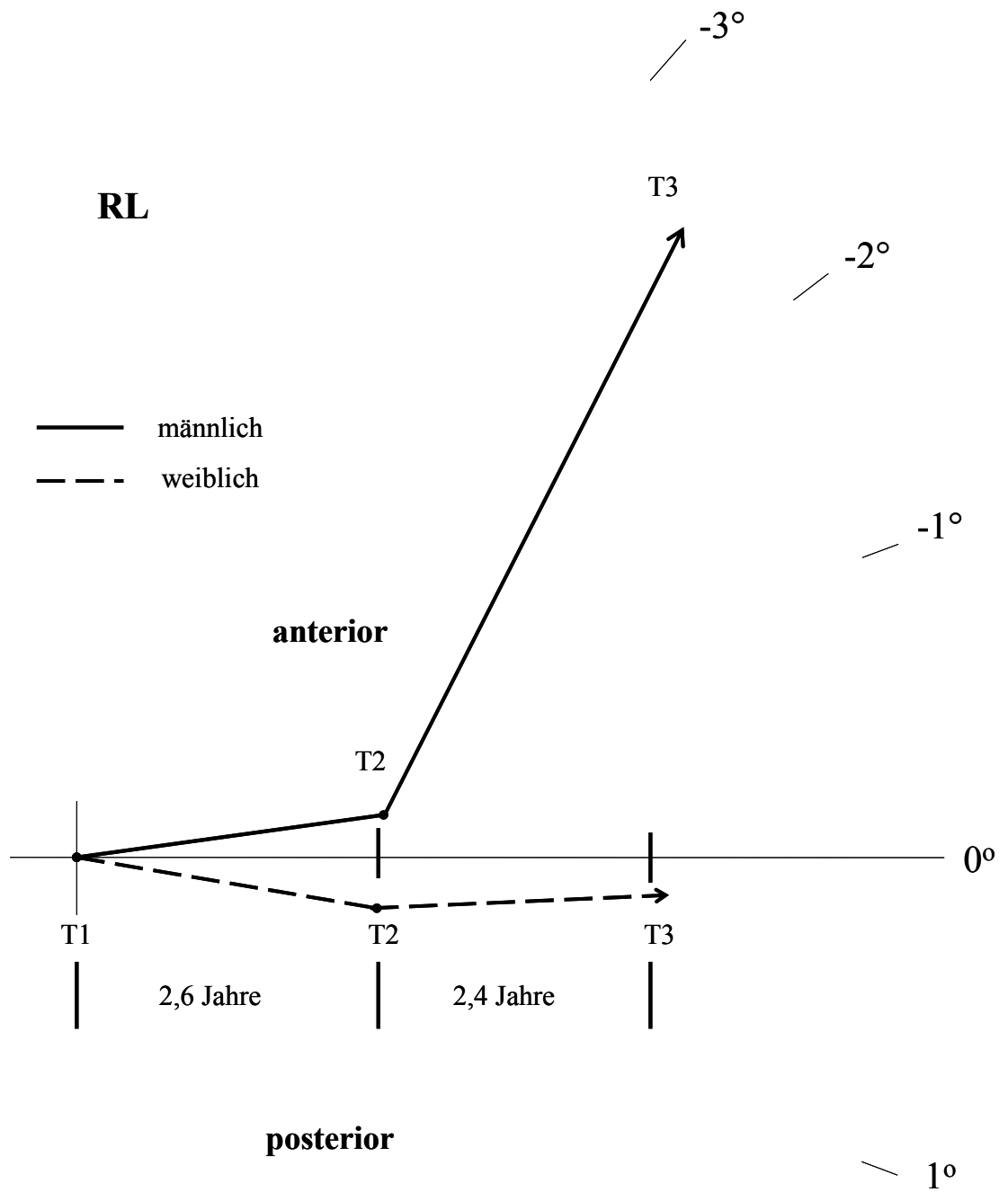


Abb. 22: Rotation des Unterkiefers. Vergleich der männlichen und weiblichen Probanden in der Tip-Edge-Gruppe. Durchschnittliche Veränderung der Referenzlinie (RL) zum Zeitpunkt nach Behandlung (T2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) in Bezug zum Befund von vor der Behandlung (T1) (0°Linie).

Tab. 13: Unterkieferrotation. Veränderungen (MW, SD) der Referenzlinie (RL) bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 15 weibliche) während der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode (T2-T3).

Variable	Gruppe	MW	SD	t
RL (Grad)	m	-2,25	2,32	-2,92 *
	w	0,12	0,96	0,47 n.s.
	m+w	-0,92	1,88	-2,39 *
	m/w	-2,37	-	-4,00 ***

*** entspricht $p < 0,001$

* entspricht $p < 0,05$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- anteriore Rotation der RL-Linie

Positive Werte bedeuten:

- posteriore Rotation von RL-Linie

Tab. 14: Unterkieferrotation. Veränderungen (MW, SD) der Referenzlinie bei 24 Tip-Edge-Patienten (9 männliche, 15 weibliche) während der 5-jährigen totalen Behandlungsperiode (T1-T3).

Variable	Gruppe	MW	SD	t
RL (Grad)	m	-2,75	3,01	-2,74 *
	w	0,10	1,61	0,24 n.s.
	m+w	-0,97	2,59	-1,83 n.s.
	m/w	-2,85	-	-3,45 **

** entspricht $p < 0,01$

* entspricht $p < 0,05$

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- anteriore Rotation der RL-Linie

Positive Werte bedeuten:

- posteriore Rotation der RL-Linie

Tab. 15: Unterkieferrotation. Vergleich der Veränderungen der Variable RL zwischen 24 Tip-Edge-Patienten und 40 Aktivator-Patienten während des Zeitraumes von vor der Behandlung bis nach Entfernung der Multibracket-Apparatur bzw. des Aktivators.

Variable	Gruppe	1 Tip-Edge (2,6 Jahre)		2 Aktivator (2,6 Jahre)		Vergleich Tip-Edge - Aktivator		
		MW (1)	SD	MW (2)	SD	MW (Δ^* 1-2)	t	
RL	m	-0,50	2,32	-1,66	2,46	-1,16	-2,10	*
	w	0,22	1,80	-1,88	1,79	-2,10	-5,15	***
	m+w	-0,05	1,99	-1,79	2,10	-1,74	-3,68	***

*** entspricht $p < 0,001$

* entspricht $p < 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- anteriore Rotation der RL-Linie

Positive Werte bedeuten:

- posteriore Rotation der RL-Linie

Tab. 16: Unterkieferrotation. Vergleich der Veränderungen der Variable RL zwischen 24 Tip-Edge-Patienten und 98 Herbst Patienten während des Zeitraumes von vor der Behandlung bis nach Entfernung der Tip-Edge-Apparatur bzw. nach Abschluss der totalen Untersuchungsperiode der Herbst-Patienten.

Variable	Gruppe	1 Tip-Edge (2,6 Jahre)		2 Herbst (3,7 Jahre)		Vergleich Tip-Edge-Herbst	
		MW (1)	SD	MW (2)	SD	MW (Δ^* 1-2)	t
RL	m	-0,50	2,32	-0,49	1,91	-0,01	-0,02
	w	0,22	1,80	0,19	1,50	0,03	0,08
	m+w	-0,05	1,99	-0,22	1,81	-0,17	-0,40

n.s. entspricht $p \geq 0,05$

Negative Werte bedeuten:

- anteriore Rotation der RL-Linie

Positive Werte bedeuten:

- posteriore Rotation der RL-Linie

9 Diskussion

9.1 Probanden

Das Probandengut der Tip-Edge-Gruppe war mit 24 Patienten klein, aber ausreichend groß für eine statistische Auswertung. Bis auf eine Patientin (**P1**) konnten alle Patienten erfolgreich behandelt werden. Die Streuung des Alters der Patienten war groß und lag zwischen 9,1 und 23,8 Jahren, wobei die Patientin **P1** mit 23,8 Jahren 7,5 Jahre älter war als der zweitälteste Patient im Probandengut. Ohne Berücksichtigung der Patientin **P1** läge somit die Streuung des Alters zwischen 9,1 und 16,3 Jahren. Alle Patienten erhielten eine einheitliche Behandlung. Die Behandlungszeit variierte sehr und lag zwischen 3,4 und 7,5 Jahren. 40 Patienten, die erfolgreich mit einem Aktivator und 98 Patienten, die erfolgreich mit einer Herbst-Apparatur behandelt wurden, dienten als Vergleichsgruppen.

9.2 Methode

Die verwendete Auswertungsmethode der FRS nach Creekmore (1967) hat mehrere Vorteile. Zum einen, wie schon erwähnt, dass die Bestimmung des kaum oder gar nicht zu erkennenden Kondylus des Unterkiefers auf dem FRS umgangen werden kann, indem ein arbiträrer Punkt (Co-Punkt) in der Nähe des Kondylus festgelegt wird und zum anderen, dass alle Veränderungen des Kiefergelenkes (das kondyläre Wachstum, die Umbauprozesse in der Fossa glenoidalis und eine funktionelle Vorverlagerung des Kondylus in der Fossa) zusammengefasst und quantitativ bestimmt werden können.

Durch die Überlagerung der Röntgenbilder über die stabilen Knochenstrukturen des Unterkiefers (Björk, 1963) und durch die Übertragung der Referenzlinie (RL) vom ersten Röntgenbild auf die anderen Bilder eines Patienten entspricht die RL-Linie in jedem Röntgenbild einer künstlichen Implantatlinie (Björk und Skieller, 1969), mit welcher die Rotation des Unterkiefers, unbeeinflusst von Umbauprozessen am Unterkieferunterrand, gemessen werden kann.

Hultgren et al. (1978) sowie Solow (1980) konnten zeigen, wie es zur sogenannten Autorotation des Unterkiefers kommt. Dabei ist es entscheidend, wie die vordere Gesichtshöhe, beeinflusst durch das Wachstum des maxillären Komplexes und der Alveolarfortsätze im Ober- und Unterkiefer, und die hintere Gesichtshöhe, beeinflusst durch das Wachstum des Kondylus und der Fossa glenoidalis, sich zueinander verhalten. Ist nun das Wachstum der vorderen Gesichtshöhe größer als das der hinteren Gesichtshöhe, so kommt es zu einer posterioren Rotation des Unterkiefers (Abb. 10). Ist hingegen das Wachstum der hinteren Gesichtshöhe größer als das Wachstum der vorderen Gesichtshöhe, so kommt es zu einer anterioren Rotation des Unterkiefers.

9.3 Ergebnisse

Betrachtet man die Veränderungen des Pg-Punktes, so fällt auf, dass sie ein Spiegelbild der Kiefergelenksveränderungen sind, wenn keine Autorotation des Unterkiefers stattfindet (Panherz et al., 1998). In Abb. 23 sind als Beispiel die „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen und die daraus resultierende Kinnlageveränderung von Patient Nr. 18 dargestellt. Man sieht deutlich die spiegelbildlichen Veränderungen des Co- und des Pg-Punktes während des 2,6-jährigen Behandlungszeitraumes in dem keine Unterkieferrotation stattfand. Während der Nachuntersuchungsperiode von 2,4 Jahren verlagert sich jedoch der Pg-Punkt im Vergleich zum Co-Punkt weiter nach anterior. Dies ist auf die anteriore Rotation des Unterkiefers zurückzuführen, die bei Patient Nr. 18 in diesem Zeitraum auftrat.

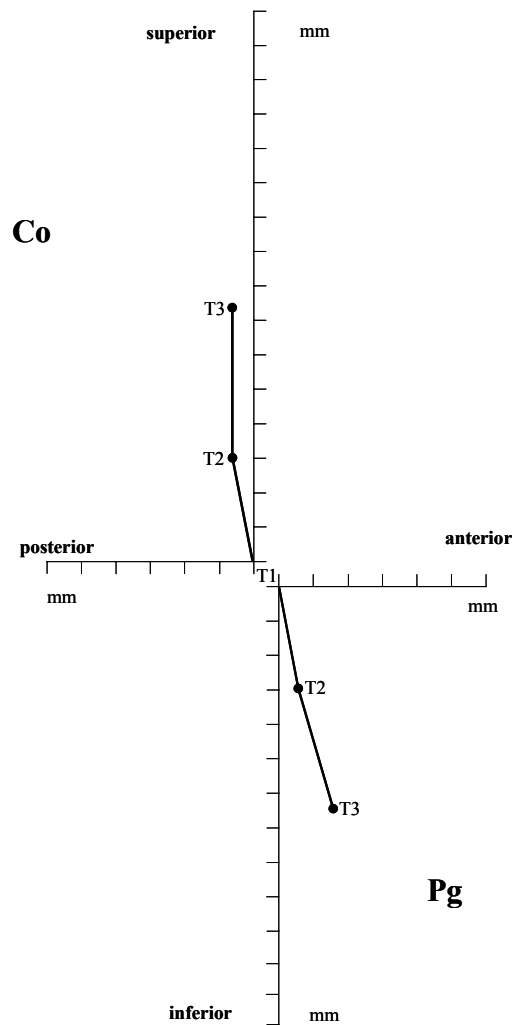


Abb. 23: Spiegelbildliche Veränderung des Kinnpunktes (Pg) im Vergleich zu den „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen (Co) während des Zeitraumes **T1-T2**. Anteriore Positionsveränderung des Pg-Punktes aufgrund der anterioren Rotation des Unterkiefers während des Zeitraumes **T2-T3**. Patient Nr. 18 ist hier dargestellt.

Die günstigste Wachstumsrichtung des Kondylus für eine Klasse II Korrektur ist posterior (Ruf et al., 2001, Baltromejus, 2002 und Pancherz und Fischer, 2003). Ruf et al. (2001) konnten bei einem Vergleich von Aktivator-Patienten und unbehandelten Patienten mit Idealokklusion (Bolton-Standards) (Broadbent et al., 1975) feststellen, dass der Aktivator zu einer Wachstumsstimulation im Kiefergelenk nach superior führt. Bei der Herbst-Apparatur konnte dagegen gezeigt werden, dass

eine Wachstumsstimulation im Kiefergelenk in posteriorer Richtung stattfindet (Pancherz und Littmann, 1989). Die ermittelten „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen bei der Tip-Edge-Gruppe waren vorwiegend nach superior gerichtet und somit für die Therapie einer Klasse II eher ungünstig. Trotzdem hatten bis auf eine Patientin (P1) alle Patienten bzw. Patientinnen eine Klasse I Verzahnung nach der Behandlung. Dies führt zur Vermutung, dass die Korrektur der Klasse II während der Tip-Edge-Behandlung hauptsächlich dental anstatt skelettal bedingt sein muss.

Im Vergleich zur Aktivator- und Herbst-Gruppe waren die Veränderungen des Co- und damit auch des Pg-Punktes in der Tip-Edge-Gruppe während des 2,6-jährigen Behandlungszeitraumes bzw. der 3,7-jährigen totalen Untersuchungsperiode im Durchschnitt aber mehr nach superior als nach posterior gerichtet. Dieser signifikante Unterschied zwischen den Gruppen könnte damit erklärt werden, dass in der Tip-Edge-Gruppe der Unterkiefer während der Behandlung nicht aktiv nach anterior vorverlagert wurde, wie beim Aktivator und bei der Herbst-Apparatur. Bei der Beurteilung der Behandlungsveränderungen kommt zusätzlich noch hinzu, dass die Ergebnisse der Aktivator- und der Tip-Edge-Therapie von der Mitarbeit des Patienten abhängen, die der Herbst-Behandlung aber nicht.

Ob es bei der Tip-Edge-Apparatur mit Klasse II-Gummizügen zu einer Wachstumsstimulation im Kiefergelenk kommt, konnte in dieser Untersuchung nicht festgestellt werden, da hier nur die Wachstumsveränderungen im Vergleich zur Herbst- und Aktivator-Gruppe gezeigt werden konnten.

Bei der Deutung der Behandlungseffekte der drei Behandlungsmethoden müssen die unterschiedlichen Behandlungs- bzw. Untersuchungszeiträume berücksichtigt werden. Beim Vergleich der Behandlungszeit zwischen der Tip-Edge- und der Aktivator Gruppe bestand mit jeweils 2,6 Jahren kein Unterschied, beim Vergleich der Tip-Edge- mit der Herbst-Apparatur jedoch schon. Hierbei betrug der aktive Behandlungszeitraum bei der Tip-Edge-Gruppe 2,6 Jahre im Vergleich zu 0,6 Jahren bei der Herbst-Gruppe. Um einen besseren Vergleich aller drei Behandlungsgeräte zu haben, wäre es von Vorteil gewesen, wenn die Patienten der Herbst-Gruppe 2,6 Jahre aktiv behandelt oder die Aktivator- und die Tip-Edge Patienten nach 0,6 Jahren

untersucht worden wären. Ein Vergleich der Tip-Edge- mit der Herbst-Gruppe 2,6 Jahre bzw. 0,6 Jahre nach Behandlungsbeginn führt dazu, dass das natürliche Kondyluswachstum, welches nach der aktiven Behandlung bei der Herbst-Gruppe weiter vorhanden wäre, nicht berücksichtigt wird, bei der Tip-Edge-Gruppe aber doch. Deswegen wurde in dieser Studie zu den 0,6 Jahren aktiver Herbst-Behandlung eine 3,1-jährige Nachuntersuchungsperiode herangezogen, um das natürliche Wachstum der Herbst-Patienten mit zu berücksichtigen.

Da die Behandlungsgeräte zu unterschiedlichen Alterszeitpunkten der Patienten eingesetzt wurden, ist ein direkter Vergleich der drei Gruppen wegen der möglichen unterschiedlichen skelettalen Reife und der damit verbundenen unterschiedlichen Wachstumsintensität schwierig. Hägg und Taranger zeigten 1980, dass Altersunterschiede innerhalb eines Geschlechtes von nur 0,5 Jahren einer anderen skelettalen Reife entsprechen können, und dass geschlechtsspezifische Unterschiede vorliegen, bei denen die weiblichen Probanden den männlichen Probanden in der skelettalen Reife immer etwas voraus sind.

Beim Geschlechtervergleich konnte festgestellt werden, dass die männlichen Patienten in der 2,6-jährigen Behandlungsperiode ein mehr nach superior gerichtetes Kondyluswachstum aufwiesen als die weiblichen. Das Ausmaß des Wachstums war bei den männlichen Patienten in der Variablen Co/RL signifikant höher als bei den weiblichen Patienten. Dies lag sicherlich daran, dass die männlichen Patienten sich in einer aktiveren Wachstumsphase als die weiblichen befanden.

Während der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode wiesen die männlichen im Vergleich zu den weiblichen Patienten der Tip-Edge-Gruppe auch eine stärker nach superior gerichtete Positionsveränderung des Co-Punktes auf. Der Pg-Punkt veränderte sich jedoch in dieser Phase mehr nach anterior, was mit der signifikant stärkeren anterioren Unterkieferrotation der männlichen Patienten im Vergleich zu den weiblichen erklärt werden kann.

Eine anteriore Rotation der RL-Linie und somit des Unterkiefers ist für die Behandlung einer Klasse II wünschenswert, da dadurch das Kinn relativ mehr nach

anterior verlagert wird (Pancherz et al., 1998). Die Unterkieferrotation spielte jedoch für die Kinnlageveränderungen in der Tip-Edge-Gruppe aufgrund des minimalen Ausmaßes nur eine untergeordnete Rolle, zumal große interindividuelle Unterschiede vorlagen.

Unabhängig von dem Ausmaß der Unterkieferrotation rotierte die RL-Linie der männlichen Tip-Edge-Patienten während des 2,6-jährigen Behandlungszeitraumes nach anterior und die der weiblichen nach posterior. Ähnliche Ergebnisse lagen bei der Aktivator- und der Herbst-Gruppe vor. Diese Unterschiede in der Rotationsrichtung können nicht erklärt werden. Es wurde zunächst angenommen, dass die männlichen Tip-Edge-Patienten einen kleineren Mandibularbasiswinkel (ML/NSL) aufwiesen als die weiblichen, was die Vermutung zulässt, dass es zu einer horizontalen Wachstumsentwicklung und somit zu einer anterioren Rotation der Mandibula kommt. Bei der Auswertung des ML/NSL-Winkels aller 24 Tip-Edge-Patienten konnte dies allerdings nicht bestätigt werden.

10 Schlussfolgerung

- 1) Die Kinnlageveränderungen (Pg-Punkt) während und nach der Tip-Edge-Behandlung waren direkt abhängig von den „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen (Co-Punkt). Während der aktiven Behandlung kam es praktisch zu spiegelbildlichen Veränderungen der beiden Punkte, weil keine Rotation des Unterkiefers auftrat. Nach der Behandlung konnte aufgrund der anterioren Rotation des Unterkiefers eine Abweichung des Pg-Punktes im Vergleich zum Co-Punkt nach anterior beobachtet werden.
- 2) *Während des 2,6-jährigen Behandlungszeitraumes* wiesen die männlichen im Vergleich zu den weiblichen Patienten der Tip-Edge-Gruppe eine mehr nach superior gerichtete Positionsveränderung des Co-Punktes und damit eine mehr nach inferior gerichtete Positionsveränderung des Pg-Punktes auf. Der Unterkiefer rotierte in dieser Zeit bei den männlichen Tip-Edge-Patienten im Ausmaß unbedeutend nach anterior und bei den weiblichen auch unbedeutend, aber in entgegengesetzter Richtung nach posterior. Für dieses Phänomen konnte keine Erklärung gefunden werden.

Während der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode wiesen die männlichen im Vergleich zu den weiblichen Patienten der Tip-Edge-Gruppe eine mehr nach superior gerichtete Positionsveränderung des Co-Punktes auf. Der Pg-Punkt verlagerte sich jedoch in dieser Phase mehr nach anterior, was mit der signifikant stärkeren anterioren Rotation der Mandibula der männlichen Patienten im Vergleich zu den weiblichen erklärt werden kann. Dies könnte daran liegen, dass die männlichen Patienten grundsätzlich ein anderes Wachstumsmuster hatten als die weiblichen.

- 3) Der Punkt Co der Tip-Edge-Gruppe verlagerte sich im Vergleich zur Aktivator- und Herbst-Gruppe mehr nach superior, welches zu einer stärkeren Veränderung des Pg-Punktes nach inferior führte. Dies wirkt sich für die Behandlung einer Klasse II-Dysgnathie skelettal weniger positiv aus. Der fehlende „Jumping the Bite“-Effekt bei der Tip-Edge-Behandlung könnte im

Vergleich zu Aktivator- und Herbst-Behandlung der Grund für diesen Unterschied sein.

11 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war, das Ausmaß und die Richtung der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen (= Summe der Wachstumsveränderungen des Kondylus, der Fossa sowie die Lageveränderung des Kondylus in der Fossa) und Kinnlageveränderungen, sowie die Rotation des Unterkiefers bei 24 Klasse II:1 Patienten (9 männliche und 15 weibliche), die im Durchschnitt 2,6 Jahre mit einer Tip-Edge-Apparatur und Klasse II-Gummizügen behandelt wurden, zu ermitteln.

Fernröntgenseitenbilder von vor, nach und durchschnittlich 2,4 Jahre nach Abschluss der Tip-Edge-Behandlung wurden ausgewertet.

40 Klasse II:1-Patienten, welche erfolgreich mit einem Aktivator und 98 Klasse II:1 Patienten, welche erfolgreich mit einer Herbst-Apparatur behandelt wurden, standen zum Vergleich über einen Zeitraum von durchschnittlich 2,6 bzw. 3,7 Jahren zur Verfügung.

Es konnte festgestellt werden, dass während der Tip-Edge-Behandlung die Kinnlageveränderungen ein Spiegelbild der „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen waren, da keine Rotation des Unterkiefers vorlag (männliche und weibliche Patienten zusammen). Nach der Behandlung erfolgte eine Rotation des Unterkiefers nach anterior und somit kam es relativ gesehen zu einer stärker nach anterior gerichteten Verlagerung des Kinns.

Während des 2,6-jährigen Behandlungszeitraumes wiesen die männlichen Patienten im Vergleich zu den weiblichen Patienten der Tip-Edge-Gruppe eine mehr nach superior gerichtete Positionsveränderung des Co-Punktes und damit eine mehr nach inferior gerichtete Positionsveränderung des Pg-Punktes auf. Der Unterkiefer rotierte in dieser Zeit bei den männlichen Tip-Edge-Patienten im Ausmaß unbedeutend nach anterior und bei den weiblichen unbedeutend, aber in der Richtung entgegengesetzt, nach posterior.

Während der 2,4-jährigen Nachuntersuchungsperiode wiesen die männlichen im Vergleich zu den weiblichen Patienten der Tip-Edge-Gruppe eine mehr nach superior gerichtete Positionsveränderung des Co-Punktes auf. Der Pg-Punkt der männlichen Patienten verlagerte sich jedoch in dieser Phase mehr nach anterior als der der weiblichen, was mit einer signifikanten anterioren Rotation der Mandibula der männlichen Patienten erklärt werden kann. Dies könnte daran liegen, dass die männlichen Patienten grundsätzlich ein anderes Wachstumsmuster hatten als die weiblichen.

Bei den Aktivator- und Herbst-Patienten waren die „effektiven“ Kiefergelenksveränderungen mehr nach posterior und die Kinnlageveränderungen mehr nach anterior gerichtet als bei den Tip-Edge-Patienten. Der fehlende „Jumping the Bite“-Effekt bei der Tip-Edge-Behandlung im Vergleich zur Aktivator- und Herbst-Behandlung könnte der Grund für diesen Unterschied sein.

12 Summary

The aim of this study was to assess the amount and direction of “effective” TMJ-changes (sum of condylar growth, glenoid fossa growth and position changes of the condyle within the fossa), chin position changes and rotation of the mandible in 24 Class II, Division 1 patients (9 males and 15 females), who were treated with Tip-Edge Multibracket appliances and Class II elastics for an average period of 2.6 years.

Lateral head films from before and after Tip-Edge treatment as well as 2.4 years after active treatment were evaluated.

40 Class II, Division 1 patients treated successfully with an activator for 2.6 years and 98 Class II, Division 1 patients treated successfully with a Herbst appliance for 3.7 years were used as controls.

The investigation revealed that during the Tip-Edge treatment the chin position changes were a mirror image of the “effective” TMJ-changes as the mandible did not rotate (males and females together). After treatment, an anterior rotation of the mandible was observed which led to a relatively more anterior position of the chin.

During the treatment period of 2.6 years the male Tip-Edge patients had, in comparison to the female patients, more superior directed position changes of the Co point and thus more inferior directed position changes of the Pg point. However, the mandible of the male Tip-Edge patients rotated insignificantly in an anterior direction and that of the females insignificantly in a posterior direction.

During the follow up period of 2.4 years the male Tip-Edge patients had, in comparison to the female patients, more superior directed position changes of the Co point. However, the Pg point in the males moved more in anterior direction during this period, which may be explained by a significant anterior mandibular rotation in these patients.

In activator and Herbst treated patients the “effective” TMJ- changes were directed more posteriorly and the chin changes more anteriorly than in the Tip-Edge patients. This could be due to the “Jumping the Bite”-effect in the activator and Herbst patients, which was missing in the Tip-Edge patients.

13 Literaturverzeichnis

- Andresen, V., Häupl K.: Funktions-Kieferorthopädie.
Berlin: H. Meusser, 1936.
- Angle, E. H.: Malocclusions of teeth.
Philadelphia: S.S. White Dental Mfg Co, 1907.
- Baltromejus, S.: "Effektive" Kiefergelenks- und Kinnveränderungen bei der Aktivator-Behandlung. Eine röntgenkephalometrische Untersuchung.
Zahnmed. Diss. Justus-Liebig-Universität Gießen. 1998.
- Baltromejus, S., Ruf, S., Pancherz, H.: Effective temporomandibular joint growth and chin position changes: Activator versus Herbst treatment. A cephalometric roentgenographic study.
Eur.J.Orthod. 2002; 24: 627-637.
- Björk, A.: Variations in the growth pattern of the human mandible: A longitudinal radiographic study by the implant method.
J.Dent.Res. 1963; 42: 400-411.
- Björk, A., Skieller, V.: Prediction of mandibular growth rotation.
Am.J.Orthod. 1969; 55: 585-599.
- Breitner C.: Further investigations of bone changes resulting from experimental orthodontic treatment.
Am.J.Orthod. 1941; 27: 605-632.
- Broadbent, B. H. Sr., Broadbent, B. H. Jr., Golden, W. H.: Bolton Standards of Dentofacial Developmental Growth.
Saint Louis: C.V. Mosby, 1975.
- Creekmore, T. D.: Inhibition or stimulation of the vertical growth of the facial complex, its significance to treatment.
Angle Orthod. 1967; 37: 285-297.
- Dahlberg G.: Statistical methods for medical and biological students.
New York: Interscience Publications, 1940.
- Hägg, U., Taranger, J.: Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt.
Acta Odontol.Scand. 1980; 38: 187-200.
- Herbst, E.: Die Regulierung der anomalen Zahn- und Kieferstellung mit Schrauben und Scharnieren.
Deutsche Zahnheilkunde in Vorträgen. 1910; 14: 1-29.

Hultgren, B. W., Isaacson, R. J., Erdman, A. G., Worms, F. W.: Mechanics, growth, and class II corrections.
Am.J.Orthod. 1978; 74: 388-395.

McNamara, J. A. Jr, Peterson, J. E. Jr, Pancherz, H.: Histologic changes associated with the Herbst appliance in adult rhesus monkeys (*Macaca mulatta*).
Sem.Orthod. 2003; 9: 26-40.

Peterson, J. E. Jr, McNamara, J. A. Jr.: Temporomandibular joint adaptations associated with Herbst appliance treatment in juvenile rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). Sem.Orthod. 2003; 9: 12-25.

Kohlhas, P.: "Effektive" Kiefergelenks- und Kinnveränderungen bei der Herbst-Behandlung. Eine röntgenkephalometrische Langzeituntersuchung.
Zahnmed. Diss. Justus-Liebig Universität Gießen, 1997.

McNamara, J. A., Jr., Graber, L. W.: Mandibular growth in the rhesus monkey (*Macaca mulatta*).
Am.J.Phys.Anthropol. 1975; 42: 15-24.

McNamara, J. A., Jr., Moyers, R. E.: Electromyography of the oral phase of deglutition in the Rhesus monkey (*Macaca mulatta*).
Arch.Oral Biol. 1973; 18: 995-1002.

Pancherz, H., Fischer, S.: Amount and direction of temporomandibular joint growth changes in Herbst treatment: A cephalometric long-term investigation.
Angle Orthod. 2003; 73: 493-501.

Pancherz, H., Littmann, C.: Morphologie und Lage des Unterkiefers bei der Herbst-Behandlung: Eine kephalometrische Analyse der Veränderungen bis zum Wachstumsabschluss.
Inf.Kieferorthop. 1989; 21: 493-513.

Pancherz, H., Michailidou, C.: Temporomandibular joint growth changes in hyperdivergent and hypodivergent Herbst subjects. A long-term roentgenographic cephalometric study.
Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 2004; 126: 153-161.

Pancherz, H., Ruf, S., and Kohlhas, P.: "Effective condylar growth" and chin position changes in Herbst treatment: a cephalometric roentgenographic long-term study.
Am.J.Orthod.Dentofac. Orthop. 1998; 114: 437-446.

Rabie, A. B., Atinooch C., Hägg, U.: Stepwise advancement using fixed functional appliances: Experimental perspective.
Sem.Orthod. 2003; 9: 41-46.

Rabie, A. B., She, T. T., and Hägg, U.: Functional appliance therapy accelerates and enhances condylar growth.
Am.J.Orthod.Dentofacial Orthop. 2003; 123: 40-48.

Ruf, S., Baltromejus, S., and Pancherz, H.: Effective condylar growth and chin position changes in activator treatment: A cephalometric roentgenographic study. *Angle Orthod.* 2001; 71: 4-11.

Ruf, S., Pancherz, H.: Long-term TMJ effects of Herbst treatment: A clinical and MRI study.

Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 1998; 114: 475-483.

Ruf, S., Pancherz, H.: Temporomandibular joint growth adaptation in Herbst treatment: A prospective magnetic resonance imaging and cephalometric roentgenographic study.

Eur.J.Orthod. 1998; 20: 375-388.

Ruf, S., Wüsten, B., Pancherz, H.: Temporomandibular joint effects of activator treatment: A prospective longitudinal magnetic resonance imaging and clinical study. *Angle Orthod.* 2002; 72: 527-540.

Solow, B.: The dentoalveolar compensatory mechanism: background and clinical implications.

Br.J.Orthod. 1980; 7: 145-161.

Stöckli, PW., Willert, HG.: Tissue reactions in the temporomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandible in the monkey.

Am.J.Orthod. 1971; 60: 142-155.

Woodside, D. G., Metaxas, A., Altuna, G.: The influence of functional appliance therapy on glenoid fossa remodelling.

Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 1987; 92: 181-198.

Danksagung

Sehr geehrter Herr Professor Pancherz, hiermit bedanke ich mich nicht nur dafür, dass Sie mir dieses Thema als Doktorarbeit überlassen haben, sondern auch dafür, dass Sie immer sehr nett und hilfsbereit waren. Sie haben meinen Wissenshorizont um ein vielfaches erweitert. Dafür bedanke ich mich auch. Ich hoffe ich konnte Ihren Horizont in Sachen „Tennis“ auch ein wenig erweitern und hoffe, dass wir uns eines Tages auf dem Tennisplatz gegenüber stehen (Sie haben da noch etwas, dass Sie einlösen sollten).

Julia von Bremen und Niko Bock, ich danke Euch vielmals für das Korrekturlesen. Ihr habt die Nadel im Heuhaufen gesucht und gefunden.

Mutter und Vater, wie und für alles was soll ich Euch danken? Ihr habt alles für meine Schwester Stavroula und für mich gegeben. Kein Dank ist an dieser Stelle dankenswert genug. Ich hoffe ich konnte Euch bis heute glücklich und stolz machen. Ich werde es auf jeden Fall immer weiter versuchen. Ich liebe Euch von ganzem Herzen!

Lebenslauf

Christos Serbesis-Tsarudis

- 02.03.1978 geboren als erstes Kind der Eheleute Dimitrios Serbesis-Tsarudis und Eleni Serbesi-Tsarudi geb. Dafkidou in Radevormwald in Nordrhein-Westfalen (NRW)
- 1984-1987 Besuch der Grundschule Ost in Halver (NRW)
- 1987-1988 Besuch der Grundschule West in Lüdenscheid (NRW)
- 1988-1990 Besuch der Gesamtschule Wehberg in Lüdenscheid (NRW)
- 1990-1997 Besuch des Anne-Frank Gymnasiums in Halver (NRW)
- 1997 Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife
- 1997-1999 Ausbildung zum Tennistrainer
- 1999-2004 Studium der Zahnheilkunde an der Justus-Liebig-Universität, Giessen
- Dezember 2004 Approbation als Zahnarzt
- seit Juni 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung für Kieferorthopädie am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Giessen

