



Chris Köbel, Christine Fränkel, Christopher J. Lux

Der Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3

Teil I: Grundlagen und klinisches Management



Chris Köbel
Dr. med. dent.
Lehrbeauftragter der
Poliklinik für Kieferorthopädie
des Universitätsklinikums
Heidelberg und
Kieferorthopädische Praxis,
Zwickau
E-Mail:
chris.koebel@t-online.de

Christine Fränkel
Dr. med.
Kieferorthopädische Praxis,
Zwickau

Christopher J. Lux
Prof. Dr. med. dent.
Ärztlicher Direktor der
Poliklinik für
Kieferorthopädie des
Universitätsklinikums
Heidelberg

■ Einleitung

Diese Artikelserie soll den aktuellen Entwicklungsstand der verschiedenen Typen des Funktionsreglers nach Fränkel erläutern und ihre Rolle in der modernen Kieferorthopädie beleuchten. In den fast 45 Jahren nach Erstbeschreibung des Gerätes wurde der Funktionsregler weiterentwickelt. Eine erfolgreiche orofaziale Orthopädie nach Fränkel ist von einem korrekten klinischen und labortechnischen Vorgehen abhängig. Es sollen Antworten auf folgende Fragen geben werden:

■ Teil I

1. Wie hat sich der Funktionsregler hinsichtlich seiner Indikationen und Anwendungsbereiche weiterentwickelt? Welche Funktionsregler-Typen (FR-1, FR-2 und FR-3) sind für welche Anwendung besonders geeignet?
2. Wie erfolgt die klinische Vorbereitung für einen Funktionsregler idealerweise?

■ Teil II

3. Worauf ist bei der labortechnischen Umsetzung besonders zu achten und wo lauern Probleme?
4. Was muss der Behandler beim Einsetzen und bei weiteren Verlaufskontrollen beachten? Wie wird der Patient instruiert? Wann sind zusätzliche Lippenchlussübungen notwendig?

■ Die Grundtypen des Funktionsreglers

Es gibt nach Fränkel ursprünglich vier Grundtypen des Funktionsreglers. Die Bezeichnung erfolgt mit arabischen Ziffern.³ In der Vergangenheit führten die in älteren Büchern verwendeten römischen Ziffern^{4–6}, insbesondere bei handschriftlich ausgefüllten Technikaufträgen, vereinzelt zu Verwechslungen.

Mit den Funktionsreglern FR-1 und FR-2 kann eine Unterkieferrücklage mit vergrößertem Overjet (Angle-Klasse II/1) therapiert werden. Der FR-3 wird zur Therapie von Anomalien des progenen Formenkreises genutzt, insbesondere bei vorliegender Unterentwicklung des Oberkiefers. Der Anwendungsbereich des FR-4, nämlich die Therapie einer skelettalen Hyperdivergenz mit einem frontal offenen Biss, wird durch einen modifizierten FR-1 abgedeckt. Somit ist die Beschränkung auf nur drei Grundtypen sinnvoll. Auch die Unterteilung in Subtypen, welche früher mit Kleinbuchstaben gekennzeichnet wurden, ist weggefallen. Modifikationen der Grundtypen sind dennoch in bestimmten Fällen sinnvoll, diese erläutert die Artikelserie ausführlich.

■ Wirkungsweise des Funktionsreglers

Der Funktionsregler (ganz gleich ob FR-1, FR-2 oder FR-3) ist ein kieferorthopädisches Behandlungsgerät, welches das Konzept einer „funktionellen Orthopädie“ nach Roux⁷ im orofazialen Bereich realisieren soll. Vorrangig sollen dabei Haltungsfehler und abwegige tonische Funktionsmuster der Muskulatur korrigiert werden, welche eng mit der jeweils vorliegenden Dysgnathie

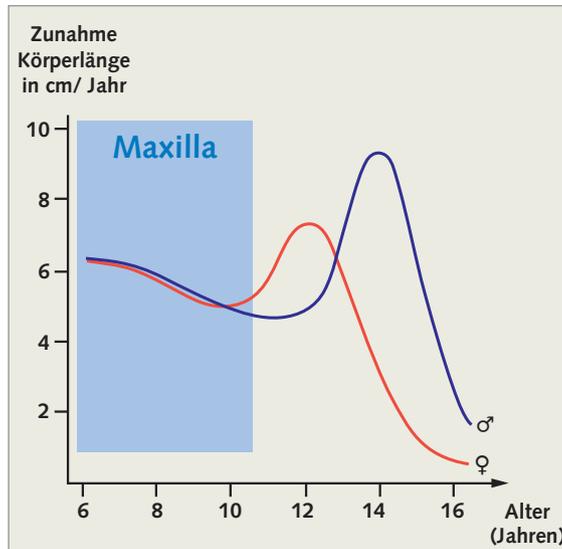


Abb. 1 Optimaler Zeitpunkt für die suturalskelettale Wachstumsbeeinflussung des Oberkieferkomplexes: blau markiert (Wachstumskurven modifiziert nach Largo et al.²⁶).

zusammenhängen können. Der Funktionsregler folgt dabei dem Prinzip einer „erzwungenen Gymnastik“, d. h. der Patient lernt damit neue Funktionsmuster.⁸

Zudem wird ein physiotherapeutischer Effekt angenommen, der die Weichteilkapsel dehnt und streckt.³ Ober- und Unterkiefer vergrößern sich nicht durch interstitielles Wachstum, sondern durch Lageveränderungen (Displacement) und Knochenapposition an den Außenflächen (Remodelling).⁹ Fehlentwicklungen im Bereich der zirkumoralen Kapsel wirken sich nach Fränkel und Fränkel negativ auf diese Verlagerungsprozesse aus. Da die Weichteilkapsel vorwiegend aus Muskeln besteht, beeinflusst deren Tonus die Zahn- und Kieferposition. Eine verkleinerte Weichteilkapsel kann sich beispielsweise restriktiv auswirken. Die Weitung der umgebenden Strukturen durch die vestibulären Schilde des Funktionsreglers soll diese strukturellen und funktionellen Restriktionen beseitigen, die Verlagerungsprozesse ermöglichen und somit zur physiologischen Größenentwicklung der Kiefer führen.⁸

■ Indikationen und Therapie-Zeitpunkt

■ Frühbehandlung

Als Frühbehandlungsgerät kommt der FR-3 bei einem Missverhältnis im Wachstum beider Kiefer, d. h. bei einer Unterentwicklung (Mikro-/Retrognathie) des

Oberkiefers und/oder Überentwicklung (Makro-/Prognathie) des Unterkiefers zum Einsatz. Er wird also bei Patienten mit transversaler und/oder sagittaler Unterentwicklung des Oberkiefers beziehungsweise Überentwicklung des Unterkiefers angewendet. Hervorzuheben hierbei ist, dass der FR-3 bei vielfältigen vertikalen Entwicklungsmustern eingesetzt werden kann; beispielsweise ist der FR-3 auch bei einer zusätzlich vorliegenden skelettalen Hyperdivergenz beziehungsweise einer posterioren Rotation des Unterkiefers geeignet.³

Der therapeutische Effekt des FR-3 ergibt sich einerseits durch einen vergrößerten oralen Funktionsraum im Bereich des Oberkiefers sowie durch eine transversale und sagittale Nachentwicklung der apikalen Basis des Oberkiefers mit Displacement, andererseits durch die gehemmte mandibuläre Translation beziehungsweise dorsal gerichtete Wachstumsumlenkung.³

Bei Angle-Klasse-III-Dysgnathien ist das skelettale Therapieergebnis bei frühem Behandlungsbeginn am besten.^{10–12} So muss ein therapeutischer Ausgleich einer maxillären Unterentwicklung frühzeitig, d. h. im Milch- beziehungsweise frühen Wechselgebiss erfolgen (Abb. 1). Die Behandlung mit dem Funktionsregler FR-3 sollte idealerweise nach dem vollständigen Durchbruch der Sechsjahr-Molaren begonnen werden.

■ Spätbehandlung

Mit fortgeschrittenem Alter ist das Ausmaß des maxillären Displacements sehr reduziert, jedoch kann der Funktionsregler auch hier bis zum 16. Lebensjahr³ die periostal vermittelte Knochenapposition und die Weichteilentwicklung positiv beeinflussen.

■ Retentionsphase

Generell stellt die orthodontische Zahnbewegung eine Veränderung des bestehenden Gleichgewichts dar. Bei einer mechanisch veränderten Position der Zähne beziehungsweise der Kiefer muss sich daher als Rezidivprophylaxe auch der Gleichgewichtszustand ändern, insbesondere wenn es sich um expansive Maßnahmen handelt. Kommt der Funktionsregler als abschließendes Behandlungsgerät zum Einsatz,



hilft er abwegige Funktionsmuster zu beheben und beugt so einem Rezidiv vor. Insbesondere gilt dies nach erfolgter kieferorthopädischer-kieferchirurgischer Kombinationsbehandlung, da hier durch die operative Lageveränderung der Kiefer zueinander massiv in ein bestehendes Gleichgewicht der Weichteile eingegriffen wurde. Auch bei einem frühen Behandlungsbeginn kann der abschließend eingegliederte FR-3 zum Beispiel eine Protraktion des Oberkiefers, welche mittels Delaire-Maske erreicht wurde, sehr gut stabilisieren.¹³ Nach transversaler Nachentwicklung des Oberkiefers mit aktiven kieferorthopädischen Geräten (Kappenschiene, Transversal-Platte usw.) kann der FR-3 ebenfalls als Retentionsgerät die apikale Basis günstig beeinflussen.

■ Aufbau und Funktion der einzelnen Elemente

Der Funktionsregler Typ FR-3 (Abb. 2) besteht aus zwei Bukkalschilden, Oberlippenpelotten, dem unteren Labialdraht, dem Palatinalbügel und einem Protrusionsbogen im Oberkiefer sowie Drahtauflagen auf den jeweils letzten Molaren im Ober- und Unterkiefer.

■ Bukkalschilde und Lippenpelotten

Der untere Teil der Bukkalschilde liegt dem Alveolarfortsatz und den Außenflächen der Seitenzähne des Unterkiefers eng an. Damit soll einer übermäßigen Entwicklung des Unterkiefers entgegengewirkt werden. Zudem wird so im Zusammenspiel mit dem Labialdraht und den unteren Molaren-Auflagen ein stabiler Halt des Gerätes auf dem Unterkiefer erreicht. Im Oberkiefer stehen die Schilde von den Außenflächen des Alveolarfortsatzes ab (Abb. 3a und 3b). Sie sollen gemeinsam mit den ebenfalls abstehenden Lippenpelotten (Abb. 3c) die äußere Weichteilkapsel in ihrem oberen Anteil weiten, um so Platz für die transversale und sagittale Nachentwicklung zu schaffen (Abb. 3d).⁹ Gleichzeitig führt dies zu einer Dehnung und Streckung der Weichteilkapsel (Abb. 4a und b).

Zudem entsteht durch die hohe Lage der Oberlippenpelotten in der Umschlagfalte eine Zugspan-

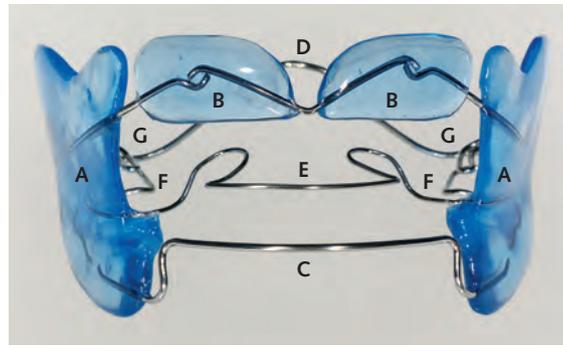


Abb. 2 Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3. A: Bukkalschilde, B: Oberlippenpelotten, C: unterer Labialdraht, D: Palatinalbügel, E: Protrusionsbogen, F: Molarenauflagen im Unterkiefer, G: Molarenauflagen im Oberkiefer.



Abb. 3a und b Der Abstand der Bukkalschilde im Oberkiefer sollte zwischen 2 und 3 mm betragen. Im Unterkiefer liegen die Schilde eng an.

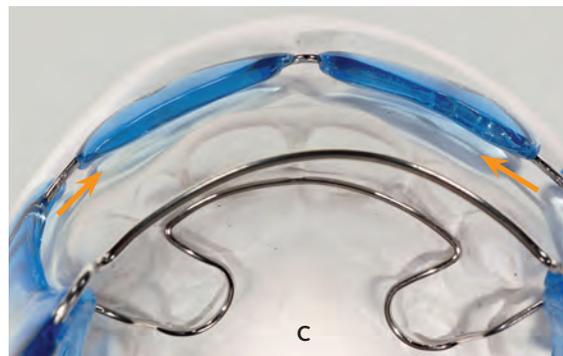


Abb. 3c Die Lippenpelotten stehen 2,5 bis 3 mm vom Alveolarfortsatz des Oberkiefers ab.

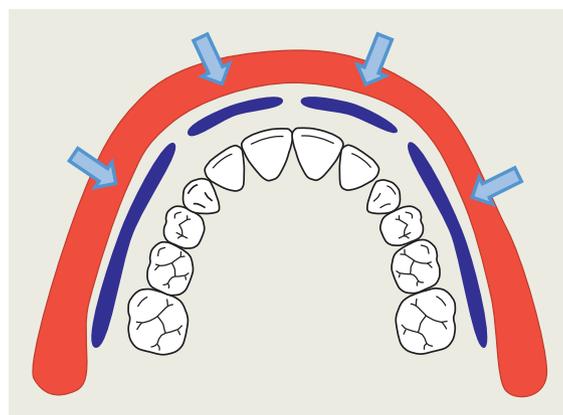


Abb. 3d Durch die abstehenden Wangenschilde und Lippenpelotten wird das Gleichgewicht zwischen oralen und perioralen Weichteilen im maxillären Bereich verändert. So soll die transversale und sagittale Entwicklung des Oberkiefers begünstigt werden.

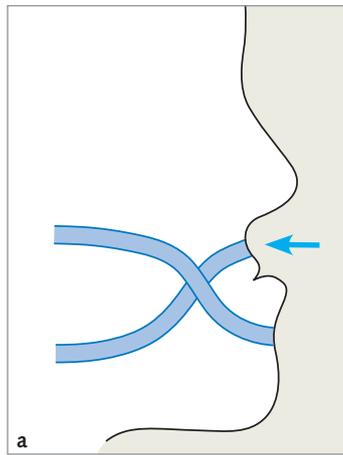


Abb. 4a Inadäquate Raumentwicklung der zirkumoralen Kapsel durch strukturelle und funktionelle Abwegigkeiten der „kapsulären Matrix“ (nach Fränkel et al.³).

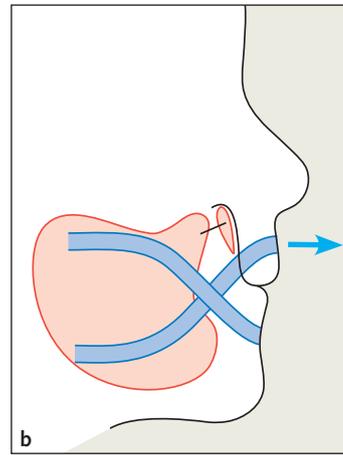


Abb. 4b Nach Einsetzen des Funktionsreglers FR-3 werden die Weichteile im oberen Anteil gedehnt und so die Dysbalancen beseitigt (nach Fränkel et al.³).

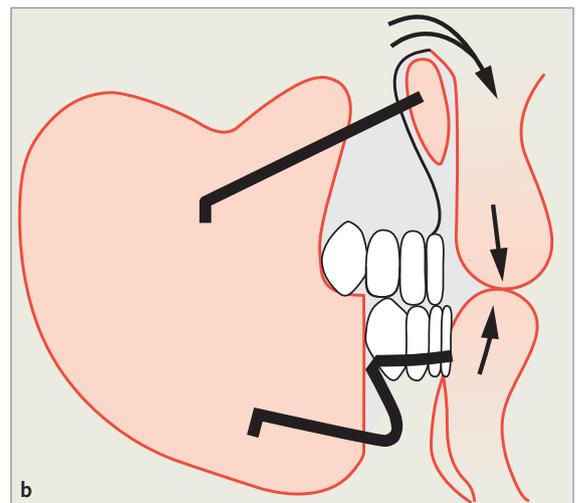
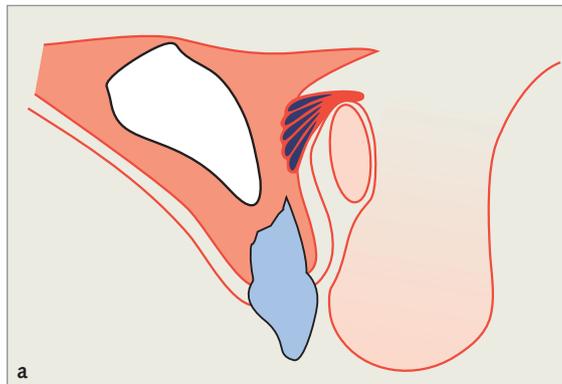


Abb. 5 Die Lippenpelotten des FR-3 lagern sich hoch in die Umschlagfalte ein. Durch den Lippenschluss entsteht eine erhebliche Zugspannung am Periost des Oberkiefer-Alveolarfortsatzes.

nung (Abb. 5). So wird ein nach anterior gerichteter Zug über die an der Alveolarbasis ansetzenden Muskulatur erzeugt. Nach Delaire¹⁴ ist der Ansatz der Weichteile, besonders der der Muskulatur in diesem Bereich, bedeutend für die Sagittalentwicklung des Oberkiefers.

Die so gedehnte und in Spannung versetzte Weichteilkapsel übt einen nach dorsal gerichteten Druck auf die Lippenpelotten und somit auf den gesamten Funktionsregler aus. Über den Labialdraht und die eng anliegenden unteren Anteile der Seitenschilde wird diese induzierte Dorsalverlagerung des Gerätes direkt auf den Unterkiefer übertragen. Wirken nun die Protraktoren dieser Kraft entgegen, erhöht sich folglich wieder die Zugspannung im anterioren Vestibulum des Oberkiefers. Es resultiert ein „floating effect“, der die Entwicklung des Oberkiefers fördert und die des Unterkiefers hemmt (Abb. 6).

Beginnt die Behandlung mit dem FR-3 unmittelbar nach dem Durchbruch der Sechsjahres-Molaren, haben die Lippenpelotten neben der physiotherapeutischen Wirkung, welche durch die Dehnung und Streckung der Weichteilkapsel erzielt wird, und der „erzwungenen Gymnastik“ noch einen weiteren positiven Effekt. Zum Zeitpunkt der ersten Zuwachszahnung sind die oberen mittleren Schneidezähne in der Regel noch nicht beziehungsweise nicht vollständig durchgebrochen.¹⁵ Bei physiologischer Entwicklung nimmt beim Tausch der Schneidezähne im Oberkiefer die Zahnbogenlänge zu, da sich die Kronen der permanenten Inzisiven auf einer deutlich weiter vestibulären Zirkumferenz als jene der Milchsneidezähne positionieren.^{16,17} Die abstehenden Lippenpelotten beeinflussen diesen eruptiven Pfad vorteilhaft, indem sie die Weichteilkapsel abhalten und somit Raum für einen stärker sagittal gerichteten Durchbruch schaffen (Abb. 7a bis d).

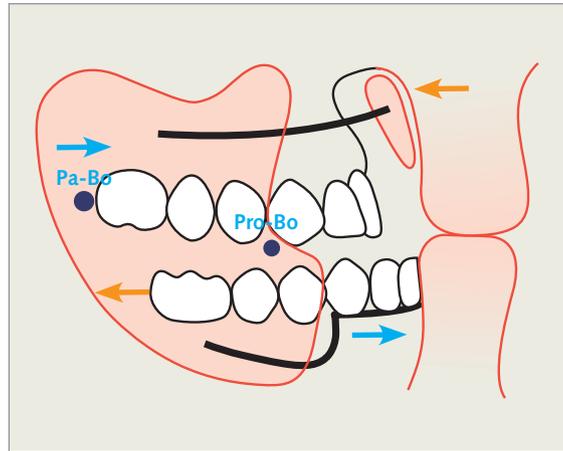


Abb. 6 Das dynamische Wechselspiel begünstigt eine sagittale Nachentwicklung des Oberkiefers bei gleichzeitiger Hemmung der Translation des Unterkiefers. Um die Dorsalverlagerung des Funktionsreglers nicht zu behindern, darf sich die Überführung des Protrusionsbogens nicht interdental einlagern, sonst resultiert ein unerwünschter „Headgear-Effekt“.

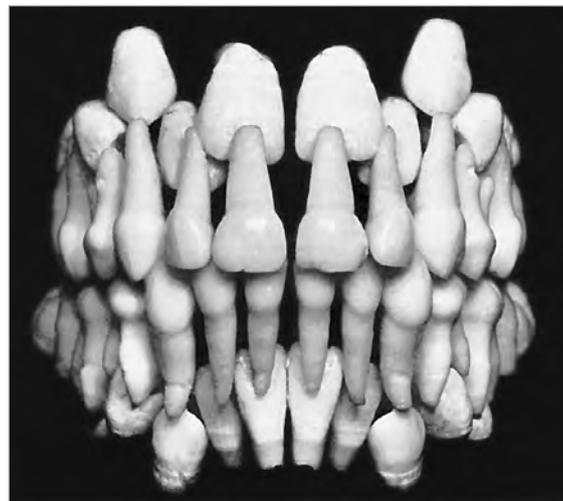


Abb. 7a Lagebeziehung der Milchschnidezähne und der Keime der permanenten Inzisiven im Alter von circa fünf bis sechs Jahren (nach van der Linden et al.²⁷).

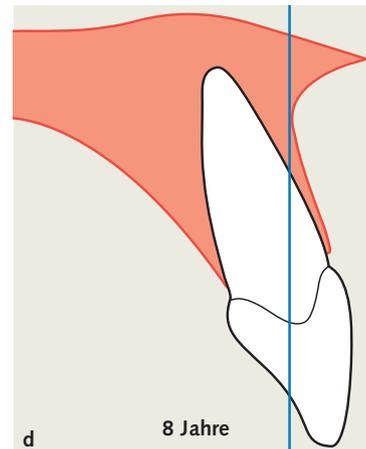
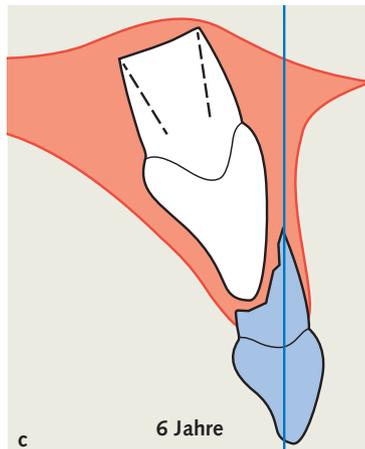
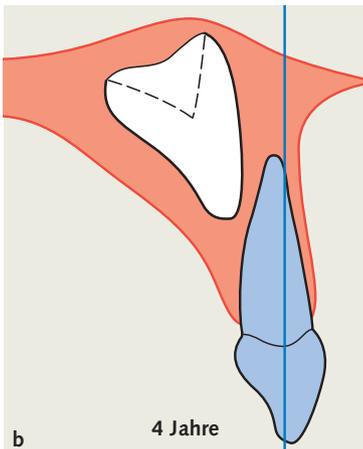


Abb. 7b bis d Durchbruchweg der OK-1er von kranial-palatalinal nach kaudal-vestibulär (nach van Waes et al.²⁶).

■ Drahtelemente im Oberkiefer

Der Protrusionsbogen (Abb. 8, A) ist das einzige federaktive Element des FR-3. Bei einem frontalen Kreuzbiss wird mit ihm die Labialklippung der oberen Schneidezähne und somit das Überstellen des umgekehrten Schneidezahnüberbisses erreicht. Der hori-

zontale Anteil liegt dabei im inzisalen Drittel den Palatinalflächen der oberen Schneidezähne an und der Behandler kann diesen im Bereich der U-Schlaufen entsprechend aktivieren. Ist der frontale Kreuzbiss überstellt, sollte der Protrusionsbogen nur noch passiv anliegen, um die erreichte Schneidezahnstellung zu sichern.

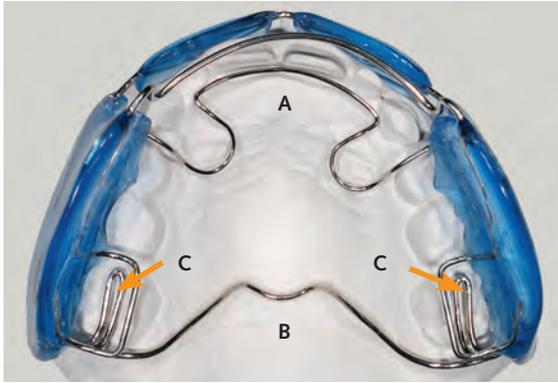


Abb. 8 Der Funktionsregler FR-3 wurde auf dem Oberkiefermodell platziert. A: Protrusionsbogen, B: Palatinalbügel, C: Auflagen für die oberen endständigen Molaren.

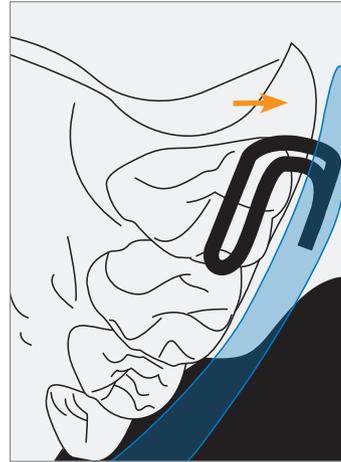


Abb. 9 Rechte Molarenauflage im Oberkiefer, Ansicht von dorsal: Beim Zusammenbeißen entsteht im Sinne einer schiefen Ebene ein nach vestibulär gerichteter Druck.

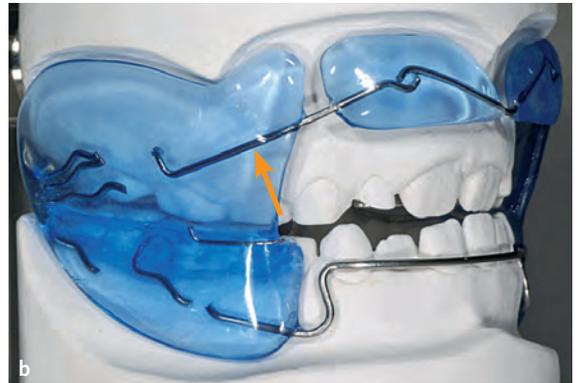
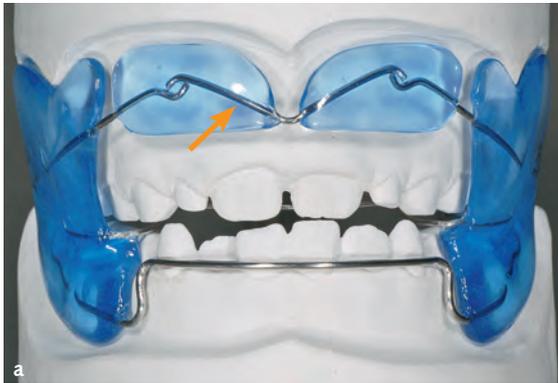


Abb. 10 Funktionsregler FR-3 zusammen mit Ober- und Unterkiefermodell im Fixator. Ansicht von vorn, Pfeil: mittlerer Verbindungsdraht (a). Ansicht von rechts. Pfeil: seitlicher Verbindungsdraht (b).

Der Palatinalbogen (Abb. 8, B) ist ein passives Element. Er versteift das Gerät transversal und darf nicht aktiviert werden. Manipulationen nach Fertigstellung des Gerätes wirken sich negativ auf die Passgenauigkeit aus. Insbesondere sitzen die Wangenschilde im Bereich des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes nicht mehr exakt, was die Funktion des FR-3 beeinträchtigt und zu Druckstellen führen kann.

Liegt zu Beginn der Behandlung ein frontaler Kreuzbiss vor, muss der Biss mittels einer schlaufenförmigen Drahtauflage beiderseits auf dem letzten oberen Molaren (Abb. 8, C) soweit gesperrt werden, dass die Schneidezähne entkoppelt sind. Nach Erreichen eines gesicherten Overbites können die Molarenauflagen im Oberkiefer entfernt werden. Die Schenkel der Schlaufe liegen den okklusalen Flächen der vestibulären Höcker an. So werden die oberen Molaren nicht an ihrer Lateralbewegung gehindert. Diese gewünschte Lateralbewegung kann sogar unterstützt werden (Abb. 9).

Die drei Verbindungsdrähte im Oberkiefer sichern die Lage der Lippenpelotten. Der mittlere Draht (Abb. 10a) verbindet die beiden Pelotten miteinander. Er ist v-förmig gebogen und umgeht so das Lippenbändchen. Der Scheitel liegt in etwa in der Höhe des Unterrandes der Lippenpelotten. Die seitlichen Drähte (Abb. 10b) stellen die Verbindung zu den Bukkalschilden her.

■ Drahtelemente im Unterkiefer

Der Labialbogen im Unterkiefer (Abb. 11) ist ebenfalls ein passives Element. Zusammen mit den unteren Anteilen der Wangenschilde umschließt er den Unterkiefer fest. So wirkt er auch einer weiteren Überentwicklung des Unterkiefers entgegen.

Die Drahtauflagen auf den Unterkiefermolaren sind obligatorisch und dürfen im Gegensatz zu den

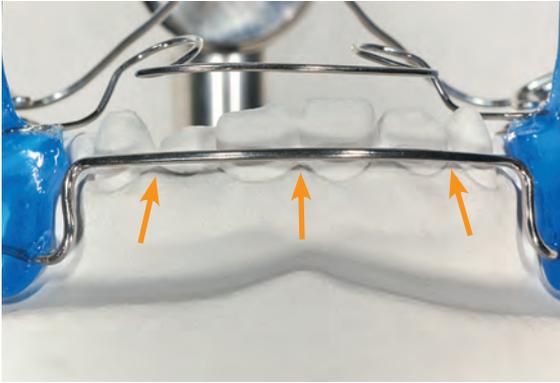


Abb. 11 Funktionsregler FR-3 auf dem Unterkiefermodell, Ansicht von vorn. Der Labialdraht liegt den Schneide- und Eckzähnen des Unterkiefers in Höhe der Papillen eng an.

oberen Auflagen auch im Verlauf der Behandlung keinesfalls entfernt werden. Sie sichern den Halt des Funktionsreglers auf dem Unterkiefer und verhindern das Absinken des Gerätes nach kaudal (Abb. 12).

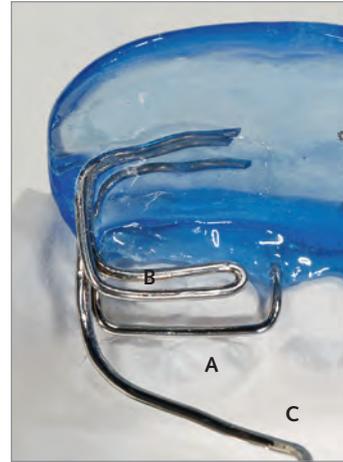
■ Literaturstudien

Zur Behandlung von Angle-Klasse-III-Anomalien ist der Funktionsregler Typ FR-3 in Deutschland sehr verbreitet.¹⁸ In der Literatur werden folgende Behandlungseffekte zum Teil sehr kontrovers diskutiert:

- sagittale Nachentwicklung des Oberkiefers
- transversale Nachentwicklung des Oberkiefers
- Wachstumshemmung/-lenkung des Unterkiefers
- dentoalveoläre Effekte

Im Folgenden soll auf diese Effekte kurz eingegangen werden. Levin et al.¹⁹ werteten in einer retrospektiven Untersuchung diagnostische Unterlagen von 32 Patienten aus, die von Prof. Rolf Fränkel mit einem Funktionsregler FR-3 behandelt wurden. Durchschnittlich erfolgte die aktive Behandlung über einen Zeitraum von 2,5 Jahren, gefolgt von einer Retentionsphase von circa drei Jahren. Im Vergleich mit einer Kontrollgruppe unbehandelter Angle-Klasse-III-Fälle der Universitäten von Florenz und Michigan wurden signifikante Verbesserungen sowohl der Größe als auch der Lage des Oberkiefers festgestellt. Die Sagittalentwicklung im Mittelgesichtsbereich war im Durchschnitt in der Behandlungsgruppe 3,6 mm stärker als in der Kontrollgruppe. Eine Hem-

Abb. 12 Funktionsregler FR-3 auf dem Unterkiefermodell. Die unteren Molarenauflagen liegen jeweils in der Längsfissur des 6ers – hier Auflage für Zahn 36 (A); Auflage für den 6er im Oberkiefer (B); Palatinalbogen (C).



mung des Unterkieferwachstums konnte nicht nachgewiesen werden. Jedoch verkleinerte sich der Gonion-Winkel signifikant. Die erreichte Lageveränderung der Kiefer zueinander sowie die Okklusionsbeziehungen blieben über die Zeit des pubertären Wachstumsschubes hinaus stabil.

Ähnliche Ergebnisse beschreiben Falck und Zimmermann-Menzel.²⁰ Es wurden 56 Patienten mit einem FR-3 behandelt. In den ersten ein bis zwei Jahren der aktiven Behandlung sollte der Funktionsregler 24 Stunden täglich getragen werden. Für die folgenden zwei bis drei Jahre wurde die Tragezeit auf nachts und 4–5 Stunden tagsüber reduziert. Wie auch von Levin et al. beschrieben, konnte eine Stimulation der horizontalen Oberkieferentwicklung nachgewiesen werden. Zudem wurde eine Verkleinerung des Gonion-Winkels mit einem tendenziell rückverlagerten Unterkiefer sichtbar. Auch in dieser Studie konnte eine tatsächliche Hemmung des Unterkieferwachstums, also der Länge des Corpus beziehungsweise des Ramus nicht nachgewiesen werden.

Miethke et al.²¹ beschreiben ebenfalls eine positive Stimulation der Oberkieferentwicklung hin zu einem mehr physiologischen Wachstumsmuster durch eine Therapie mit dem Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3. Sie verglichen 42 Patienten (Durchschnittsalter 7,5 Jahre), welche mittels FR-3 über einen Zeitraum von drei bis vier Jahren behandelt wurden, mit einer Kontrollgruppe von 16 Patienten, welche nur geringe Fehlstellungen der Zähne aufwiesen. Übereinstimmend mit den Ergebnissen von Falck und Zimmermann-Menzel sowie Levin et al. offenbarte

die Auswertung wie schwierig es ist, das Unterkieferwachstum zu hemmen.

Kalavritinos et al.²² schlussfolgerten, dass durch eine Klasse-III-Behandlung mit dem FR-3 der Oberkiefer verbreitert werden konnte, bei gleichzeitiger Zunahme der Unterkieferzahnbogenbreite und geringer Abnahme der Zahnbogenlänge des Unterkiefers. Eine Vergrößerung des ANB-Winkels, des Overjets sowie der Gesichtskonvexität wurden ebenfalls als positive Effekte beobachtet. Es erfolgte allerdings kein Vergleich mit einer unbehandelten Kontrollgruppe.

Baik et al.²³ konnten durch Fernröntgenaufnahmen keine nennenswerten therapeutischen Effekte auf den Oberkiefer durch die FR-3-Behandlung nachweisen. Einschränkend ist zu betonen, dass die Untersuchung an Koreanern durchgeführt und der Beobachtungszeitraum von 1,3 Jahren sehr kurz gewählt wurde. Zudem weicht die in dieser Veröffentlichung abgebildete Apparatur deutlich von dem durch Fränkel beschriebenen Funktionsregler FR-3 ab.

Kerr et al.²⁴ behandelten 30 Klasse-III-Patienten mit dem FR-3. Ähnlich wie Baik et al. konnten im Vergleich mit einer Kontrollgruppe keine nennenswerten skelettalen Effekte im Oberkiefer festgestellt werden. Allerdings fehlt in dieser Studie gänzlich eine Beschreibung oder Abbildung der verwendeten Apparatur.

Obwohl kein systematischer Review durchgeführt wurde, zeigt ein Teil der bestehenden Untersuchungen, dass durch die Therapie mit dem FR-3 eine

transversale und sagittale Nachentwicklung, einhergehend mit einer positiven Entwicklung des anterior-kaudalen Displacements des Oberkiefers erreicht werden kann. Hingegen sind die therapeutischen Effekte auf den Unterkiefer als gering einzuschätzen. Eine direkte Hemmung des Unterkieferwachstums ist unwahrscheinlich. Es kann vielmehr eine horizontal gerichtete Wachstumsumlenkung erzielt werden.

■ Klinische Vorbereitung

■ Abformung des Ober- und Unterkiefers

Proffit unterscheidet bei den funktionskieferorthopädischen Geräten zwischen zahn- („tooth borne“) und schleimhautgetragenen („tissue borne“) Apparaturen.²⁵ Bei dem Funktionsregler nach Fränkel handelt es sich um ein überwiegend schleimhautgetragenes funktionskieferorthopädisches Gerät, d. h. der Funktionsregler nutzt im Gegensatz zu den überwiegend zahnetragenen Apparaturen das Vestibulum als apparative Basis. Dies ist nicht nur bei der klinischen Anwendung relevant, sondern bereits bei der Fertigung des Funktionsreglers zu beachten. Neben den Zahnreihen und den Außenflächen der Alveolarfortsätze muss deshalb insbesondere auch die Umschlagfalte vollständig abgeformt sein (Abb. 13). Für die Abformung sind anatomisch gestaltete perforierte Abdrucklöffel mit einer Flügelhöhe von 15 mm geeignet (Abb. 14). Es hat sich beim Mischen



Abb. 13a Alginatabformung des Oberkiefers. Das Vestibulum muss zirkulär, inklusive der Ansätze von Wangen- und Lippenbändchen detailgetreu wiedergegeben werden.



Abb. 13b Alginatabformung des Unterkiefers. Neben dem Vestibulum ist die exakte Wiedergabe der Bukkalfläche des Alveolarfortsatzes sehr wichtig.

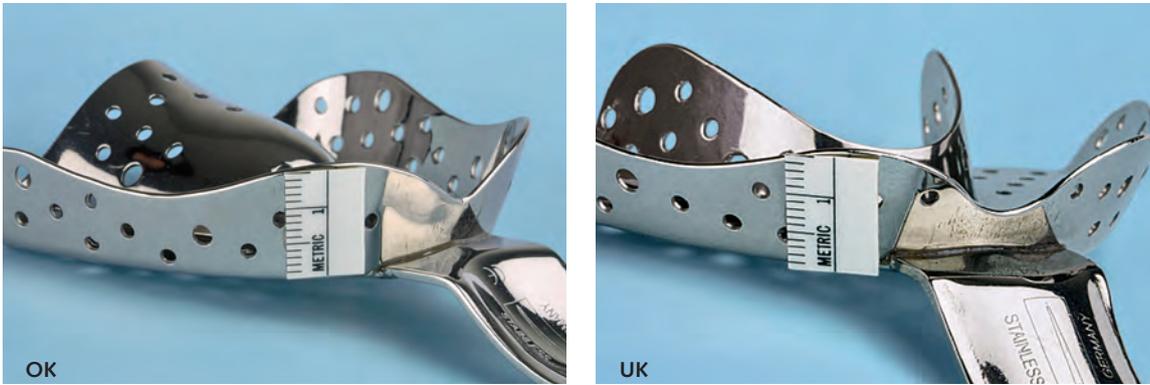


Abb. 14 Anatomisch geformte, perforierte Abdrucklöffel mit einer Flügelhöhe von 15 mm.



Abb. 15 Um die ideale Konsistenz des Abformmaterials zu erhalten, sollten vier Löffel Alginat-Pulver mit knapp drei Einheiten Wasser gemischt werden.

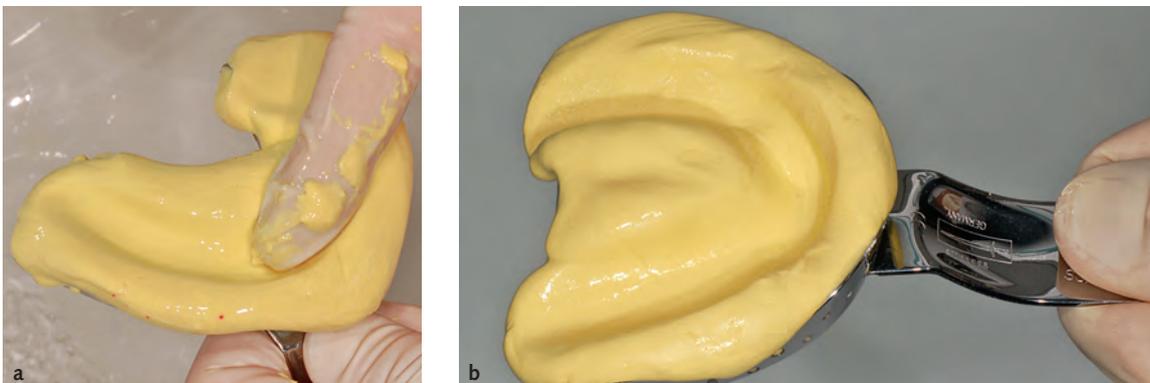


Abb. 16 Zuerst sollte eine Vertiefung für den Zahnbogen eingearbeitet werden, um eine exakte Abformung aller Strukturen zu gewährleisten.

des Alginats bewährt, das Verhältnis der Komponenten etwas zugunsten des Pulvers zu verändern. Wir empfehlen, nur gut drei Viertel der vom Hersteller angegebenen Wassermenge zu verwenden (Abb. 15). Die Abformmasse erhält so eine pastöse Konsistenz. Das knetbare Gemisch kann jetzt besser auf dem Abdrucklöffel appliziert werden. Mit dem angefeuchteten Finger sollte jetzt noch eine zirkuläre Ver-

tiefung eingearbeitet werden. Das hat den Vorteil, dass beim Andrücken des Abformlöffels im Mund die Okklusalfächen der Zähne, der Alveolarfortsatz und der Bereich der Umschlagfalte nahezu zeitgleich Kontakt mit der Abformmasse haben. Somit steht ausreichend Material für eine exakte Abformung des Vestibulums zur Verfügung (Abb. 16).

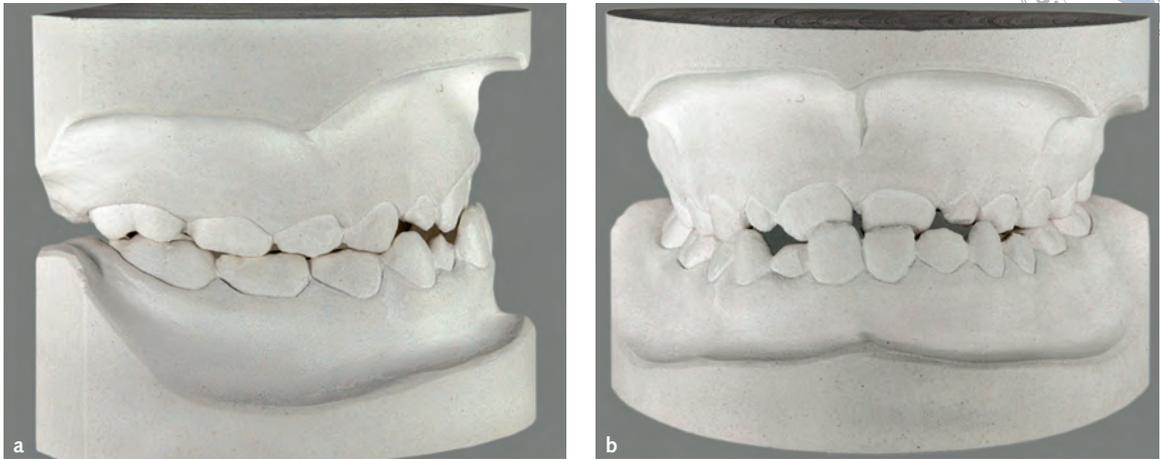


Abb. 17a und b Okklusionsbefund, Ansicht von lateral (a) und frontal (b).

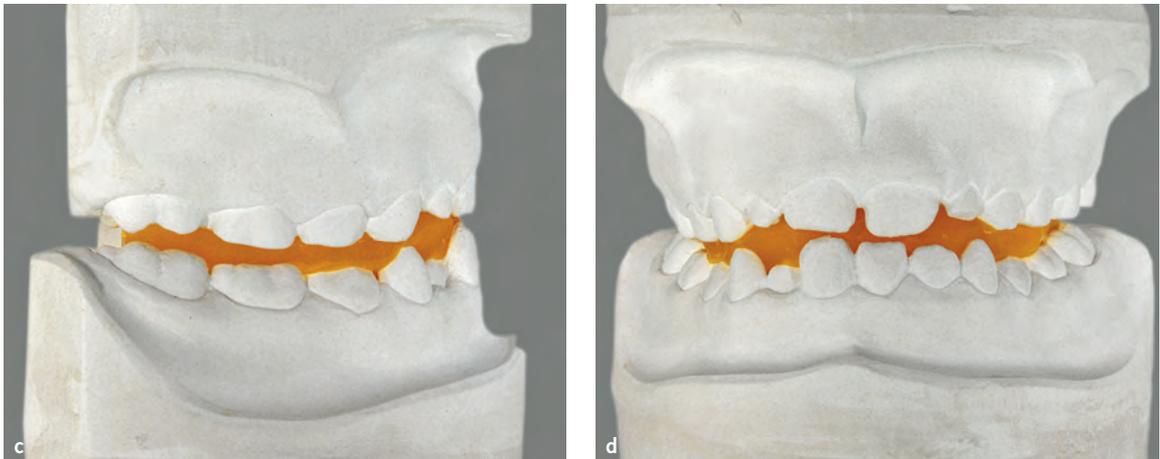


Abb. 17c und d Entsprechend des Konstruktionsbisses zusammengesetztes Modellpaar. Die Bissperre ermöglicht knapp die Entkopplung des frontalen Kreuzbisses.

■ Konstruktionsbiss

Da für die Fabrikation des Funktionsreglers die Modelle in einem Fixator artikuliert werden, ist die Anfertigung eines Konstruktionsbisses notwendig. Der Biss sollte nur soweit gesperrt werden, dass ein eventuell frontaler Kreuzbiss gerade überstellt werden kann (Abb. 17). Liegt kein frontaler Kreuzbiss vor, ist ein interokklusaler Abstand von circa 1,5 mm im Molarenbereich zum Platzieren der Auflagen ausreichend. Eine übermäßige Bissperre im Frontzahngelände ist in jedem Fall zu vermeiden. Dadurch wäre der, für den therapeutischen Erfolg wichtige Lippenchluss erschwert oder gar unmöglich. Zudem leidet bei übertriebener Bissperre der Tragekomfort, was sich wiederum nachteilig auf die Compliance auswirken könnte.

■ Messen der Vestibulumtiefe

Um nach dem Einsetzen des Funktionsreglers eine entsprechende Zugwirkung zu erzielen, müssen sich die Oberlippenpelotten tief ins Vestibulum einlagern. Mit einem entsprechenden Messinstrument lässt sich die Tiefe der Umschlagfalte austasten (Abb. 18). Dieser Wert dient dem Labortechniker als Orientierung, wie weit das Gipsmodell im Bereich der anterioren Umschlagfalte nachbearbeitet werden muss, um später die korrekte Lage der Pelotten zu gewährleisten.

Im zweiten Teil dieser Artikelserie: „Der Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3 – Teil II: Klinisches Management und Besonderheiten der Herstellung“ wird detailliert auf die labortechnische Umsetzung eingegangen. Zudem wird erläutert, was beim Einsetzen des Gerätes, bei der Patienteninstruktion und bei den klinischen Verlaufskontrollen zu beachten ist.

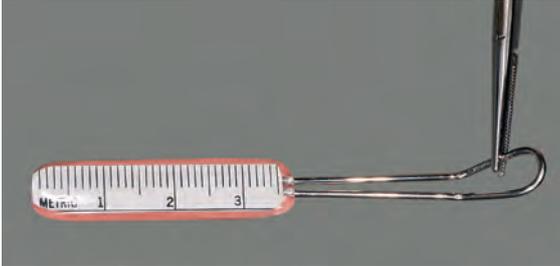


Abb. 18a Messinstrument mit Millimeterskala zum bestimmen der Vestibulum-Tiefe.



Abb. 18b Es wird der Abstand von der Umschlagfalte bis zum Gingivalsaum des seitlichen Schneidezahns gemessen und auf dem Technizettel vermerkt.

■ Literatur

- Fränkel R. Funktionskieferorthopädie und der Mundvorhof als apparative Basis. Berlin: Volk und Gesundheit, 1969.
- Fränkel R. The treatment of Class II, Division 1 malocclusion with functional correctors. *Amer J Orthodont* 1969;55: 265-275.
- Fränkel C, Fränkel R. Der Funktionsregler in der orofazialen Orthopädie. Heidelberg: Hüthig, 1992.
- Fränkel R. Technik und Handhabung der Funktionsregler. Berlin: Volk und Gesundheit, 1973.
- Fränkel R. Technik und Handhabung der Funktionsregler. Berlin: Volk und Gesundheit, 1976.
- Fränkel R. Technik und Handhabung der Funktionsregler. Berlin: Volk und Gesundheit, 1984.
- Roux W. Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. Leipzig: W. Engelmann, 1895.
- Fränkel R, Fränkel C. Die klinische Bedeutung des Roux'schen Konzepts in der orofazialen Orthopädie. *J Orofac Orthop* 2001;62:1-21.
- Enlow DH, Hans MG. *Essentials of Facial Growth*. Second Edition. Ann Arbor: Needham Press, 2008.
- Franci L, Baccetti T, McNamara JA. Postpubertal assessment of treatment timing for maxillary expansion and protraction therapy followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:555-568.
- Lang M, Droschl H. Progenie – Frühbehandlung oder Spätbehandlung? Eine vergleichende Studie. *Inf Orthod Kieferorthop* 2001;33:329-342.
- Saadia M, Torres E. Sagittal changes after maxillary protraction with expansion in class III patients in the primary, mixed, and late mixed dentitions: a longitudinal retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:669-680.
- Pangrazio-Kulbersh V, Berger J, Kersten G. Effects of protraction mechanics on the midface. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:484-491.
- Delaire J. The potential role of facial muscles in monitoring maxillary growth and morphogenesis. Ann Arbor: Craniofacial Publications, 1978.
- Schroeder HE. *Orale Strukturbiologie*. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme, 1992.
- Morreess CA. *The Dentition of the Growing Child*. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1959.
- Morreess CA, Gron AM, Le Bret LM, Yen PK, Fröhlich FJ. Growth studies of the dentition: A review. *Am J Orthod* 1969; 55:600-616.
- Korbmacher H, Kahl-Nieke B, Schnabel S. Die Kieferorthopädische Frühbehandlung in Deutschland bei Anomalien des progenen Formenkreises. *J Orofac Orthop* 2000;61:168-174.
- Levin AS, McNamara JA, Franchi L, Baccetti T, Fränkel C. Short-term and long-term treatment outcomes with the FR-3 appliance of Fränkel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 134:513-524.
- Falck F, Zimmermann-Menzel K. Cephalometric changes in the treatment of Class III using the Fränkel appliance. *J Orofac Orthop* 2008;69:99-109.
- Miethke RR, Lindenau S, Dietrich K. The effect of Fränkel's function regulator type III on the apical base. *Eur J Orthod* 2003;25:311-318.
- Kalavritinos M, Papadopoulos MA, Nasiopoulos A. Dental Arch and Cephalometric Changes Following Treatment for Class III Malokklusion by Means of the Function Regulator (FR-3) Appliance. *J Orofac Orthop* 2005;2:135-147.
- Baik HS, Jee SH, Lee KJ, Oh TK. Treatment effects of Fränkel functional regulator III in children with Class III malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:294-301.
- Kerr WJS, TenHave TR, McNamara JA. A comparison of skeletal and dental changes produced by Function Regulators (FR-2 and FR-3). *Eur J Orthod* 1989;11:235-242.
- Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary Orthodontics*. Fourth Edition. St. Louis: Mosby Elsevier, 2007.
- van Waas HJM, Stöckli WP. *Farbatlanten der Zahnmedizin Bd. 17: Kinderzahnmedizin*. Stuttgart: Thieme, 2000.
- van der Linden FPGM, Duterloo HS. *Die Entwicklung des menschlichen Gebisses*. Ein Atlas. Berlin: Quintessenz, 1980.