

Clinical Application and Effects of the Forsus™ Spring

A Study of a New Herbst Hybrid

Klinische Anwendung und Effekte der Forsus™-Feder

Eine Studie über ein neues Herbst-Hybrid

Nina Heinig, Gernot Göz¹

Abstract

Background: The best known of the fixed functional appliances are the Herbst appliance and the Jasper Jumper™. The Forsus™ spring is a new development which has been tested in a clinical study to establish when it can be used and to compare it with its predecessors.

Patients and Method: The Forsus™ spring was used over a period of 4 months to treat 13 patients with an average age of 14.2 years with Class II malocclusion.

Results: Evaluation of the lateral cephalograms showed that dental effects accounted for 66% of the sagittal correction. The sagittal occlusal relations were improved by approximately $\frac{3}{4}$ of a cusp width to the mesial on both the right and left side as a result of distal movement of the upper molars and mesial movement of the lower molars. Retrusion of the upper and protrusion of the lower incisors reduced the overjet by 4.6 mm. Intrusion and protrusion of the lower incisors reduced the overbite by 1.2 mm. The occlusal plane was rotated by 4.2° in clockwise direction as a result of intruding the lower incisors and the upper molars. The maxillary and mandibular arches were expanded at the front and rear during treatment. – Evaluation of a questionnaire filled in by the patients after 2 months of treatment showed that approximately half of them had experienced difficulties in brushing their teeth. The main problem, however, was the restriction experienced in the ability to yawn. Overall, two thirds of the adolescents found the Forsus™ spring better than the appliance previously used to correct their Class II malocclusion, such as headgear, activator or Class II elastics.

Conclusion: The Forsus™ spring has stood the test in clinical application. It is a good supplement to the Class II appliance systems already available.

Key Words: Herbst hybrid · Fixed functional appliance · Class II malocclusion

Zusammenfassung

Hintergrund: Unter den festsitzenden funktionskieferorthopädischen Geräten sind das Herbst-Scharnier und der Jasper Jumper™ die bekanntesten. Eine neue Entwicklung stellt die Forsus™-Feder dar, die im Rahmen einer klinischen Studie auf ihre Einsatzmöglichkeit geprüft und mit ihren Vorgängern verglichen wurde.

Patienten und Methode: 13 Patienten mit einer Klasse-II-Anomalie mit einem Altersdurchschnitt von 14,2 Jahren wurden mit einer Forsus™-Feder über einen Zeitraum von 4 Monaten behandelt.

Ergebnisse: 66% der sagittalen Korrektur wurde entsprechend der röntgenkephalometrischen Auswertung durch dentale Effekte erzielt. Aufgrund einer Distalisation der oberen und einer Mesialisation der unteren Molaren verbesserte sich das Okklusionsverhältnis rechts und links jeweils um ungefähr eine drei Viertel Prämolarenbreite nach mesial. Durch die Retrusion der oberen und Protrusion der unteren Front ergab sich eine Reduktion des Overjets um 4,6 mm. Die Intrusion und Protrusion der unteren Frontzähne bewirkten eine Bisshebung um 1,2 mm. Die Okklusionsebene kippte aufgrund der Intrusion der unteren Front und der oberen Molaren um 4,2° im Uhrzeigersinn. Ober- und Unterkiefer wurden im Bereich der vorderen und hinteren Zahnbogenbreite expandiert. – Die Auswertung eines Fragebogens, den die Patienten nach 2 Monaten Behandlung ausfüllten, ergab bei ungefähr der Hälfte Schwierigkeiten beim Zähneputzen. Das Hauptproblem stellte die Einschränkung beim Gähnen dar. Insgesamt fanden zwei Drittel der Jugendlichen die Forsus™-Feder besser als das Gerät, das sie zuvor zur Korrektur der Klasse-II-Anomalie hatten, wie z.B. den Headgear, den Aktivator oder die Klasse-II-Gummizüge.

Schlussfolgerung: Die Forsus™-Feder hat sich für den klinischen Einsatz bewährt. Sie fügt sich ergänzend in die Reihe der anderen Klasse-II-Korrektoren ein.

Schlüsselwörter: Herbst-Hybrid · Klasse-II-Korrektor · Klasse-II-Anomalie

¹Department of Orthodontics, University of Tübingen, Germany.

This study was supported by 3M Unitek, Puchheim, Germany.

Received: October 10, 2000; accepted: February 13, 2001

Introduction

A fixed functional appliance can save both time and trouble. The appliance is effective 24 hours a day without being dependent on patient compliance. This is of particular interest in the case of non-motivated, non-compliant adolescents or of handicapped patients. This treatment effectively shortens the duration of therapy, and ideal use can be made of the remaining growth of a patient beyond the pubertal growth spurt [13].

The fixed appliance is of minimal disturbance to the wearer since almost all oral functions are still possible. The only disadvantage is the limited mouth opening. Furthermore, the musculature is subject to both isometric and isotonic strains [19].

The first fixed functional appliance, still in use today, was developed as long ago as 1909 by Emil Herbst [8]. However, it was not until about 1970 that Hans Pancherz, amongst others, re-introduced the Herbst appliance and set it on its way to success. The original technique is not particularly comfortable for the patient, however, since the appliance is stiff and non-flexible, making chewing and tooth cleaning difficult. In addition, fitting it is complicated and both time- and cost-intensive [9, 10].

In 1987 James J. Jasper developed and patented the so-called Jasper Jumper™, a flexible helical compression spring in a gray plastic cover which is positioned between the upper and lower jaw during fixed orthodontic treatment.

The force module is rather large so that it is often possible to see the cheeks bulging in patients wearing the appliance [19]. A practical problem occurring with this device for Class II correction is the breakage rate of ca. 10% [20]. End-caps with an eyelet are soldered onto the ends of the compression springs to attach them to the archwire of the existing multibracket appliances. These solder points form weak points which break easily under strain. The material in the Jasper Jumper™ often fatigues after about 3 months and new springs have to be inserted to guarantee continued forward positioning of the lower jaw [22]. Furthermore, the plastic is susceptible to colonization by plaque and bacteria, which causes the Jasper Jumper™ to become porous and its color to fade [19].

The American orthodontist Bill Vogt from Philadelphia has made a new development in the fixed Class II appliance systems with his Forsus™ spring (Figure 1). This comprises a 0.5 × 3.0 mm spring bar (45% nickel, 55% titanium) with a transparent plastic coating. Via its bent ends the spring can be attached to bands and archwires of the previously placed fixed orthodontic appliances.

The Forsus™ spring is supplied in four different lengths: 28 mm, 31 mm, 34 mm and 37 mm, in each case for right and left fitting. Measurements are made in habitual occlusion mesially from the headgear tube of the upper first molar distally to the bracket of the lower canine. 12 mm is added to this measurement (4 mm play, 4 mm headgear tube, 4 mm activation) and this gives the length of the module to be used.

Einleitung

Ein festsitzendes funktionskieferorthopädisches Gerät kann Zeit und Ärger ersparen. Ohne auf die Mitarbeit des Patienten angewiesen zu sein, ist die Apparatur 24 Stunden am Tag wirksam. Besonders bei unmotivierten, nicht kooperierenden Jugendlichen oder bei behinderten Patienten ist dies von Interesse. Die Behandlungsdauer verkürzt sich mit dieser Therapie effektiv. Auch kann das Restwachstum eines Patienten jenseits des pubertären Wachstumsschubes noch ideal genutzt werden [13].

Die Belastung für den Träger der festsitzenden Apparatur ist minimal, da nahezu alle oralen Funktionen möglich sind. Nur die eingeschränkte Mundöffnung ist von Nachteil. Außerdem wird die Muskulatur bei dieser festsitzenden Technik sowohl isometrisch als auch isotonisch beansprucht [19].

Die erste, heute noch gebräuchliche festsitzende Apparatur stellte Emil Herbst bereits 1909 vor [8]. Erst um 1970 nahm unter anderen Hans Pancherz die Methode des „Herbst-Scharniers“ wieder auf und verhalf ihr dann zu ihrem eigentlichen Durchbruch. Die Originalmethode ist allerdings für den Patienten nicht unbedingt komfortabel, da die Apparatur starr und unflexibel ist, wodurch die Kaufunktion und das Zähneputzen erschwert werden. Zudem ist die Eingliederung aufwändig, zeit- und kostenintensiv [9, 10].

1987 entwickelte und patentierte James J. Jasper den sog. Jasper Jumper™, eine biegbare Schraubendruckfeder in einem grauen Kunststoffmantel, die zwischen Ober- und Unterkiefer während der Multibandbehandlung eingesetzt wird.

Die Apparatur ist etwas voluminös, weshalb beim Patienten mit eingegliedertem Gerät oft eine vorgewölbte Wangenpartie erkennbar ist [19]. Ein praktisches Problem dieses Distalbisskorrektors ist die Bruchgefahr von ca. 10% [20]. An die Enden der Druckfedern sind Verbinder angelötet, um sie an der Band-Bogen-Apparatur zu befestigen. Diese Lötungen stellen Schwachstellen dar, die bei Belastung gerne brechen. Nach ungefähr 3 Monaten ermüdet das Material des Jasper Jumpers™ vielfach, und es muss eine neue Feder eingesetzt werden, um die gleich bleibende Vorverlagerung des Unterkiefers zu garantieren [22]. Darüber hinaus ist der Kunststoff anfällig für die Besiedelung von Plaque und Bakterien. Man erkennt dies daran, dass der Jasper Jumper™ porös wird und die Farbe verbleicht [19].

Eine neue Entwicklung auf dem Gebiet der festsitzenden Klasse-II-Korrektoren stellt die Feder des amerikanischen Kieferorthopäden Bill Vogt aus Philadelphia dar (Abbildung 1). Bei seiner Forsus™-Feder handelt es sich um eine 0,5 × 3,0 mm messende Federstange (45% Nickel, 55% Titanium), die von durchsichtigem Kunststoff ummantelt ist. Über die abgebogenen Enden kann die Feder mit Bögen und Bändern verbunden werden.

Die Forsus™-Feder wird in vier verschiedenen Längen angeboten: 28 mm, 31 mm, 34 mm, 37 mm, jeweils für rechts und links. Die Ausmessung erfolgt in habitueller Okklusion

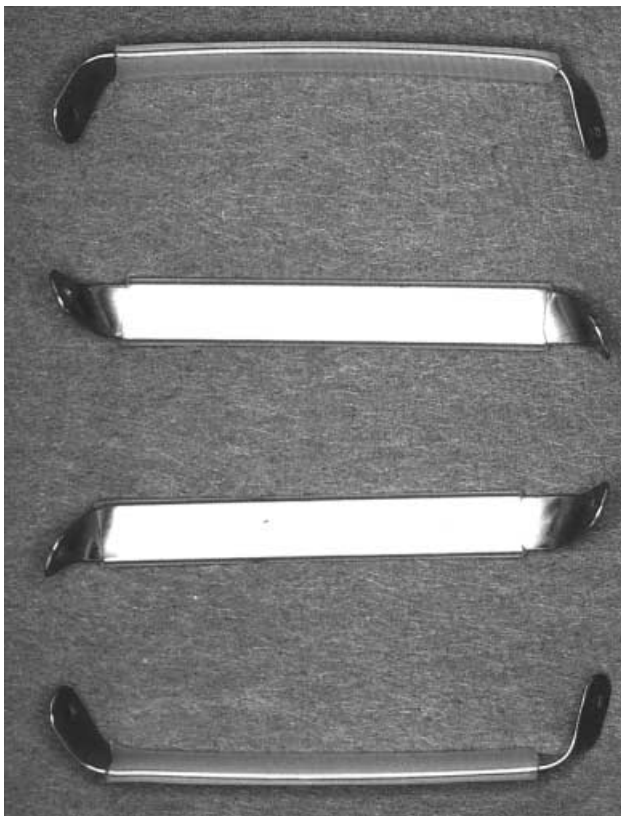


Figure 1. Forsus™ springs for right and left side.

Abbildung 1. Rechte und linke Forsus™-Federn.

Attachment is as for the Jasper Jumper™. A ball pin serves to attach it to the maxillary headgear tube. A bayonet bend is placed in the mandibular arch distal to the canine bracket and a ball stop is pushed onto it to form a stop for the Forsus™ spring. The ball pin and ball stop are both made of stainless steel. The bracket on the lower first premolar is removed so that the spring can slide along the whole archwire. Alternatively, a bypass sectional archwire can also be used for this purpose [15].

The Forsus™ spring keeps the mandible permanently in a forward position.

The purpose of this study was to clarify what changes can be identified on the lateral cephalograms and on the plaster models after the Forsus™ spring has been worn for 4 months, and what clinical problems arise during this time. Experience shows that this period is adequate for correction to be achieved and that there are as yet no significant effects of changes due to growth.

Patients and Methods

13 patients (five females, eight males) with Class II malocclusion were treated with a Forsus™ spring. The average age at insertion of the appliance was 14.2 years. The oldest

mesial vom Headgear-Röhrchen des oberen ersten Molaren nach distal zum Bracket des unteren Eckzahnes. Zur gemessenen Länge werden 12 mm addiert (4 mm Spiel, 4 mm Headgear-Röhrchen, 4 mm Aktivierung). Dies ergibt die Größe des einzusetzenden Korrektors.

Das Einsetzen erfolgt wie beim Jasper Jumper™. Ein „Ball Pin“ dient der Befestigung am Oberkiefer-Headgear-Röhrchen. In den Unterkieferbogen wird distal des Eckzahnbrackets eine Bajonettbiegung eingebogen und ein „Ball Stop“ als Anschlag für die Forsus™-Feder aufgeschoben. Sowohl der Ball Pin als auch der Ball Stop sind aus rostfreiem Stahl. Damit die Feder auf dem Vollbogen gleiten kann, wird das Bracket des ersten Prämolaren im Unterkiefer entfernt. Alternativ dazu könnte auch ein Umgehungs- teilbogen eingesetzt werden [15].

Die eingesetzte Forsus™-Feder hält die Mandibula kontinuierlich in einer nach vorn verlagerten Position.

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung war es abzuklären, welche Veränderungen nach 4-monatiger Tragedauer der Forsus™-Feder am Fernröntgenseitbild und am Modell messbar sind und welche klinischen Probleme in diesem Zeitraum auftreten. Erfahrungsgemäß reicht diese Zeitspanne zur Korrektur aus, und wachstumsbedingte Veränderungen spielen noch keine wesentliche Rolle.

Patienten und Methode

13 Patienten (fünf weibliche, acht männliche) mit einer Klasse-II-Anomalie konnten mit einer Forsus™-Feder behandelt werden. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Eingliederung betrug 14,2 Jahre. Der älteste Patient war genau 17 Jahre, der jüngste 12 Jahre und 6 Monate. Alle Patienten befanden sich während der Behandlung im Wachstum, was mittels einer Handröntgenaufnahme überprüft wurde.

Die Patienten waren entweder mit einer Multibandapparat bis zum 0.019×0.025 -Vollbogen ausnivelliert, oder es wurde die Apparatur passiv mit starken Vierkantbögen eingesetzt (in vier Fällen). Die Forsus™-Federn wurden im Unterkiefer an einem 0.021×0.025 -Vollbogen fixiert.

Vor dem Einsetzen der Forsus™-Feder wurden Abdrücke, Fotos und ein Fernröntgenseitbild angefertigt (Abbildungen 2a bis 2d).

Nach 1 Monat wurde die Apparatur kontrolliert und ggf. aktiviert (Abbildungen 3a und 3b).

Nach 2 Monaten füllten die Patienten einen Fragebogen aus, in dem sie über Probleme, wie z.B. beim Essen, Gähnen oder Zähneputzen, befragt wurden.

Nach 4 Monaten wurde die Apparatur entfernt. Abdrücke, Fotos und ein Fernröntgenseitbild wurden abschließend angefertigt (Abbildungen 4a bis 4d und 5).

Analyse der Fernröntgenseitbilder

Die sagittalen skelettalen und dentalen Veränderungen, die während der Behandlung auftraten, wurden anhand von

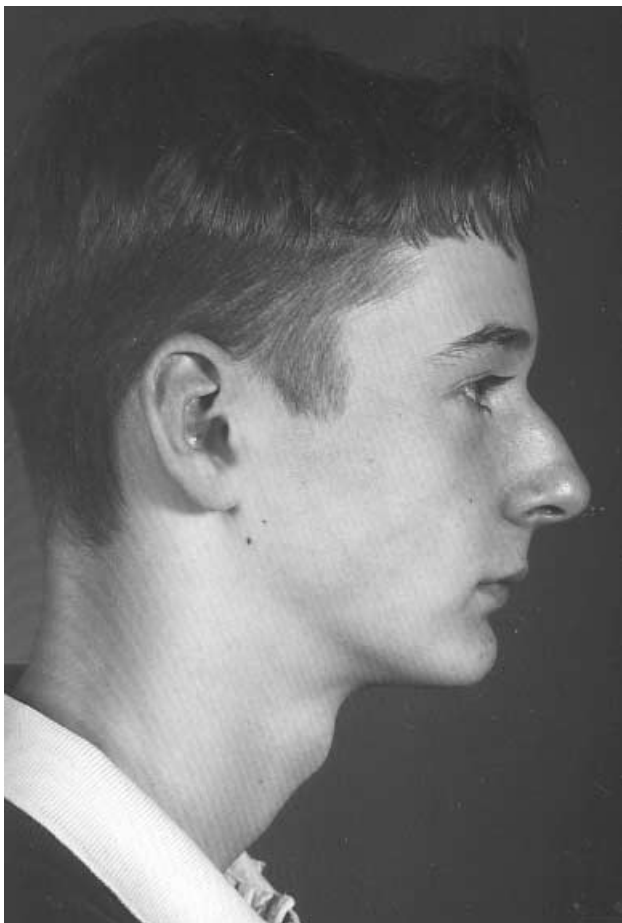


Figure 2a – Abbildung 2a

Figures 2a to 2d. a) Patient before treatment. b to d) Intraoral situation before insertion of the Forsus™ spring.

Abbildungen 2a bis 2d. a) Der Patient vor der Behandlung. b bis d) Die intraorale Situation zu Beginn.

patient was exactly 17 years old, and the youngest 12 years and 6 months. All patients were growing during the treatment; this was confirmed by hand-wrist radiographs.

Either the patients had already had their teeth straightened using a multibracket appliance up to 0.019 × 0.025 continuous archwire or the appliance was used passively with a heavy square archwire (in four cases). The Forsus™ spring was attached in the lower jaw to a 0.021 × 0.025 continuous archwire.

Dental casts, photographs and a lateral cephalogram were taken before the Forsus™ spring was inserted (Figures 2a to 2d).

The appliance was checked after 1 month and adjusted if necessary (Figures 3a and 3b).

After 2 months the patients were asked to fill in a questionnaire in which they were asked about problems they



Figure 2b – Abbildung 2b



Figure 2c – Abbildung 2c



Figure 2d – Abbildung 2d

Fernröntgenseitbildern vor und nach dem Einsatz der Forsus™-Feder analysiert. Die Auswertung der Röntgenseitbilder erfolgte von einer Person zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten. Aus den beiden Messergebnissen wurde ein Mittelwert gebildet. Auftretende Doppelkonturen wurden



Figure 3a – Abbildung 3a



Figure 3b – Abbildung 3b

Figures 3a and 3b. Forsus™ spring in situ.

Abbildungen 3a und 3b. Die Forsus™-Feder in situ.

might have had with eating, yawning or cleaning their teeth, for example.

The appliance was removed after 4 months. Final plaster casts, photographs and lateral cephalograms were then taken (Figures 4a to 4d and 5).

Analysis of the Lateral Cephalograms

The sagittal skeletal and dental changes occurring during treatment were analyzed with reference to the lateral cephalograms taken before and after the Forsus™ spring was inserted. The lateral cephalograms were evaluated by one person at two different times, with a mean being formed from the two measurements. The mean of any double contours was determined. In each case measurements were made to the nearest 0.5° or 0.5 mm.

Metric analysis was carried out with reference to Pancherz [12], with all registrations being measured to the reference line OLp. The occlusal line OL is defined by the incisal point of the upper central incisor and the distobuccal cusp of the upper first molar. The perpendicular to OL through the sella point defines the OLp (occlusal line perpendicular). The occlusal line OL, the perpendicular OLp, and the sella-nasion line SNL of the cephalogram before treatment with the spring serve as the reference lines for evaluation of the post-treatment cephalogram.

The measuring points used are defined as follows:

- ss/OLp = position of the maxillary bony base,
- pg/OLp = position of the mandibular bony base,
- is/OLp = position of the maxillary central incisor,
- ii/OLp = position of the mandibular central incisor,
- ms/OLp = position of the maxillary first molar,
- mi/OLp = position of the mandibular first molar,
- ar/OLp = position of the condyles,
- is/OLp minus ii/OLp = overjet,

gemittelt. Es wurde jeweils zur näheren 0,5°- bzw. 0,5-mm-Einteilung gemessen.

Die metrische Analyse erfolgte nach der Methode von Pancherz [12], bei der alle Registrierungen zur Referenzlinie OLp gemessen werden. Die Okklusalebene OL ist definiert durch den Inzisalpunkt des mittleren oberen Schneidezahns und den distobukkalen Höcker des ersten oberen Molaren. Die Senkrechte auf OL durch den Sellapunkt definiert OLp (Occlusal Line Perpendicular). Die Okklusalebene OL, die Senkrechte OLp und die Sella-Nasion-Linie SNL des Fernröntgenseitbildes vor der Federbehandlung dienen als Referenzlinien zur Auswertung des Fernröntgenseitbildes nach der Behandlung.

Die verwendeten Messpunkte sind wie folgt definiert:

- ss/OLp = Position der knöchernen Oberkieferbasis,
- pg/OLp = Position der knöchernen Unterkieferbasis,
- is/OLp = Position des mittleren Schneidezahnes des Oberkiefers,
- ii/OLp = Position des mittleren Schneidezahnes des Unterkiefers,
- ms/OLp = Position des ersten Molaren des Oberkiefers,
- mi/OLp = Position des ersten Molaren des Unterkiefers,
- ar/OLp = Kondylenposition,
- is/OLp minus ii/OLp = Overjet,
- ms/OLp minus mi/OLp = Molarenrelation (positiver Wert = Distalrelation, negativer Wert = Norm- oder Mesialrelation),
- is/OLp minus ss/OLp = Bewegung von is innerhalb der Maxilla,
- ii/OLp minus pg/OLp = Bewegung von ii innerhalb der Mandibula,
- ms/OLp minus ss/OLp = Bewegung von ms innerhalb der Maxilla,



Figure 4a – Abbildung 4a

Figures 4a to 4d. a) Patient after treatment. b to d) Intraoral situation after 4 months.

Abbildungen 4a bis 4d. a) Der Patient nach der Behandlung. b bis d) Die intraorale Situation nach 4 Monaten.

- ms/OLp minus mi/OLp = molar relation (positive value = distal relation, negative value = normal or mesial relation),
- is/OLp minus ss/OLp = movement of is within the maxilla,
- ii/OLp minus pg/OLp = movement of ii within the mandible,
- ms/OLp minus ss/OLp = movement of ms within the maxilla,
- mi/OLp minus pg/OLp = movement of mi within the mandible,
- pg/OLp plus ar/OLp = length of the mandible.

Besides the linear analysis, the following angles were also measured: SNA, SNB and ANB, SN-MeGo, SN-OcP (SN-occlusal plane), angle of inclination, basal plane angle, Y-axis, facial height ratio, index, U1-SN, and L1-MeGo.



Figure 4b – Abbildung 4b



Figure 4c – Abbildung 4c



Figure 4d – Abbildung 4d

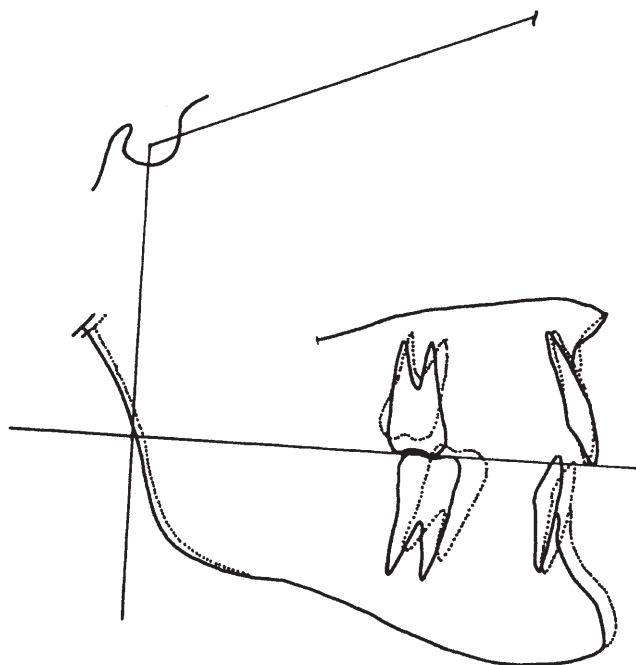


Figure 5. Superimposed cephalometric tracings from the same patient before and after treatment: — before, after (because of the congenital absence of 35, 45 the treatment objective is mesioclusion of the molars).

Abbildung 5. Vorher-Nachher-Überlagerung desselben Patienten: — vorher, nachher (aufgrund der Nichtanlage von 35, 45 ist das Behandlungsziel eine Mesialverzahnung der Molaren).

Analysis of the Dental Casts

Analysis of the casts was confined to measurement of anterior and posterior arch widths (AAW and PAW) in the upper and lower jaws, malrelationship at the first molars and at the right and left canines in premolar widths, and of overjet and overbite.

Analysis of the Questionnaire

The individual questions were sorted as percentages of yes/no responses.

Method Error and Statistical Evaluation

The method error in the double measurements was calculated according to the formula

$$\pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

where d = difference between first and second measurements and n = number of double evaluations. The method error varied between $\pm 0.17^\circ$ and $\pm 0.62^\circ$ for angle measurements and between ± 0.22 mm and ± 0.39 mm for length measurements. The normal distribution was verified with the Shapiro-Wilk test. The statistical method used was the t-test

- mi/OLp minus pg/OLp = Bewegung von mi innerhalb der Mandibula,
- pg/OLp plus ar/OLp = Länge der Mandibula.

Neben der metrischen Analyse erfolgte auch eine Messung folgender Winkel: SNA, SNB und ANB, SN-MeGo, SN-OcP (SN-Okklusallplanum), Inklinationswinkel, Basiswinkel, Y-Achse, Gesichtshöhenverhältnis, Index, U1-SN und L1-MeGo.

Modellanalyse

Die Modellanalyse beschränkte sich auf die Messung der vorderen und hinteren Zahnbogenbreiten (VZB und HZB) im Ober- und im Unterkiefer, der Bisslage am ersten Molaren und am Eckzahn rechts und links in Prämolarenbreiten, des Overjets und des Overbites.

Fragebogenanalyse

Die einzelnen Fragen wurden prozentual nach Ja/Nein sortiert.

Methodenfehler und statistische Auswertung

Die Bestimmung des Methodenfehlers bei den Doppelmessungen erfolgte nach der Formel

$$\pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

wobei d = Differenz aus erster und zweiter Messung, n = Anzahl der Doppelauswertungen sind. Der Methodenfehler variierte bei den Winkelmessungen zwischen $\pm 0,17^\circ$ und $\pm 0,62^\circ$, bei den Streckenmessungen zwischen $\pm 0,22$ mm und $\pm 0,39$ mm.

Die Normalverteilung wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test überprüft. Als statistisches Testverfahren wurde der t-Test für paarige Stichproben angewendet. Die Signifikanzgrenze wurde auf $p < 0,05$ festgesetzt. Statistische Auffälligkeiten wurden mit einem Stern (*) gekennzeichnet.

Ergebnisse

Analyse der Fernröntgenseitbilder

Die Winkel und metrischen Messergebnisse vor und nach der Behandlung sowie deren Differenzen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Der SNA-Winkel blieb während der Behandlung mit der Forsus™-Feder nahezu konstant. Der SNB-Winkel nahm um $0,5^\circ$ zu, der ANB-Winkel ab. Der SN-MeGo Winkel, der Inklinationswinkel, der Basiswinkel, die Y-Achse, das Gesichtshöhenverhältnis und der Index blieben trotz der Behandlung weitgehend unverändert. Auffallend war aber die Veränderung der Okklusionsebene, die gemessen an der vorderen Schädelbasis eine Rotation im Sinne einer Bissöffnung um $4,2^\circ$ erfuhr. Im Laufe der Behandlung retrudierte die obere Front um $5,3^\circ$, die untere Front protrudierte um

for paired values. The significance level was set at $p < 0.05$. Statistical deviations are marked with an asterisk (*).

Results

Analysis of the Lateral Cephalograms

The angular and linear measurements determined before and after treatment are shown in Table 1 together with the differences.

The SNA angle remained virtually constant during treatment with the Forsus™ spring. The SNB angle increased by approximately 0.5°, while the ANB angle decreased. The SN-MeGo angle, the angle of inclination, the basal plane angle, the Y-axis, the facial height ratio, and the index remained largely unchanged despite the treatment. However, the change in the occlusal plane was notable, showing a 4.2° rotation measured at the anterior cranial base, in terms of a bite opening. During the treatment the upper anterior segment was retruded by 5.3° and the lower anterior segment was protruded by 9.6°. The change in both the occlusal plane and the upper and lower anterior segments was statistically significant.

Linear analysis according to Pancherz showed minor changes in the skeletal values of the maxilla, which increased by 0.3 mm, and of the condyle, which decreased by 0.2 mm. In the mandible, a statistically significant forward shift of the pogonion point by 1.4 mm was recorded. When the forward movement of the condyle out of the glenoid fossa is taken into account, this distance was effectively 1.2 mm.

The upper incisors were retruded by an absolute distance of 1.4 mm, or 1.7 mm in relation to the developmental increase in the length of the upper jaw. The upper molars drifted distally by an absolute distance of 0.8 mm, i.e. a relative distance of 1.1 mm. The lower incisors were protruded by 3.3 mm in absolute terms, but only by 1.8 mm relative to the development of the lower jaw. The lower molars drifted mesially by an absolute distance of 3.1 mm, i.e. 1.7 mm in relative terms. The overjet was reduced by 4.7 mm, and the molar relationship was improved by 3.9 mm. The changes in measurements of the mandible, the upper incisors and molars, and the lower incisors and molars were statistically significant.

Analysis of the Dental Casts

Table 2 shows the results of the measurements before and after treatment together with the changes achieved by treatment with the Forsus™ spring.

The upper and lower dental arches broadened during treatment with the Forsus™ spring, this effect being more apparent in the upper jaw with 2.2 mm anteriorly and 2.5 mm posteriorly. The lower jaw broadened by 0.6 mm anteriorly and 1.2 mm posteriorly. This broadening of the dental arch was statistically significant.

The sagittal occlusion relations were corrected to the mesial by 0.70 premolar width on the right and by 0.74 pre-

Table 1. Angular and linear variables measured on the lateral cephalogram before and after treatment, and changes occurring during the treatment period with the Forsus™ spring (* $p < 0.05$).

Tabelle 1. Winkel und metrische Messergebnisse der Fernröntgenanalyse vor und nach der Behandlung und Veränderungen durch die Behandlung mit der Forsus™-Feder (* $p < 0.05$).

	Before	After	Difference
SNA	80.88°	81.00°	+0.12°
SNB	76.21°	76.75°	+0.54° (*)
ANB	4.67°	4.25°	-0.42°
SN-MeGo	32.21°	32.06°	-0.15°
SN-0cP	15.81°	19.98°	+4.17° (*)
Angle of inclination	6.58°	6.56°	-0.02°
Basal plane angle	25.48°	25.52°	+0.04°
Y-axis	68.12°	67.98°	-0.13°
Facial height ratio	66.45%	66.41%	-0.04%
Index	79.09%	79.26%	+0.17%
U1-SN	101.88°	96.56°	-5.33° (*)
L1-MeGo	95.81°	105.41°	+9.60° (*)
ss	77.62 mm	77.94 mm	+0.32 mm
Pg	78.60 mm	80.04 mm	+1.44 mm (*)
ar	11.38 mm	11.12 mm	-0.27 mm
Is	83.46 mm	82.02 mm	-1.44 mm (*)
Ii	77.38 mm	80.65 mm	+3.27 mm (*)
Ms	54.83 mm	54.04 mm	-0.79 mm (*)
mi	53.65 mm	56.77 mm	+3.11 mm (*)
Is-ii	6.08 mm	1.37 mm	-4.71 mm
Ms-mi	1.18 mm	-2.73 mm	-3.91 mm
Is-ss	5.84 mm	4.08 mm	-1.76 mm
ii-pg	-1.22 mm	0.61 mm	+1.83 mm
Ms-ss	-22.79 mm	-23.90 mm	-1.11 mm
mi-pg	-24.95 mm	-23.27 mm	+1.68 mm
Pg+ar	89.98 mm	91.16 mm	+1.18 mm

9,6°. Sowohl die Veränderung der Okklusionsebene als auch die der oberen und unteren Front waren statistisch auffällig.

Die metrische Analyse nach Pancherz ergab geringe Veränderungen bei den skelettalen Werten der Maxilla, der um 0,3 mm zunahm, und des Kondylus, der um 0,2 mm abnahm. Im Hinblick auf die Mandibula war eine statistisch auffällige Vorverlagerung des Kinnpunktes um 1,4 mm zu verzeichnen. Unter Berücksichtigung der Vorverlagerung des Kondylus aus der Fossa glenoidalis betrug dieser Wert effektiv 1,2 mm.

Die obere Front retrudierte absolut um 1,4 mm, relativiert mit der eigenständigen Entwicklung des Oberkiefers um 1,7 mm. Die oberen Molaren wanderten absolut um 0,8 mm nach distal, relativ um 1,1 mm. Die untere Front protrudierte absolut um 3,3 mm, relativiert mit der Entwicklung des Un-

Table 2. Measurements taken from dental casts before and after treatment, and changes occurring during treatment with the Forsus™ spring (*p < 0.05).

Tabelle 2. Messergebnisse der Modellanalyse vor und nach der Behandlung und Veränderungen durch die Behandlung mit der Forsus™-Feder (*p < 0.05).

	Before	After	Difference
UJ ATW	37.19 mm	39.42 mm	+2.23 mm
UJ PTW	46.77 mm	49.31 mm	+2.54 mm (*)
LJ ATW	36.92 mm	37.50 mm	+0.58 mm (*)
LJ PTW	47.15 mm	48.35 mm	+1.19 mm (*)
Malocclusion right	0.60 prem. width	-0.10 prem. width	-0.70 prem. width
Malocclusion left	0.62 prem. width	-0.11 prem. width	-0.74 prem. width
Overjet	5.42 mm	0.81 mm	-4.62 mm
Overbite	1.35 mm	0.15 mm	-1.19 mm

Table 3. Percentage distribution of yes/no responses in the analysis of the questionnaire.

Tabelle 3. Prozentuale Verteilung der Ja/Nein-Antworten der Fragebogenanalyse.

	Yes	No
Problems with eating?	8%	92%
With speaking?	8%	92%
Opening your mouth?	38%	62%
When yawning?	62%	38%
Pain in your teeth?	-	100%
In the jaw joint?	-	100%
On the inside of your cheek?	38%	62%
Problems cleaning your teeth?	46%	54%
With sleeping?	-	100%
With your appearance?	38%	62%
Is this appliance better than your previous one?	69%	31 %

molar width on the left, corresponding to a forward movement of almost $\frac{3}{4}$ (= 0.75) premolar width on each side.

The overjet was reduced by 4.6 mm, and the overbite by 1.2 mm.

Analysis of the Questionnaire

The percentage distribution of the yes/no responses are shown in Table 3.

The patients reported no pain in the teeth or temporomandibular joint during treatment with the Forsus™ spring. Nor were any sleep disturbances reported. Eating and speech problems were only minor. The limited mouth opening was perceived as somewhat disturbing, as was the changed appearance. Some patients complained of pain on the inside of their cheeks. Approximately half of them

terkiefers nur um 1,8 mm. Die unteren Molaren wanderten absolut um 3,1 mm nach mesial, relativ um 1,7 mm. Der Overjet verringerte sich um 4,7 mm, die Molarenrelation verbesserte sich um 3,9 mm. Die Veränderung der metrischen Werte der Mandibula, der oberen Front und Molaren sowie der unteren Front und Molaren waren statistisch auffällig.

Modellanalyse

Tabelle 2 enthält neben den Messergebnissen vor und nach der Behandlung auch die erzielten Veränderungen durch die Therapie mit der Forsus™-Feder.

Die oberen und unteren Zahnbögen wurden im Laufe der Behandlung mit der Forsus™-Feder breiter, wobei dieser Effekt im Oberkiefer auffälliger war. Im Oberkiefer waren es anterior 2,2 mm und posterior 2,5 mm. Der Unterkiefer wurde anterior um 0,6 mm und posterior um 1,2 mm weiter. Die Zahnbogenverbreiterung war statistisch auffällig.

Die Bisslage verschob sich rechts um 0,7 und links um 0,74 Prämolarenbreite nach mesial. Dies entspricht knapp einer Vorverlagerung um drei Viertel (= 0,75) Prämolarenbreiten auf beiden Seiten.

Der Overjet reduzierte sich um 4,6 mm, der Overbite um 1,2 mm.

Fragebogenanalyse

Die prozentuale Verteilung der Ja/Nein-Antworten ist in Tabelle 3 dargestellt.

Die Patienten hatten während der Behandlung mit den Forsus™-Federn keine Schmerzen an den Zähnen oder am Kiefergelenk. Schlafstörungen traten nicht auf. Die Probleme beim Essen und Sprechen waren gering. Etwas störend empfunden wurden die eingeschränkte Mundöffnung und das veränderte Aussehen. Einige Patienten beklagten Schmerzen an den Innenseiten der Wangen. Ungefähr die Hälfte gab Schwierigkeiten beim Zähneputzen an. Das Hauptproblem stellte für die untersuchten Patienten aber die Einschränkung beim Gähnen dar.

Insgesamt fanden zwei Drittel der Jugendlichen die Forsus™-Feder besser als das Gerät, das sie zuvor zur Korrektur der Klasse-II-Anomalie hatten, wie z.B. den Headgear, den Aktivator oder die Klasse-II-Gummizüge.

Diskussion

Die Häufigkeit des Distalbisses liegt in Mitteleuropa bei ca. 37%. Er stellt somit die häufigste zu behandelnde Dysgnathie dar. Meist liegt eine Retrognathie des Unterkiefers vor.

Der Headgear und funktionskieferorthopädische Geräte sind wertvolle Mittel zur Behandlung der sagittalen Diskrepanz zwischen Oberkiefer und Unterkiefer [1, 5, 10, 24].

Table 4. Compilation of changes observed in other studies after treatment with the Herbst appliance or the Jasper Jumper™: [7, 11, 12, 16, 18, 23] for the Herbst appliance and [4, 20, 21, 24] for the Jasper Jumper™.

Tabelle 4. Veränderungen, die mit dem Herbst-Scharnier bzw. dem Jasper Jumper™ in anderen Studien erzielt wurden: [7, 11, 12, 16, 18, 23] für das Herbst-Scharnier und [4, 20, 21, 24] für Jasper Jumper™.

Angular measurements Herbst		Jasper Jumper™
SNA	-0.4° to -0.6°	-0.6° to -0.8°
SNB	+0.9° to +1.4°	+0.3° to +1.2°
ANB	-1.3° to -2.5°	-1.0° to -2.0°
SN-MeGo	-0.2° to +0.7°	-0.3° to -1.2°
SN-OcP	+1.1° to +2.8°	+2.4° to +3.2°
Angle of inclination	+0.5° to +0.8°	+0.2° to +0.5°
Basal plane angle	-0.9° to +0.2°	-0.6° to -1.5°
U1-SN	-6.6° to -6.8°	-5.8° to -6.0°
L1-MeGo	+2.5° to +9.5°	+4.2° to +7.9°
Linear measurements		
ss	+0.2 mm to +0.8 mm	-0.1 mm to +0.5 mm
Pg	+1.9 mm to +4.3 mm	+1.4 mm to +2.2 mm
Is	-1.5 mm to -2.4 mm	-0.6 mm to -2.5 mm
ii	+2.8 mm to +6.0 mm	+2.9 mm to +3.1 mm
Ms	-1.3 mm to -2.9 mm	-0.9 mm to -1.5 mm
Mi	+2.1 mm to +5.1 mm	+2.6 mm to +3.7 mm
Ar	-0.3 mm to +0.1 mm	0.0 mm to -0.4 mm
Is-ii	-3.1 mm to -9.8 mm	-4.1 mm to -5.2 mm
Ms-mi	-5.7 mm to -9.3 mm	-3.4 mm to -5.0 mm
Is-ss	-0.5 mm to -3.3 mm	-1.5 mm to -2.4 mm
ii-pg	+0.5 mm to +3.4 mm	+0.8 mm to +1.5 mm
Ms-ss	-1.5 mm to -3.0 mm	-1.0 mm to -1.4 mm
mi-pg	+0.2 mm to +2.5 mm	+1.2 mm to +1.6 mm
Pg+ar	+2.0 mm to +4.0 mm	+1.4 mm to +1.7 mm

reported difficulty in cleaning their teeth. However, the main problem for the probands was the interference with yawning.

Overall, two-thirds of the adolescents found the Forsus™ spring better than the appliance previously used to correct their Class II malocclusion, e.g. headgear, activator or Class II elastics.

Discussion

In Central Europe, distocclusion has an incidence of approximately 37% and is thus the most frequently occurring malocclusion to be treated. Retrognathia of the lower jaw is recorded in most cases.

Headgear and functional orthodontic appliances are valuable means of treating sagittal discrepancies between the upper and lower jaws [1, 5, 10, 24].

Bei abnehmender Patientenkooperation sind festsitzende Geräte eine willkommene Hilfe. Sie bieten Einsatzmöglichkeiten bei einer dentalen oder skelettalen Klasse-II-Anomalie mit oder ohne Extraktionen. Als Kontraindikation wurde bisher lediglich die Prädisposition zur Wurzelresorption angegeben [3]. In zahlreichen Untersuchungen wurden die verschiedenen Wirkungen der unterschiedlichen festsitzenden Klasse-II-Apparaturen beschrieben. Die populärsten darunter sind das Herbst-Scharnier und der Jasper Jumper™.

In Tabelle 4 sind die dentalen und skelettalen Veränderungen zusammengefasst, die mit diesen beiden Geräten in anderen Untersuchungen erzielt wurden. Die einzelnen Veröffentlichungen zeigen dabei nur eine grobe Übereinstimmung. Es gibt eine Vielzahl von Gründen für die unterschiedlichen Ergebnisse. Die Variation des Alters und des Geschlechts der Patienten ist groß. Die Probandenanzahl ist gering, und atypische Werte fallen stark ins Gewicht. Die Geräte haben eine verschieden lange Verweildauer im Mund. Es werden unterschiedliche Analysen und Auswertungen verwendet. Es können Schwierigkeiten bei der Reproduzierbarkeit der Messpunkte auftreten. Und selbst, wenn all dies exakt selektiert und korrigiert wird, bleibt immer noch die Individualität der Patienten hinsichtlich Behandlungsreaktion und Wachstumsschub als ungewisser Faktor [1, 5, 10].

Die Maxilla erfährt während der Behandlung mit der Forsus™-Feder einen minimalen Zuwachs nach anterior (SNA und ss), die Ventralentwicklung wird also nicht vollständig blockiert. In den Veröffentlichungen über das Herbst-Scharnier wird einheitlich von einer Hemmung des Oberkieferwachstums gesprochen [3, 10, 13]. Auch in einigen Studien über den Jasper Jumper™ wird von einer Hemmung des Maxillawachstums [3, 4] gesprochen, in anderen nicht [20, 24].

Wenn man davon ausgeht, dass sich bei Kindern mit Klasse-II-Anomalie ohne kieferorthopädische Eingriffe der Oberkiefer nach ventral verlagert [6], so scheinen alle Klasse-II-Korrektoren eine gewisse Wachstumshemmung auf den Oberkiefer auszuüben, auch wenn sich das nur in einem verringerten Vorwärtswachstum widerspiegelt. Hinzu kommt, dass der A-Punkt bzw. der ss-Punkt schlechte skelettale Messpunkte sind, da sie dental beeinflusst werden [1]. So kann eine Retrusion der oberen Front mit einer Labialkipfung der Wurzeln den A-Punkt so weit nach ventral verschieben, dass es den eigentlichen Effekt der Dorsalverlagerung der Maxilla kaschiert.

Dass sich die obere Front durch die Behandlung in diesem Sinne verändert, zeigen sowohl die Ergebnisse dieser Studie (U1-SN, is) als auch alle Herbst- und Jasper-Jumper™-Untersuchungen [3, 4, 11, 20–22, 24]. Durch eine Verblockung aller Zähne im Oberkiefer zu einer Einheit mittels einer Multibandapparatur kommt der Kraftansatz kaudal und dorsal des Widerstandszentrums dieser Einheit zu liegen. Deshalb kippen die Inzisivi und auch die Molaren bei der Behandlung mit einem Klasse-II-Korrektor nach distal [3].

Fixed appliances are welcome aids when patient compliance is declining. They can be used to treat dental or skeletal Class II malocclusions, with or without extraction therapy. The only contraindication cited to date has been a predisposition to root resorption [3]. The different effects of the various fixed Class II appliances have been widely described in the literature. The most popular appliances are the Herbst appliance and the Jasper Jumper™.

Table 4 summarizes the dental and skeletal changes reported in the literature relating to these two appliances. In this context, the various publications show only very generalized agreement, and there are many reasons for the disparate results. There was a broad variation in the age and gender of probands; sample numbers were small, so that atypical results had a heavy weighting; the appliances were left in situ for varying lengths of time, and various techniques were employed for evaluation and analysis. There may have been difficulties in reproducing the reference points. Even when all these factors are accurately selected and corrected, the individuality of the patient in terms of reaction to treatment and growth spurts remains as an unknown quantity [1, 5, 10].

During treatment with the Forsus™ spring the maxilla undergoes a minimal increase in length anteriorly (SNA and ss), i.e. the forward development is not fully blocked. Publications on the Herbst appliance all mention inhibition of maxillary growth [3, 10, 13]. Restraint of maxillary growth is mentioned in some publications on the Jasper Jumper™ [3, 4] but not in others [20, 24].

If the upper jaw is assumed to be displaced anteriorly in children with Class II malocclusion in the absence of orthodontic intervention [6], then all Class II appliance systems appear to exert some degree of growth inhibition on the upper jaw, even if this is confined to reduced forward growth. In addition, the A point and ss point are poor skeletal landmarks since they are influenced by the dentition [1]. A retrusion of the upper incisors with labial tipping of the roots can shift the A point so far forward as to mask the real effect of the backward displacement of the maxilla.

The results of this study (U1-SN, is) as well as those of all Herbst and Jasper Jumper™ studies [3, 4, 11, 20–22, 24] show that the upper incisor segment is changed in this way as a result of the treatment. Consolidation of all teeth in the maxillary arch by means of a multibracket appliance into one unit shifts the point of force application downwards and backwards with respect to the unit's center of resistance. That is why both the incisors and the molars tip distally during treatment with these Class II appliance systems [3].

In the present investigation and in the Herbst [10, 11] and Jasper Jumper™ studies [2–4, 9, 20–22, 24], the upper molars are also subjected to force in distal direction. Without treatment they would drift slightly to mesial [6, 24]. The headgear effect of these types of Class II devices is thus also confirmed for the Forsus™ spring.

Auch in unserer Studie, in den Untersuchungen über das Herbst-Scharnier [10, 11] und in denen über den Jasper Jumper™ [2–4, 9, 20–22, 24] erfahren die oberen Molaren eine Kraft nach distal. Ohne Therapie würden sie ein wenig nach mesial wandern [6, 24]. Der Headgear-Effekt der Klasse-II-Korrektoren bestätigt sich also auch mit der Forsus™-Feder.

Die Mandibula wird im Rahmen der Behandlung mit der Forsus™-Feder nach anterior verlagert (SNB). Da der Unterkiefer mehr nach ventral wächst als der Oberkiefer, verbessert sich das Verhältnis der beiden zueinander. Bei unbehandelten Klasse-II/1-Kindern bliebe hingegen der ANB-Winkel trotz minimaler Vergrößerung des SNA- und SNB-Winkels unverändert [6].

Der Zuwachs an Unterkieferlänge (pg) beträgt effektiv 1,2 mm. Die Untersuchungen mit dem Herbst-Scharnier zeigen stets eine Verlängerung der Mandibula in einem klinisch signifikanten Umfang [1, 3, 10, 11, 13, 17, 18].

Jeder Verlängerung des Unterkiefers liegt auch ein Umbauprozess der Fossa glenoidalis zugrunde. Im Tierversuch konnte dieser Umbau nachgewiesen werden [25]. Beobachtungen bei der Therapie von Kondylusfrakturen oder der Unterkieferventralpositionierung bei einer Diskusverlagerung machen deutlich, dass auch das Kiefergelenk noch nach Abschluss des Wachstums Umbauvorgänge zeigt [18].

Durch die Vorverlagerung der Mandibula kommt es zu einer Elongation der Muskelfasern und Sehnen. Der Zug der Muskelansätze an der Knochenoberfläche verstärkt sich durch die veränderte Funktion und regt zu knöchernen Umbauprozessen an. So bewirkt die Stimulation des Musculus pterygoideus lateralis eine erhöhte Zellproliferation am Kondylus. Gleichzeitig kommt es adaptiv zur Knochenbildung im dorsalen Bereich der Fossa articularis und zur Knochenresorption ventral, wodurch sich die Fossa articularis nach anterior-inferior verlagert und letztlich die verbesserte Kieferrelation resultiert [3, 11, 13, 14, 17, 25]. Der Platz, der durch die Kondylusverlagerung entstanden ist, wird durch die fibröse Proliferation des posterioren Anteils des Discus articularis aufgefüllt und so der Kondylus in seiner anterioren Position gehalten [3, 25].

In jüngsten Studien konnte mit dem Herbst-Scharnier gezeigt werden, dass eine Behandlung mit Klasse-II-Korrektoren keine pathologischen Veränderungen am Kiefergelenk verursacht [17]. Je älter der zu behandelnde Patient ist, umso weniger erfolgt bei einer Unterkiefervorverlagerung ein Umbau des Kondylus und umso mehr erfolgt die Korrektur dentoalveolär. Die Behandlung am Ende der Wachstumsperiode ist am erfolgreichsten [4, 18].

Die Studien über den Jasper Jumper™ sind bezüglich der mandibulären Wirkung kontrovers. Einige geben eine Wirkung auf die Mandibula an [20, 22], andere nicht [3, 4].

Auffällig ist die starke Protrusion der unteren Schneidezähne (U1-MeGo, ii). Dies ist nicht überraschend, da der

During treatment with the Forsus™ spring the mandible shifts to anterior (SNB). Since the mandible grows more in forward direction than the maxilla, the jaw relationship is improved. In children with untreated Class II malocclusion, on the other hand, the ANB angle would remain unchanged despite minimal increases in the SNA and SNB angles [6].

The effective increase in mandibular length (pg) was 1.2 mm. All Herbst appliance studies report a clinically significant increase in the length of the mandible [1, 3, 10, 11, 13, 17, 18].

Any increase in mandibular length is due to a remodeling process in the glenoid fossa, as demonstrated in animal experiments [25]. Observations during treatment of condyle fractures or during anterior positioning of the mandible in cases with articular disk displacement illustrate that the temporomandibular joint is still subject to remodeling processes after growth has ceased [18].

Forward displacement of the mandible leads to elongation of the muscle fibers and tendons. The pull of the muscle attachments at the bone surface is intensified by the modified function and induces bone remodeling processes. For example, stimulation of the lateral pterygoid muscle increases cell proliferation at the condyle. Through simultaneous adaptive bone deposition in the posterior area of the glenoid fossa and bone resorption in the anterior area, the glenoid fossa is relocated in forward and downward direction, ultimately resulting in an improved jaw relationship [3, 11, 13, 14, 17, 25]. The space created by condyle displacement is filled through fibrous proliferation of the posterior part of the articular disc so that the condyle is kept in its forward position [3, 25].

Recent Herbst appliance studies have shown that treatment with fixed functional Class II devices does not cause pathologic changes in the temporomandibular joint [17]. The older the patient to be treated, the less the condyle is subject to remodeling through forward displacement of the mandible and the more the correction is due to dentoalveolar changes. Treatment is most successful when carried out at the end of the growth period [4, 18].

There is some disparity in the results of studies on the Jasper Jumper™ with regard to the mandibular effect. Some authors report an effect on the mandible [20, 22] whilst others do not [3, 4].

One notable feature was the marked protrusion of the lower incisors (L1-MeGo, ii). This is hardly surprising, since the force vector of a spring on a continuous mandibular arch is slightly above the center of resistance at the level of the clinical crown, resulting in increased protrusion of the incisors. If the Forsus™ spring is used on a sectional arch, the line of force is directed more vertically and is thus likely to be more beneficial for the lower incisors [19]. Protrusion of the lower incisors was observed in all studies [2–4, 10, 11, 20–22, 24].

In the present investigation, the lower molars drifted to mesial (mi). Publications on the Herbst appliance [3, 10, 11]

Kraftvektor bei einer Feder am Unterkiefervollbogen leicht über dem Widerstandszentrum auf der Höhe der klinischen Kronen gelegen ist, wodurch eine verstärkte Frontprotrusion auftritt. Durch das Einsetzen des Klasse-II-Korrektors an einem Teilbogen wäre die Krafrichtung vertikaler und somit für die untere Front wahrscheinlich günstiger [19]. Eine Protrusion der Unterkieferfrontzähne wurde in allen Studien beobachtet [2–4, 10, 11, 20–22, 24].

Die Molaren des Unterkiefers wanderten in der vorliegenden Untersuchung nach mesial (mi). Die Veröffentlichungen über das Herbst-Scharnier [3, 10, 11] und über den Jasper Jumper™ [2–4, 9, 21, 24] zeigten gleiche Ergebnisse. Ohne eine Therapie würden die unteren Molaren nur geringfügig nach mesial wandern [6, 24].

Der SN-MeGo-Winkel, der Inklinationswinkel, der Basiswinkel, die Y-Achse, das Gesichtshöhenverhältnis und der Index erfuhren in unserer Untersuchung nur Veränderungen im Rahmen von $-0,2^\circ$ bis $+0,2^\circ$. Da der Messfehler bei Winkelmessungen im Fernröntgenseitbild bis zu 1° betragen kann [1], verändert die Behandlung mit der Forsus™-Feder diese Winkel und Verhältnisse offensichtlich nicht bemerkenswert.

Bei Kindern mit unbehandelten Klasse-II-Anomalien bleiben der SN-MeGo-Winkel, der Basiswinkel und der Index während des Wachstums fast konstant [1]. Es gibt Veröffentlichungen, die bei Behandlung mit dem Jasper Jumper™ von einer Rotation der Mandibula im Sinne einer Bissöffnung berichten [3, 22], und andere, die diese nicht bestätigten [4, 12]. Der Inklinationswinkel verändert sich in allen Klasse-II-Studien kaum [1]. Da die Klasse-II-Korrektoren ungefähr entlang der Y-Achse wirksam sind, bleibt der Wert der Y-Achse konstant [2, 9, 20, 21].

In einigen Untersuchungen wird über eine Zunahme der unteren Gesichtshöhe berichtet, sowohl mit dem Herbst-Scharnier [10] als auch mit dem Jasper Jumper™ [3].

In unserer Studie fiel die Kippung der Okklusionsebene auf, die gemessen an der vorderen Schädelbasis eine Rotation im Sinne einer Bissöffnung erfuhr. Diese Öffnungsbewegung ist dental verursacht. Die Druckwirkung der Feder auf die oberen Molaren und auf die untere Front bewirkt eine Intrusion dieser Zähne [2–4, 10, 11, 20–22, 24], wodurch die Okklusionsebene kippt. Dies wurde auch bei Herbst-Scharnier- [3] und Jasper-Jumper™-Studien [2–4, 9, 20, 22] gefunden.

In dieser Untersuchung erfolgte die Reduktion des Overjets zu 33% skelettal (ss plus pg) und zu 66% dental (isss plus ii-pg). Die Molarenrelation wurde zu 39% skelettal (ss plus pg) und zu 61% dental (ms-ss plus mi-pg) verbessert. Die Korrektur des Distalbisses wurde folglich vorwiegend durch dentoalveoläre Effekte des Ober- und Unterkiefers korrigiert und in geringem Maße durch die veränderte Lage der Mandibula.

Mit dem Herbst-Scharnier sind die Okklusionsveränderungen je nach Untersuchung zwischen 30% und 60% ske-

and the Jasper Jumper™ [2–4, 9, 21, 24] report the same results. Without treatment the lower molars would drift only very slightly to mesial [6, 24].

In this study, the SN-MeGo angle, the angle of inclination, the basal plane angle, the Y-axis, the facial height ratio and the index underwent changes only in the range of -0.2° to $+0.2^\circ$. Since the measuring error in angle measurements in the lateral cephalogram may be up to 1° [1], treatment with the Forsus™ spring obviously has no major impact on these angles and relationships.

In children with untreated Class II malocclusion, the SN-MeGo angle, the basal plane angle and the index remain almost constant during growth [1]. Some publications report a rotation of the mandible in terms of a bite opening in association with the Jasper Jumper™ [3, 22] but others fail to confirm this [4, 12]. All Class II studies report virtually no change in the angle of inclination [1]. Since the fixed functional Class II appliances exert their effect approximately along the Y-axis, the value of the Y-axis remains constant [2, 9, 20, 21].

Some studies report an increase in lower facial height with both the Herbst appliance [10] and the Jasper Jumper™ [3].

In our study there was noticeable tipping of the occlusal plane which, measured at the anterior cranial base, underwent a rotation in terms of a bite opening. This opening movement is dentally induced. The pushing effect of the spring on the upper molars and on the lower incisors intrudes these teeth [2–4, 10, 11, 20–22, 24] with consequent tipping of the occlusal plane. This was also reported in studies on the Herbst appliance [3] and the Jasper Jumper™ [2–4, 9, 20, 22].

In the present study 33% of the reduction in overjet was skeletally (ss plus pg) and 66% dentally induced (is-ss plus ii-pg). The improvement in molar relationship was 39% due to skeletal changes (ss plus pg) and 61% due to dental movements (ms-ss plus mi-pg). The correction of the malocclusion was thus due mainly to dentoalveolar effects in the upper and lower jaws and, to a lesser extent, to the altered position of the mandible.

Depending on the study, the changes in occlusion achieved with the Herbst appliance are induced to between 30% and 60% by skeletal effects (ss plus pg) and to between 40% and 70% by dental effects [10–12, 14, 16, 18, 23]. In the case of the Jasper Jumper™ the skeletal component is between 40% and 50%, and the dental component between 50% and 60% [4, 20–22, 24].

During treatment with the Forsus™ spring the upper dental arch is expanded. The lower arch is also expanded as a result of interdigitation with the upper jaw. This effect has also been reported for the Herbst appliance [3] and the Jasper Jumper™ [2, 9]. Since the broadening also occurs in patients with a passively acting multibracket appliance, it cannot be the cause of the expansion. If no broadening of the dental arch is desired, then a transpalatal arch must be inserted.

lettal und zwischen 40% und 70% dental bedingt [10–12, 14, 16, 18, 23]. Mit dem Jasper Jumper™ liegt die skelettale Komponente bei 40–50% und der dentale Anteil bei 50–60% [4, 20–22, 24].

Während der Behandlung mit der Forsus™-Feder ergibt sich eine Expansion des oberen Zahnbogens und aufgrund der Interdigitation mit dem Unterkiefer auch des unteren. Diese Wirkung wurde auch für das Herbst-Scharnier [3] und den Jasper Jumper™ beschrieben [2, 9]. Da die Verbreiterung auch bei Patienten mit passiv eingesetzter Multi-Bracket-Apparatur auftritt, kann diese nicht die Ursache für die Expansion darstellen. Sofern keine Zahnbogenverbreiterung erwünscht ist, muss ein Transpalatinalbogen eingesetzt werden.

Die Distalokklusion und der vergrößerte Overjet konnten mit der Forsus™-Feder innerhalb kurzer Zeit erheblich verbessert werden. Auch einseitig eingesetzte Klasse-II-Korrektoren zur Verbesserung einer Mittellinienverschiebung zeigten guten Erfolg. Ob sich das Gerät auch zur Therapie einer Mesialbisslage, wie beispielsweise der Jasper Jumper™, eignet, lässt sich derzeit noch nicht beantworten [15].

Der Biss hob sich um 1,2 mm, was der Intrusion und Protrusion der unteren Front zuzuschreiben ist [24]. Dies ist ein nützlicher Effekt bei der Behandlung eines Tiefbisses.

Aus unserer Umfrage ging hervor, dass die Patienten mit dem eingegliederten Gerät gut zurecht kamen. Wichtig ist, den Patienten über mögliche Probleme im Vorfeld aufzuklären. So ist die Mundöffnung durch das Gerät ein wenig eingeschränkt. Es kann zu Problemen beim Essen, Sprechen oder Zähneputzen kommen. Möglicherweise verändert sich auch das Aussehen aufgrund der vorgewölbten Wangenpartien.

Wenn ein Patient über Schmerzen an den Innenseiten der Wangen klagt, ist in der Regel die Spannung der Feder zu stark, und das Metall schneidet in die Schleimhaut ein. Mit einer Verringerung der Spannung lässt sich dies meist schnell beheben.

Das Hauptproblem stellt für die untersuchten Patienten das Gähnen dar. In dieser Studie wurde der Klasse-II-Korrektor am Vollbogen im Unterkiefer eingesetzt. Mit der Verwendung eines Teilbogens hätte man einen größeren Gleitweg und somit auch eine noch größere Mundöffnung erzielen können [2, 19].

Insgesamt bevorzugten zwei Drittel der Jugendlichen die Forsus™-Feder gegenüber den Geräten, die sie zuvor zur Korrektur ihrer Klasse-II-Anomalie benutzt hatten, wie den Headgear oder intermaxilläre Gummizüge.

Schlussfolgerung

Die Forsus™-Feder stellt eine Alternative zu anderen Klasse-II-Korrektoren dar. Die erzielte Verlagerung der Mandibula führt zusammen mit dentalen Effekten zu einer Verbesserung der sagittalen Diskrepanz. Mit der Forsus™-

Distocclusion and enlarged overjet were improved considerably within a short time with the Forsus™ spring. Force modules inserted unilaterally to improve a midline displacement also showed good results. It cannot be stated at present whether the appliance can also be used to treat mesiocclusion, like the Jasper Jumper™, for example [15].

The overbite was decreased by 1.2 mm, which can be ascribed to the intrusion and protrusion of the lower incisors [24]. This is a beneficial effect in the treatment of deep bites.

The responses to our questionnaire indicated that the patients coped well with the inserted appliance. It is important to brief patients on potential problems beforehand. For example, mouth opening is slightly limited by the appliance, which may lead to problems when eating, speaking or cleaning the teeth, and the appearance may be altered as a result of the cheeks bulging.

If a patient complains of pain on the inside of the cheek, this is generally due to the spring being too firmly tensioned so that the metal cuts into the mucosa. This can usually be readily relieved by reducing the tension on the spring.

The main problem experienced by the patients was with yawning. In this study the force module for Class II correction was inserted on a continuous archwire in the lower jaw. A segmental archwire would have provided a longer sliding path, allowing the mouth to be opened wider [2, 19].

Overall, two-thirds of the adolescents preferred the Forsus™ spring to the appliance used previously for treatment of their Class II malocclusion, such as headgear or intermaxillary elastics.

Conclusion

The Forsus™ spring provides an alternative to other fixed functional Class II appliance systems. Together with dental effects, the mandibular displacement achieved leads to an improvement in sagittal discrepancy. The Forsus™ spring can be used to improve distocclusion and excessive overjet, irrespective of patient compliance.

References

1. Aelbers CMF, Dermaut LR. Orthopädie in der Orthodontie – Ein Literaturüberblick. *Inf Orthod Kieferorthop* 1999;31:65–79.
2. Blackwood HO. Clinical management of the Jasper Jumper. *J Clin Orthod* 1991;25:755–60.
3. Cope JB, Buschang PH, Cope DD, et al. Quantitative evaluation of craniofacial changes with Jasper Jumper therapy. *Angle Orthod* 1994;64:113–22.
4. Covell DA, Trammell DW, Boero RP, et al. A cephalometric study of Class II Division 1 malocclusions treated with the Jasper Jumper appliance. *Angle Orthod* 1999;69:311–20.
5. Ehmer U, Tulloch CJF, Proffit WR, et al. Internationaler Vergleich zur Frühbehandlung von Angle Kl.II/1-Dysgnathien. *J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop* 1999;60:392–408.
6. Gesch D. Eine longitudinale Untersuchung über das Wachstum bei unbehandelten Kindern mit Angle-Klasse II/1-Malokklusion. *J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop* 2000;61:20–33.
7. Hansen K, Pancherz H. Long-term effects of Herbst treatment in relation to normal growth development: a cephalometric study. *Eur J Orthod* 1992;14:285–95.
8. Herbst E. Dreißigjährige Erfahrungen mit dem Retentions-Scharnier. *Zahnärztl Rundschau* 1934;38,39,40:1514–24,1562–68, 1610–16.
9. Jasper JJ, McNamara JA. The correction of interarch malocclusions using a fixed force module. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108:641–50.
10. McNamara JA, Howe RP, Dischinger TG. A comparison of the Herbst and Fränkel appliances in the treatment of Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:134–44.
11. Obijou C, Pancherz H. Herbst appliance treatment of Class II, Division 2 malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:287–91.
12. Pancherz H. The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1982;82:104–13.

Feder steht ein Gerät zur Verfügung, mit dem innerhalb kurzer Zeit und ohne Mitarbeit des Patienten eine Verbesserung der Distalokklusion und der vergrößerten sagittalen Frontzahnstufe erreicht werden kann.

13. Pancherz H, Littmann C. Morphologie und Lage des Unterkiefers bei der Herbst-Behandlung. *Inf Orthod Kieferorthop* 1989;21:493–513.
14. Pancherz H, Ruf S, Kohlhas P. "Effective condylar growth" and chin position changes in Herbst treatment: A cephalometric roentgenographic long-term study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:437–46.
15. Pham T, Göz G, Bacher M, et al. Neue klinische Anwendungsmöglichkeiten des Jasper Jumpers. *J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop* 1996;57:366–71.
16. Ruf S, Pancherz H. The mechanism of Class II correction during Herbst therapy in relation to the vertical jaw base relationship: A cephalometric roentgenographic study. *Angle Orthod* 1997;67:271–6.
17. Ruf S, Pancherz H. Temporomandibular joint growth adaptation in Herbst treatment: a prospective magnetic resonance imaging and cephalometric roentgenographic study. *Eur J Orthod* 1998;20:375–88.
18. Ruf S, Pancherz H. Dentoskeletal effects and facial profile changes in young adults treated with the Herbst appliance. *Angle Orthod* 1999;69:239–46.
19. Schwindling F-P. Jasper Jumper™ Bildband. Merzig: Schwindling, 1995.
20. Stucki N, Bengt I. The use of the Jasper Jumper for the correction of Class II malocclusion in the young permanent dentition. *Eur J Orthod* 1998;20:271–81.
21. Wong GWK, So LLY, Hägg U. A comparative study of sagittal correction with the Herbst appliance in two different ethnic groups. *Eur J Orthod* 1997;19:195–204.
22. Weiland FJ, Bantleon HP. Treatment of Class II malocclusions with the Jasper Jumper appliance – a preliminary report. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:341–50.
23. Weiland FJ, Bantleon HP, Droschl H. Die Anwendung des Jasper Jumpers in der Funktionskieferorthopädie. *Prakt Kieferorthop* 1993;7:93–102.
24. Weiland FJ, Ingervall B, Bantleon HP, et al. Initial effects of treatment of Class II malocclusions with the Herren activator, activator-headgear combination and Jasper Jumper. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:19–27.
25. Woodside DG, Metaxas A, Altuna G. The influence of functional appliance therapy on glenoid fossa remodeling. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;92:181–98.

Correspondence Address

Prof. Dr. Dr. Gernot Göz
Department of Orthodontics
University
Osianderstrasse 2-8
72076 Tübingen
Germany
Phone (+49/7071) 298-2162, Fax -3488
e-mail: gernot.goez@med.uni-tuebingen.de