

# Clinical Implication of Roux's Concept in Orofacial Orthopedics

## Die klinische Bedeutung des Roux'schen Konzepts in der orofazialen Orthopädie

Rolf Fränkel<sup>1</sup>, Christine Fränkel<sup>2</sup>

### Abstract

Long-term follow-up studies have revealed that the shields of the function regulator are capable of influencing the circumoral soft tissue capsule in size and shape. As a result, the disturbed or restricted displacement of teeth and jaw bones could be corrected. The dramatic changes in dentoskeletal development thus achieved demonstrate the morphogenetic impact of the circumoral capsule. In clinical application, the function regulator offers the opportunity to realize Roux's concept of functional orthopedics in the treatment of orofacial dysmorphology, as has long been practiced in the medical field of orthopedics.

### Key Words

Roux's functional orthopedics · Circumoral soft tissue capsule · Displacement movements · Bone remodeling · Dentofacial development · Function regulator · Sensory motor feedback

J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop 2001;62:1–21

DOI 10.1007/s00056-001-0037-6

### Introduction

Over 100 years ago, the noted German anatomist Roux [62] evolved the "law of functional adaptation" and conceptualized the clinical approach of "functional orthopedics". Accordingly the fundamental principle of functional orthopedics is "... to learn new neuromuscular performance patterns and to provide security and ease in their performance by muscle exercises and training" (translated from German). This concept has long been a key principle in the

### Zusammenfassung

Langzeitbeobachtungen haben den Nachweis erbracht, dass die Schilde des Funktionsreglers die zirkumorale Weichteilkapsel in Größe und Form zu beeinflussen vermögen. Auf diese Weise konnte die gestörte bzw. behinderte Verlagerung von Zähnen und Kieferknochen korrigiert werden. Die dramatischen Veränderungen im dentoskelettalen Bereich, die damit erreicht werden, zeigen die morphogenetische Bedeutung der zirkumoralen Weichteilkapsel. In klinischer Nutzenanwendung bietet der Funktionsregler die Möglichkeit, das Roux'sche Konzept der funktionellen Orthopädie bei der Behandlung der Fehlentwicklungen von Gebiss und Gesichtsskelett zu realisieren, wie es seit langem in der medizinischen Disziplin der Orthopädie praktiziert wird.

### Schlüsselwörter

Funktionelle Orthopädie nach Roux · Zirkumorale Weichteilkapsel · Verlagerungsprozesse · Knochenumbau · Dentofaziale Entwicklung · Funktionsregler · Sensory-Motor-Feedback

### Einleitung

Vor etwa 100 Jahren hatte der deutsche Anatom Roux [62] das Gesetz der funktionellen Anpassung entwickelt, das besonders für das Fachgebiet der Orthopädie von klinischer Bedeutung sei. Danach bestehen die Aufgaben einer funktionellen Orthopädie darin, „neue Funktionsweisen zu erlernen und durch Übung Leichtigkeit und Sicherheit in der Ausführung derselben zu erwerben“. Dieses Konzept hat in der medizinischen Disziplin der Orthopädie seit langem klinische Anwendung gefunden. Seither sind, neben mechanischen Behandlungsweisen und chirurgischen Maßnahmen, orthopädische Gymnastik und Muskeltraining integraler Bestandteil der Behandlung.

Häupl [42] kommt das Verdienst zu, die Bedeutung des Roux'schen Konzepts für unser Fachgebiet erkannt zu haben. Für ihn war es Ausgangspunkt und Grundlage für die Ent-

<sup>1</sup> Professor Emeritus, Institute for Dentofacial Orthopedics, Heinrich-Braun-Hospital, Zwickau, Germany,

<sup>2</sup> Private orthodontic practice, Zwickau, Germany.

Submitted: 16 June 2000; accepted: 10 Aug 2000.

medical profession of orthopedics and, whatever mechanical or surgical procedures are employed, muscle exercises and training have been integral parts of orthopedic treatment ever since.

Häupl [42] recognized the impact of Roux's concept on our field and used it as a frame of reference in developing the system of "functional jaw orthopedics". He started from Andresen's monobloc, assuming that this device was capable of correcting jaw dysmorphology by applying "functional stimuli". He argued that the monobloc is, biologically, much superior to all other devices. The use of fixed appliances was regarded as a simple mechanistic approach and therefore categorically rejected, which led to the unfortunate dichotomy between the American orthodontists and the European jaw orthopedists.

Another serious mistake made by Häupl was to disregard Roux's claim that changes in neuromuscular behavior result from a process of learning. A biologically realistic interpretation of muscle function and its influence on dentofacial development requires integration of the central nervous system, which regulates and controls all muscular functions. The musculature and the nervous system are inseparably linked, and a treatment procedure must address the central nervous system in order to achieve a change in neuromuscular behavior, a concept that was overlooked by Häupl [18, 22, 32].

Notwithstanding the objections to Häupl's concept, his name has gone down in history. More important than the emphasis he placed on Andresen's monobloc and his erroneous conclusions about its mode of action, Häupl's greatest impact on the development of our field came from his efforts in encouraging a necessary change in its concepts and goals. He proposed a new theoretical framework for the etiology and pathogenesis of craniofacial deformities incorporating functional influences.

When one conceives of neuromuscular functions as playing a role in dentofacial development, the statement made by Edward Angle in the last edition of his textbook [1] should be taken into consideration. It is now 100 years ago since he wrote: "We are just beginning to recognize how universal and varied the harmful habits of the tongue and lips are, how powerful and persistent their influence is in the production and maintenance of occlusal anomalies, how difficult they are to cope with, and how little prospect for success a treatment has as long as these habits are not eliminated." In retrospect, he was ahead of his time when he prospectively recognized the clinical impact of Moss' functional matrix theory and the epigenetic control system [56, 57]. According to this, the growth and development of the alveolar process, including its very being and maintenance, is due to the inductive potential of the tooth as the essential epigenetic growth factor. Therefore, moving the teeth into proper anatomic positions appeared to be of primary importance, for the formation of an adequate shape and size of the alveolar process can be expected to result.

wicklung des Systems der Funktionskieferorthopädie. Er glaubte, dass der von Andresen entwickelte Monoblock die Realisierung des Roux'schen Konzepts in unserem Fachgebiet möglich mache. Die Behandlung mit den orthodontischen festsitzenden Geräten bezeichnete er als simples Mechanikertum und lehnte ihre Verwendung kategorisch ab. Mit der Umbenennung unseres Fachs in Kieferorthopädie wollte er sich von der mechanistisch, auf das Gebiss orientierten Orthodontie der USA distanzieren.

Nach Roux besteht die wichtigste Aufgabe einer funktionellen Orthopädie darin, neue Funktionsmuster zu erlernen. Alles Lernen vollzieht sich im Gehirn. Eine Korrektur abwegiger Funktionsmuster der Muskulatur lässt sich nur über einen Lernprozess erreichen, der im Zentralnervensystem vor sich geht. Mit den so genannten „funktionskieferorthopädischen Geräten“ lässt sich diese Aufgabe nicht bzw. nur ungenügend lösen, da sie die zentralnervösen Regelmechanismen nicht anzusprechen vermögen.

Bei der Entwicklung seiner Arbeitshypothese für die Behandlung mit dem Monoblock sind Häupl schwere Irrtümer unterlaufen, worauf wir in Monographien und Artikeln ausführlich eingegangen sind [18, 22, 32]. Trotz aller kritischen Einwände, der Name Häupl ist in die Geschichte unseres Fachgebiets eingegangen. Um die Verdienste Häupls zu würdigen, muss man wissen, dass er für das Fach Orthodontie nicht das geringste Interesse gezeigt hat. Mit der Mechanik eines Apparats hat er sich nur am Rande befasst. In erster Linie kam es ihm darauf an, einen Wandel von der gebissorientierten Orthodontie hin zum ärztlichen Denken und Handeln zu bewirken. Mit der Anwendung des Roux'schen Konzepts der funktionellen Orthopädie glaubte er, dass eine erfolgreiche Behandlung der Kieferskelettfehlentwicklungen möglich sei. Unser Fachgebiet als eine Subspezies der medizinischen Disziplin der Orthopädie zu entwickeln, war das wichtigste Ziel seiner Bemühungen.

Es ist bemerkenswert, dass die Notwendigkeit einer funktionellen Behandlungsweise schon vorher erkannt worden war, und zwar von dem Begründer unseres Fachgebiets, von Edward Angle. In der letzten Ausgabe seines Lehrbuchs [1] schreibt er: „Wir beginnen gerade erst zu erkennen, welchen allgemeinen und verschiedenartigen Einfluss die abwegigen Funktionen von Wangen, Zunge und Lippen bei der Entstehung und Persistenz der Okklusionsanomalien haben, wie schwierig es ist, ihnen beizukommen, und wie wenig Aussicht auf einen bleibenden Behandlungserfolg besteht, solange diese Fehlfunktionen nicht behoben werden.“ Damit war Angle seiner Zeit weit voraus. In gewissem Sinne hat er die klinische Bedeutung des Konzepts der „funktionellen Matrix“ von Moss [56, 57] bereits erkannt. Danach kommt dem Zahn als Faktor der funktionellen Matrix bei der Entwicklung des Alveolar-knochens große Bedeutung zu. Nach Angle besteht die wichtigste Aufgabe einer orthodontischen Behandlung darin, den Zahn in eine anatomisch korrekte Position zu bewegen, um eine adäquate Entwicklung des Alveolarfortsatzes zu erreichen.

The edgewise technique, as created by Angle, rendered a three-dimensional tooth movement possible, as a result of which the state of the art in orthodontics has been significantly advanced. However, when he observed rebound and relapse in so many cases after removal of the appliance, he recognized that the tooth cannot be the only factor of epigenetic growth.

No one else, before or since, recognized so clearly what an important role functional disorders play in the etiology of malocclusions and the need to address these functional aberrations in order to achieve a stable treatment result. In view of Angle's creativity and his contributions to scientific progress in orthodontics, it is hard to understand why his late statement has been completely ignored.

#### **Postretention Stability as a Criterion of Success**

Hardly any problem that has been discussed in orthodontics and orthognathic surgery as often and intensively as the stability of treatment post retention. Numerous articles have appeared about the tendency to relapse after removal of the retainers. Even a perfect alignment of the teeth is rarely maintained permanently after removal of the retainers. Neither descriptive characteristics nor cephalometric data at the initiation of treatment were found to have any value in explaining postretention relapse [45, 46, 53, 63, 67]. Moorrees [55] rightly emphasized: "Do not discharge the case or abandon retainers until there is reasonable expectation of permanence."

Enlow [9] has been dealing with the delicate interface of basic science with the clinical practice of orthodontics throughout his career. In his excellent book "Essentials of Facial Growth" he writes: "... the potential for relapse exists when the functional developmental, or biomechanical aspects of growth among the key parts clinically are altered to a physiologically imbalanced state. The underlying conditions that led to the pretreatment dysplasia still can exist and thus trigger the growth process to rebound in response to those conditions." Therefore, it is of utmost clinical importance to explore what factors of the underlying conditions may play a role in causing rebound and relapse.

However, we should realize that the clinician's ability to provide a biological explanation of how any given treatment procedure actually operates is severely limited unless it is borne in mind that there are 2 histogenic recipients of clinical intervention:

1. regional remodeling, taking place in the osteogenic tissues, and
2. the displacement movements of the various parts of the cranium.

The latter is a basic growth function, a pacesetter for bone enlargement. A bone is not enlarged by interstitial growth, but rather by deposition of new bone on its external surfaces. This bone deposition can not take place, however, unless space is made available by a primary displacement of

In der Entwicklung der Edgewise-Technik, die eine körperliche Bewegung der Zähne möglich machte, sah er die Lösung des therapeutischen Problems. Das Rezidiv, das er nach einer orthodontischen Behandlung so häufig beobachtete, veranlasste ihn jedoch zum Umdenken. Ihm war klar geworden, dass der Zahn nicht der alleinige Faktor der funktionellen Matrix sein könne, der die Entwicklung des dentoalveolären Fortsatzes kontrolliert.

Mit seinem Statement hatte Angle erkannt, dass eine auf die Morphologie fixierte Diagnostik und Therapie nicht genüge. Man müsse die funktionellen Einflüsse der Muskulatur einbeziehen, um bei der Behandlung der Gebissfehlbildungen erfolgreich sein zu können. Leider hat dies bei der Würdigung seiner Verdienste um unser Fachgebiet nicht die gebührende Beachtung gefunden.

#### **Die Stabilität des Behandlungsergebnisses als Kriterium für den Erfolg der Behandlung**

Es gibt kaum ein Problem, das in unserer Fachdisziplin so oft und intensiv in Schrift und Wort diskutiert worden ist wie das Problem des „Rezidivs“. Viele Autoren sind der Meinung, dass selbst das Resultat einer perfekt gelungenen orthodontischen Behandlung nach Entfernen des Retainers zum Rezidiv neigt. Nachuntersuchungen in dem Forschungszentrum der Universität von Washington haben gezeigt, dass die zu Beginn der Behandlung bestehenden morphologischen Kriterien keinen Wert haben, das Phänomen des Rezidivs nach Abschluss der Retention zu erklären [45, 46, 53, 63, 67]. Moorees [55] hat mit Nachdruck betont, dass man die Behandlung nicht beenden, die Retainer nicht entfernen sollte, bevor man nicht mit der Stabilität des Behandlungsergebnisses rechnen könne.

Einen wertvollen Beitrag zu dem Problem des Rezidivs hat Enlow [9] geleistet. Er schreibt: „Die Neigung zum Rezidiv ist gegeben, wenn funktionelle oder biomechanische Faktoren, die während der Entwicklung eine wichtige Rolle spielen, durch unsere Behandlung verändert werden. Hierdurch wird das bestehende physiologische Gleichgewicht gestört. Bleiben solche unphysiologische Zustände, die bei der Entstehung morphologischer Abweichungen ursächlich eine Rolle gespielt haben, nach der Behandlung unverändert bestehen, so können sie kompensatorische Prozesse auslösen, die sich im Sinne des Rezidivs auswirken.“ Es ist daher von größter klinischer Bedeutung, herauszufinden, welche Faktoren die Entwicklung der kraniofazialen Morphogenese gestört haben könnten.

Nach Enlow kann man eine Erklärung für die Wirkungsweise eines orthopädischen Geräts nur dann finden, wenn man berücksichtigt, dass bei der kraniofazialen Morphogenese zwei sehr unterschiedliche Wachstumsprozesse wirksam werden:

1. die regionalen Umbauprozesse, die sich in den kraniofazialen Wachstumszonen vollziehen, und
2. die Verlagerungsprozesse, die zu einer Lageveränderung der verschiedenen Teile des Schädels führen.

the teeth or bones, which makes the significance of the displacement movement in craniofacial development obvious.

It appears reasonable to conclude that morphological disharmonies are to be attributed to a disturbed or restricted displacement movement. Bones or teeth cannot move themselves. For an understanding of the special significance of the displacement process in craniofacial growth, it is important to know what forces may displace bones and teeth during growth.

Certainly, a great number of moving factors are involved in the displacement process. However, the clinician has to select those limited factors which are of clinical relevance. From this viewpoint, intrinsic genetic factors are of no clinical concern because they cannot be modulated by means of orthodontic or orthopedic appliances. The expansion of the dental arches routinely achieved by means of projecting vestibular shields suggests that the circumoral soft tissue capsule may play an important role in determining the displacement movement of the hard tissues it encloses.

#### **The Circumoral Capsule as a Determinant of the Displacement Movements**

At the present time dentofacial deformities are commonly believed to be based primarily on morphologic disharmonies. Thus, the space deficiency in the dentoalveolar arches is to be attributed to a morphologic malrelationship between tooth size and arch size. Therefore, it seems reasonable to solve the existing space problem by extracting 4 premolars. However, the question arising is why the recurrence of crowding is observed so frequently even though the space deficiency in the dental arches is corrected by removing teeth. We propose that the discrepancy between tooth size and arch size should be seen in a causal relationship with an inadequate volume of the circumoral capsule that does not permit the teeth to move into correct positions.

Our clinical observations suggest that a discrepancy between tooth size and arch size should be attributed to a deficient displacement movement which, in turn, is to be attributed to insufficient development of the circumoral capsule. When crowding is treated by removing teeth, it is the morphologic manifestation of a disturbed displacement movement that is treated. In other words, a symptom is treated, but not the cause.

Long-term follow-up studies have revealed that the shields of the function regulator are capable of eliminating the restricting effect of a spatially underdeveloped capsule. Thus, an early intervention with the function regulator-appliance offers the opportunity to eliminate this restrictive effect, permitting normal displacement of the teeth and the facial bones. Long-term follow-up studies have also revealed that adequate development of the alveolar process right up to the apical base can be achieved [3, 10, 11, 21, 28, 34, 37, 47, 48, 65].

The circumoral capsule plays a role not only in the development of the dentoalveolar structures but also in that

Die letztgenannten Wachstumsprozesse sind von fundamentaler Bedeutung, sie sind die „Schrittmacher“ für die Entwicklung des Skeletts. Oberkiefer wie auch Unterkiefer vergrößern sich nicht durch interstitielles Wachstum, sondern durch Knochenapposition an ihren Außenflächen. Diese Knochenapposition kann jedoch nicht stattfinden, wenn nicht vorher durch die Lageveränderung von Knochen und Zähnen entsprechend Platz geschaffen wurde.

Hierdurch wird ersichtlich, welche große morphogenetische Bedeutung den Verlagerungsprozessen zukommt. Unter diesem Aspekt ließen sich die morphologischen Fehlentwicklungen auf einen gestörten bzw. behinderten Verlagerungsprozess zurückführen. Knochen und Zähne haben keine Füße, sie können sich nicht selbst aus eigener Kraft bewegen. Um die Bedeutung der Verlagerungsprozesse im kraniofazialen Bereich verstehen zu können, ist es außerordentlich wichtig zu wissen, welche Kräfte bei den Verlagerungsprozessen wirksam werden.

Hierbei spielt eine große Zahl von Faktoren eine Rolle. Von praktischer Bedeutung sind aber nur diejenigen Faktoren, die wir mit unseren Behandlungsmöglichkeiten beeinflussen können. Aus diesem Grund haben genetische Faktoren keine direkte klinische Bedeutung, da sie sich durch unsere orthodontischen oder orthopädischen Geräte nicht verändern lassen.

#### **Die zirkumorale Weichteilkapsel und ihr Einfluss auf die Verlagerungsprozesse**

Zur Zeit werden die Fehlentwicklungen im dentofazialen Bereich ursächlich durch morphologische Kriterien erklärt. Der Platzmangel im dentoalveolären Bereich wird ursächlich auf ein Missverhältnis zwischen der Größe der Zähne und der Länge des Zahnbogens zurückgeführt. Es erscheint daher folgerichtig, den bestehenden Platzmangel durch Extraktion von Zähnen zu beheben. Man muss sich jedoch fragen, warum dann das Rezidiv des Engstands trotz der Extraktion von Zähnen wieder auftritt. Wir glauben, dass die Diskrepanz zwischen Zahngröße und Zahnbogenlänge in einem ursächlichen Zusammenhang mit einer ungenügend ausgebildeten zirkumoralen Kapsel gesehen werden muss, die die Zähne daran hindert, sich in korrekte anatomische Stellungen zu bewegen.

Die langjährige klinische Erfahrung lässt den Schluss zu, dass eine Diskrepanz zwischen Zahngröße und Zahnbogenlänge ursächlich auf einen ungenügenden Verlagerungsprozess zurückgeführt werden muss, der sich letztlich durch eine ungenügende Raumentwicklung der zirkumoralen Kapsel erklärt. Wenn Zahnengstand durch Extraktion von Zähnen behoben wird, behandelt man das morphologische Erscheinungsbild eines gestörten Verlagerungsprozesses. Das heißt, ein Symptom wird behandelt, nicht die Ursache.

Langzeitbeobachtungen haben gezeigt, dass die Schilde des Funktionsreglers den restriktiven Effekt einer ungenügenden Ausbildung der Kapsel eliminieren können. Eine

of the facial skeleton. Thus, deficient growth of the jaws in Class II as well as in Class III patients may be attributed to a deficient displacement movement which, in turn, is to be attributed to deficient development of the circumoral capsule.

It can, of course, be argued that the clinical significance of the displacement movements has long been recognized and applied in routine practice. The functional jaw orthopedic devices, otherwise known as functional appliances, operate by displacing the lower jaw, altering the position of the condyle relative to the fossa and creating a space between the condyle and the fossa. This stimulates the osteogenic layers of the intermediate tissues to close the space. Therefore, an enlargement of the condyle into the space can be expected to occur, as observed in experimental animals when protrusive devices are used [49–52, 61]. When the position of the condyle relative to the glenoid fossa is displaced more strongly, as with the Harvold or Herren appliance, the osteogenic tissues not only of the condyle but also of the fossa are activated to close the space. Thus, remodeling and relocation of the fossa may occur.

In the treatment of mandibular retrusion by means of so-called functional appliances, the position of the mandible is commonly advanced by 6 mm or more. Such artificial displacement of the mandible constitutes a crude mechanical intervention which is in sharp contrast to the very gradual displacement movement that takes place during growth. What takes 20 years or more during natural growth is performed mechanically within minutes. The abrupt change in condylar position is a severe violation of the structural and functional equilibrium. It lacks any scientific basis when an elongation of the condyle achieved by means of these appliances is determined as stimulation of condylar growth.

The above considerations strongly suggest that the spatial inadequacy of the circumoral capsule is a major factor in restricting the displacement of the mandible and hence its enlargement. Therapeutically, then, the reestablishment of an adequate size and shape of this capsule is the primary target of treatment. However, clinical observations have demonstrated that the present types of appliances are obsolete since they cannot change the size and shape of the circumoral capsule as desired. Also, we should bear in mind that this capsule consists primarily of muscles, whose tonicity is an important factor in controlling the volume of the capsule. Consequently, the structural deviation of the circumoral capsule is only a part of treatment and that aberrant neuromuscular behavior cannot be left untreated. An existing spatial inadequacy of the circumoral capsule can be treated successfully, but only if the structural and functional deviations of the capsular muscles are corrected concomitantly.

Advances in appliance design have considerably advanced the state of the art in orthodontics. Moyers [58], considering the future development of new methods of orthodontic treatment, suggested that the emphasis should shift from altering the occlusion directly to altering the con-

rectzeitige Behandlung mit dem Funktionsreglergerät bietet die günstige Möglichkeit, diesen restriktiven Effekt, der sich besonders durch abwegige Funktionen der kapsulären Muskulatur erklärt, auszuschalten. So kann die Verlagerung der Zähne während ihrer Eruption günstig beeinflusst werden. Die Behandlungsergebnisse, die wir auf diese Weise erzielen konnten, zeigen, dass damit die Entwicklung des Alveolarfortsatzes bis hin zur apikalen Basis günstig beeinflusst werden kann [3, 10, 11, 21, 28, 34, 37, 47, 48, 65].

Die morphogenetische Bedeutung der zirkumoralen Weichteilkapsel ist jedoch nicht nur für die Entwicklung des dentoalveolären Fortsatzes von Bedeutung, sondern auch für die des gesamten Gesichtsskeletts. So sollte eine Entwicklungshemmung der Kiefer in Fällen der Klasse II und Klasse III auf einen ungenügenden Verlagerungsprozess zurückgeführt werden, der sich durch eine inadäquate Raumentwicklung der zirkumoralen Kapsel erklärt. Natürlich kann man argumentieren, dass diese ursächlichen Zusammenhänge in unserem Fachgebiet schon seit langem erkannt sind und in der kieferorthopädischen Praxis Anwendung gefunden haben. Die so genannten funktionskieferorthopädischen Geräte verlagern den Unterkiefer in rostraler Richtung. Damit wird die Position der Kondyle innerhalb der Gelenkgrube verändert. So entsteht ein Raum zwischen Kondyle und der Gelenkgrube. Auf diese Weise werden die osteogenen Gewebestrukturen im Zwischenraum stimuliert, den entstandenen Raum zu schließen. So kommt es, wie das auch im Tierexperiment erfolgt, zu einer Verlängerung der Kondyle in den entstandenen Raum [49–52, 61]. Wenn die Lage der Kondyle stärker verändert wird, wie es bei der Verwendung des Harvold- oder Herren-Aktivators geschieht, so werden nicht nur die osteogenen Gewebe am Kondylus, sondern auch die in der Gelenkgrube aktiviert, um den Raum zu schließen. Auf diese Weise kommt es zum Umbau nicht nur am Kondylus, sondern auch in der Fossa, ganz ähnlich wie im Tierexperiment, wenn protrusive Geräte verwandt wurden.

Bei der Behandlung der mandibulären Retrusion mit Hilfe der so genannten funktionellen Geräte wird der Unterkiefer gewöhnlich um 6 mm oder mehr vorverlagert. Eine solche künstliche Verlagerung des Unterkiefers bedeutet eine grobe mechanische Intervention, die sich deutlich unterscheidet von der sehr allmählichen Verlagerung, die während des Wachstums stattfindet. Was während des Wachstums 20 Jahre und mehr Zeit benötigt, wird mechanisch innerhalb von Minuten künstlich herbeigeführt. Man sollte sich im Klaren sein, dass eine so plötzliche Veränderung in der Kondylenposition eine grobe Verletzung des strukturellen wie auch funktionellen Gleichgewichts bedeutet. Wenn dann die Verlängerung der Kondyle, die man mit Hilfe dieser Geräte erreicht, als Stimulation des Wachstums bezeichnet wird, so wird die Komplexität des kraniofazialen Wachstums übersehen. Die morphogenetische Bedeutung der zirkumoralen Weichteilkapsel wird hierbei außer Acht gelassen.

ditions which determine the pattern of occlusal development. This means that the emphasis for the clinician has to change from the product of growth to the causative mechanisms; this may provide better diagnoses and increase the scope of our knowledge about orthopedic approaches.

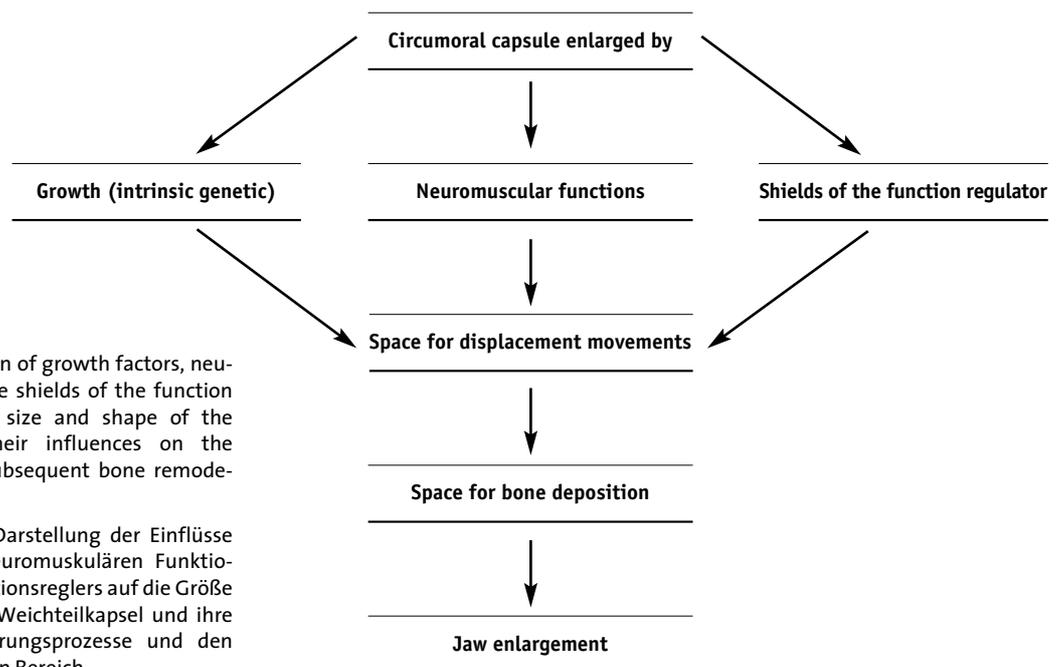
Extensive experience with vestibular shields has revealed that the circumoral soft tissue capsule plays an important role in the development of the hard structures it encloses. Therefore, it is suggested that the vestibule as an operational base offers new perspectives in the treatment of dentofacial dysmorphology. The scheme of Figure 1 illustrates the specific mode of action of the function regulator appliance. In contrast to so-called functional appliances, the primary aim of the function regulator is to correct the structural and functional deviations of the circumoral capsule. Thus, by reestablishing an adequate space for the capsule, the teeth and facial bones are allowed to move into proper anatomic positions. In other words, the function regulator intervenes directly in the causative mechanisms producing dentoskeletal maldevelopment, a concept corresponding with the proposal made by Moyers [58]. The displacement of teeth and bones and the subsequent bone remodeling result from the altered size and shape of the circumoral capsule achieved by using the function regulator appliance. This is a very important point which makes the function regulator appliance into a "new type" of an orthopedic device.

Of course, the morphologically oriented orthodontist may have some difficulties in understanding this conceptual approach. Contemporary "jaw orthopedists" believe that so-called "functional appliances" are capable of correcting existing disorders of the orofacial musculature. They are con-

Alle diese Überlegungen lassen den Schluss zu, dass eine räumlich ungenügende Entwicklung der zirkumoralen Kapsel den Verlagerungsprozess des Unterkiefers behindert und damit seine Größenzunahme in Frage stellt. Die vordringliche Aufgabe einer orofazialen Orthopädie besteht darin, für die Herstellung einer adäquaten Größe und Form dieser Weichteilkapsel Sorge zu tragen. Klinische Beobachtungen haben gezeigt, dass die orthodontischen wie auch die so genannten funktionellen Geräte nicht in der Lage sind, die strukturellen bzw. funktionellen Abweichungen der zirkumoralen Weichteilkapsel zu beheben. Da diese Weichteilkapsel hauptsächlich aus Muskeln besteht, ist deren Tonus ein wichtiger Faktor, der die Größe der Kapsel bestimmt. Wir sollten uns im Klaren sein, dass eine mechanische Weitung der zirkumoralen Kapsel mit Hilfe der Schilde des Funktionsreglers immer nur einen Teil der Behandlung ausmacht.

Wenn es um die Entwicklung neuer Therapiekonzepte geht, so hat Moyers [58] einen bemerkenswerten Vorschlag gemacht: Es gehe dabei nicht darum, neue orthodontische Techniken zu entwickeln, um die okklusalen Fehlentwicklungen selbst zu korrigieren. Wir sollten vielmehr nach neuen Behandlungsmethoden suchen, mit denen die „Bedingungen“, die zu ihrer Entstehung beigetragen haben, verändert werden können. Das heißt, es geht primär nicht darum, das „morphologische Produkt des Wachstums“ zu behandeln, sondern die Mechanismen, die es verursachen. Nur auf diese Weise können Diagnostik und unsere orthopädischen Möglichkeiten verbessert werden.

Umfassende Erfahrungen mit vestibulären Schilden haben gezeigt, dass die zirkumorale Weichteilkapsel eine wichtige Rolle in der Entwicklung der Hartstrukturen, die sie um-



**Figure 1.** Schematic illustration of growth factors, neuromuscular functions and the shields of the function regulator appliance on the size and shape of the circumoral capsule and their influences on the displacement process and subsequent bone remodeling.

**Abbildung 1.** Schematische Darstellung der Einflüsse von Wachstumsfaktoren, neuromuskulären Funktionen und der Schilde des Funktionsreglers auf die Größe und Form der zirkumoralen Weichteilkapsel und ihre Bedeutung für die Verlagerungsprozesse und den Knochenumbau im orofazialen Bereich.

vinced that the displacement movement of the teeth and bones can be achieved by the forces produced by the mechanics of an appliance much easier and faster than by instituting a muscle training program. However, when the "underlying conditions", the deviant patterns of the "capsular musculature" existing prior to treatment, are left untreated, the stability of the treatment outcome is questioned.

#### **The Principle of Sensory Motor Feedback for Realizing a Functional Approach to Orofacial Orthopedics**

Form and function are mutually interrelated, i. e. form may influence function and vice versa. Therefore, mechanical and surgical procedures are common parts of treatment in medical orthopedics, particularly in later developmental stages. However, treatment routinely includes a program of muscle exercises and training.

In applying the concept of Roux, functional treatment in orofacial orthopedics is indicated, particularly during childhood, when the growth sites are most susceptible to functional stimuli. In adolescence or adulthood, the application of mechanical appliances or surgical procedures is required in the treatment of many patients. However, as practiced in orthopedics, patients are routinely transferred to a rehabilitation center after surgical intervention in order to strengthen the respective musculature. It is a severe mistake to disregard this in our discipline, i. e. a program of orthopedic exercises has to be applied routinely after orthognathic surgery.

In medical orthopedics, muscle exercises are supervised by trained physiotherapists, who instruct patients in the specific exercises they have to perform and educate them in the importance of good cooperation with the treatment regime to the success of treatment. Unfortunately, such specialists are not available to us, which makes incorporation of muscle exercise and training in our field difficult. Considering a neurophysiologic fact may be helpful in addressing this issue. The brain of the newborn is highly responsive to afferent impulses from the oral sensorium. As Peiper [60] stressed in his textbook, the sensorium in the oral region plays an important role in the acquisition and maturation of neuromuscular performance patterns. Moyers [58], in the excellent chapter on "Maturation of the Orofacial Musculature" in his textbook, emphasized the clinical aspects of this problem. The question arises whether the oral sensorium could be used as a basis for conceptualizing a program of functional orthopedics in the orofacial area. This question inspired me to design the function regulator as an orthopedic exercise device. The acrylic shields are designed so as to set inputs into the oral sensorium. Inserted into the mouth, the function regulator is designed to operate as substitute for a physiotherapist rendering a program of muscle exercise and training possible.

It is clear, however, that this conceptual approach is difficult for the conservative orthodontist to understand. He

schließt, spielt. Hieraus lässt sich ableiten, dass das Vestibulum als apparative Basis neue Möglichkeiten bietet, dentofaziale Fehlentwicklungen erfolgreich zu behandeln. Abbildung 1 soll die spezifische Wirkungsweise der Funktionsregler verdeutlichen. Im Gegensatz zu den so genannten funktionellen Geräten besteht die wesentliche Aufgabe des Funktionsreglers darin, die strukturellen und funktionellen Abweichungen der zirkumoralen Kapsel zu beheben. Auf diese Weise lassen sich adäquate Raumbedingungen erzielen, die den Zähnen wie aber auch den Schädelknochen die Möglichkeit für einen regelrechten Verlagerungsprozess bietet. Die primäre Aufgabe des Funktionsreglers besteht darin, die ursächlichen Mechanismen, die zu der dentoskelettalen Fehlentwicklung geführt haben, zu korrigieren. Dies würde exakt dem Vorschlag von Moyers [58] entsprechen. Das ist ein sehr wichtiger Punkt, womit der Funktionsregler zu einem neuen Typ eines orthopädischen Behandlungsgeräts qualifiziert wird.

Es mag sein, dass der konservative, morphologisch orientierte Orthodont einige Schwierigkeiten haben wird, dieses Konzept zu verstehen. Die „Kieferorthopäden“ von heute glauben, dass die so genannten funktionellen Geräte eine orthopädische Gymnastik ersetzen und eine Veränderung der Haltemuskulatur bewirken können. Dabei wird völlig übersehen, dass diese Geräte die natürlichen Kräfte des Wachstums bzw. der Muskulatur außer Kraft setzen, das heißt, die Verlagerung von Zähnen und Knochen wird durch die Mechanik des Apparats herbeigeführt. So wird heute argumentiert, dass man die Verlagerungsprozesse mit Hilfe eines Apparats viel leichter und schneller herbeiführen könne. Die große Gefahr des Rezidivs wird dabei völlig außer Acht gelassen. Wenn die vor der Behandlung bestehenden abwegigen Funktionsmuster der Muskulatur unbehandelt bleiben, kommt es mehr oder weniger zum Rezidiv.

#### **Das Prinzip des Sensory-Motor-Feedback in der orofazialen Orthopädie**

Bei der Realisierung einer funktionellen Behandlung im orofazialen Bereich besteht zwischen Form und Funktion ein wechselseitiges Verhältnis. So kann die Form die Funktion beeinflussen, wie aber auch umgekehrt die Funktion die Form. Aus diesem Grund sind mechanische und chirurgische Maßnahmen in der Allgemeinorthopädie Teil der Behandlung, die besonders in späteren Entwicklungsperioden Anwendung finden. Diese Maßnahmen werden aber immer regelmäßig durch Übungen und Training der entsprechenden Muskulatur ergänzt.

Das Roux'sche Konzept der funktionellen Orthopädie ist erfolgversprechend vor allem im frühen Kindesalter, da hier die Wachstumszonen ganz besonders auf funktionelle Einflüsse reagieren. In der Adoleszenz oder im Erwachsenenalter ist bei vielen Patienten die Anwendung mechanischer Geräte bzw. eine chirurgische Intervention erforderlich. Nach einer chirurgischen Behandlung werden aber die Patienten regelmäßig einer Rehabilitationsklinik überwiesen, um die

should realize that the therapeutic concept underlying the function regulator appliance opens up an entirely new terrain requiring a complete change in thinking and clinical practice. Conventional appliances, whether fixed or removable, are in contact with the teeth and supporting bony structures; they operate by applying pressure direct on the teeth. The vestibular shields of the function regulator appliance take effect in that they stand away from the dentoalveolar structures, i. e. their influence is directed to the inner aspects of the circumoral capsule, which renders its expansion possible. However, this pressure on the capsule is also intended to act as an afferent impulse stimulating the central nervous system to eliminate this disturbing signal by reducing an existing hypertonic pattern of the capsular muscles. The fact that the vestibule as an operational base offers the opportunity to design an orthopedic exercise device was also recognized by Harvold [41]. According to him, the clinical application of the sensory motor feedback mechanism may provide a basis for designing a new type of appliance that, working as an orthopedic exercise device, is capable of inducing changes in neuromuscular performances. He suggested that "... the acrylic shields, as used on the Fränkel appliance, seem to be more effective than the simple wires on the activator" in producing "... the effect of an altered sensory feedback activity".

Important though ideas and hypothetical considerations may be, medical practice works on a pragmatic principle, and what really counts is the clinical result of treatment. As proposed by Dullemeijer [8], a major effort should be made by clinicians: "Use treatment results as experimental data and arguments for testing models. This aim requires systematic and precise recording of observations on a semi-continuous time scale of treated and control patient groups."

Accordingly, the results of long-term follow-up studies carried out in our clinic have been used to test our conceptual approach. However, the conventional cephalometric analyses fail to measure precisely what treatment has been provided in terms of maxillary or mandibular displacement. Therefore, we developed the occipital reference system which allows appraisal of the displacement movements occurring from a cephalometric reference located posterior to the spheno-occipital synchondrosis.

#### **The Occipital Reference System in Longitudinal Studies**

Various planes and points have been used as key references in previous approaches to recording and measuring the changes occurring during growth and treatment. What has so far been completely disregarded is the fact that the areas of the cranial base around the foramen magnum constitute the region of least change in craniofacial morphology during growth. This holds true in particular of the occipital bone where it is supported by the vertebral column. Anatomically, the occipital condyles are seated quite firmly within the fossae of the atlas. The condyles cannot move either downwards or upwards, forwards or backwards.

Muskulatur der morphologischen Veränderung anzupassen. Es ist ein großer Fehler, dass dieses Behandlungsprinzip in unserer Fachdisziplin völlig ignoriert wird. Dies ist der Grund, weshalb das morphologische Ergebnis der Behandlung mehr oder weniger dem Rezidiv unterliegt.

In der Orthopädie wird die orthopädische Gymnastik von ausgebildeten Physiotherapeuten durchgeführt. Den Patienten wird erklärt, welche spezifischen Übungen sie auszuführen haben und dass sie entsprechend gut mitarbeiten müssen, um zu einem zufriedenstellenden Behandlungsergebnis zu kommen. Leider stehen uns in unserem Fachgebiet derartig ausgebildete Kräfte nicht zur Verfügung, weshalb sich die Durchführung einer orthopädischen Gymnastik schwierig gestaltet. In seinem Lehrbuch hat Peiper [60] darauf hingewiesen, dass das Sensorium in der oralen Region eine wichtige Rolle bei dem Erwerb und der Reifung neuromuskulärer Funktionsmuster spielt. Moyers [58] hat in einem ausgezeichneten Kapitel seines Buchs „Die Reifung der orofazialen Muskulatur“ auf die klinischen Aspekte des Problems hingewiesen. Das Gehirn des Neugeborenen ist besonders sensitiv gegenüber afferenten Impulsen, die von der Mundregion ausgehen. Diese neurophysiologischen Besonderheiten haben uns veranlasst, darüber nachzudenken, ob man nicht über das orale Sensorium Einfluss auf die Ausbildung neuromuskulärer Funktionsmuster nehmen könnte. So kam es zur Entwicklung des Funktionsreglers als orthopädisches Übungs- und Trainingsgerät, dessen Schilde so konstruiert wurden, dass damit ein sensorisches „Input“ gesetzt wird. Ein solches Gerät wird, wenn es in den Mundraum eingefügt wird, wie ein Physiotherapeut bzw. ein Trainer wirksam.

Es ist durchaus verständlich, dass ein Orthodont Schwierigkeiten hat, ein solches Konzept zu verstehen. Es steht außer Frage, dass damit völlig neue Wege beschritten werden, die ein entsprechendes Umdenken erforderlich machen. Die in unserem Fach gebräuchlichen Behandlungsgeräte, sowohl die feststehenden als auch die herausnehmbaren, haben Kontakt mit den Zähnen und dem Alveolarfortsatz. Ihr orthopädischer Effekt beruht auf Druckapplikation. Die vestibulären Schilde des Funktionsreglers werden wirksam, indem sie vom dentoalveolären Fortsatz abstehen, womit die Weitung der Kapsel erreicht werden kann. Sie üben aber auch einen Druck auf diese Weichteile aus, der im Sinne des sensorischen „Inputs“ wirksam wird. Hierdurch werden entsprechende Prozesse im zentralen Nervensystem ausgelöst, um die störende Drucksensation zu beheben. Dies führt zu einer Reduktion des neuromuskulären Tonus der betroffenen Muskulatur. Harvold [41] hat auf die klinische Bedeutung des Sensory-Motor-Feedback hingewiesen und glaubt, dass das Vestibulum günstige Möglichkeiten bietet. Nach ihm sind die Schilde der „Fränkel Appliance“ besonders geeignet, um über ein verändertes Sensory-Feedback Einfluss auf neuromuskuläre Haltefunktionen zu nehmen.

In der Medizin sind theoretische Überlegungen und Untersuchungen für den Fortschritt von großer Bedeutung gewesen. Entscheidend für die Beurteilung der therapeutischen Ef-

Therefore, in developing the reference system, we positioned the key reference point Oc 1 on the ventro-caudal contour of the basilar part of the occipital bone. The internal occipital ridge was chosen to serve as a cephalometric reference posterior to the foramen magnum. This ridge and the landmark Oc 1 represent the anatomic structures consisting of one bone and located on the midsagittal plane. These structures can be readily identified in the lateral cephalogram. Our longitudinal studies revealed that all points or lines, including those located on the periphery of the skull, moved away from these references in line with the range of average growth changes in extent and direction. The technical procedure of constructing the occipital coordinate system has been described in detail [19, 23, 32, 43].

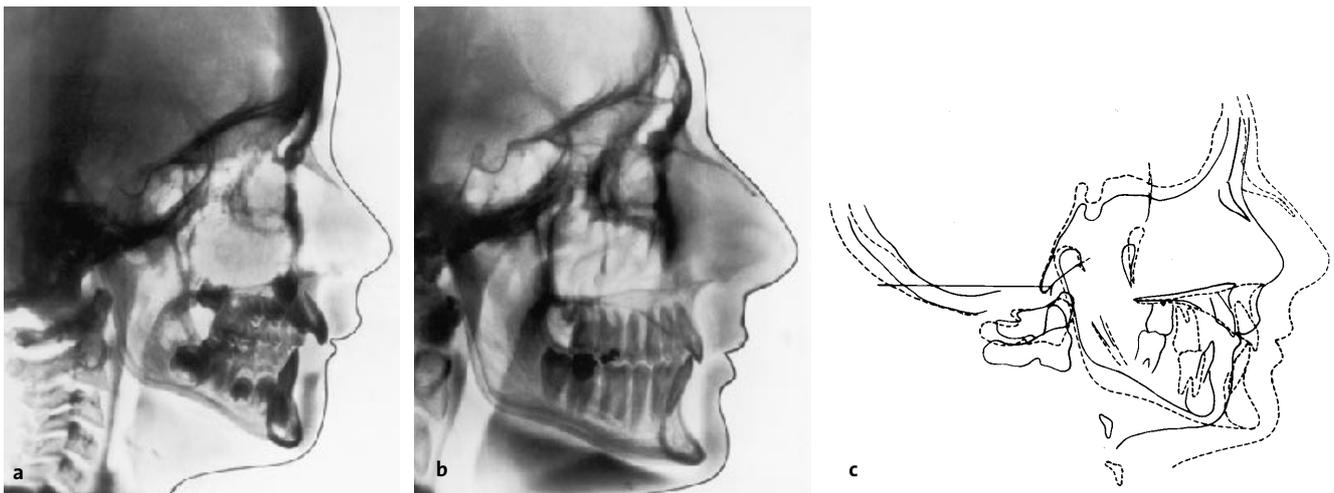
The initial and final radiographs of an individual patient (Figures 2a and 2b) and their tracings superimposed on the occipital reference cross (Figure 2c) are used to illustrate the changes in dentoskeletal pattern achieved with the function regulator 1 appliance. Figure 2b demonstrates the displacement of the jaws and teeth. The mandibular teeth moved anteriorly to the same extent as the B point and pogonion, while the maxillary landmarks also moved anteriorly without any restriction. Obviously, the correction of the intermaxillary malrelationship resulted from skeletal, not dental changes. The decrease of the angles NS-MP by  $11.5^\circ$ , PP-MP by  $12^\circ$ , and Go by  $8^\circ$  indicates that the severe skeletal hyperdivergence was successfully corrected. The mandibular corpus and dentoalveolar process increased significantly in length, providing space for the 3rd molars to erupt. This demonstrates that dentoalveolar development of the mandible closely depends on that of the corpus. Therefore, distal movement of the buccal teeth by lip

fektivität aber ist das Resultat der Behandlung. Darauf hat besonders Dullemeijer [8] hingewiesen. Nach ihm sollten die Ergebnisse einer Behandlung als experimentelle Daten bzw. Argumente verwendet werden, um den Nachweis für den Erfolg eines Behandlungsverfahrens zu erbringen. Ein solcher Test erfordert systematische und präzise Beobachtungen von behandelten Patienten und unbehandelten Individuen über einen entsprechenden langen Zeitraum.

Um die Richtigkeit unserer Arbeitshypothese, die wir der Behandlung mit dem Funktionsregler zugrunde legen, zu belegen, wurden in unserer Klinik entsprechende Langzeitstudien durchgeführt. Hierbei haben wir nicht die konventionellen kephalometrischen Analyseverfahren benutzt. Wir sind der Ansicht, dass man die Verlagerungsprozesse, die sich im orofazialen Bereich abspielen, nur von einer Referenzbasis aus bestimmen kann, die dorsal von der Synchondrosis sphenoccipitalis liegt.

#### Das okzipitale Referenzsystem in kephalometrischen Langzeitstudien

Bei der Entwicklung der kephalometrischen Fernröntgenanalyse besteht das wesentliche Problem darin, eine möglichst stabile Referenzbasis zu finden, um Veränderungen durch Wachstum bzw. Behandlung messtechnisch zu erfassen. Die heute gebräuchlichen Verfahrensweisen beziehen sich auf eine Referenzbasis, die in der vorderen Hälfte des Schädels liegt. Man hat völlig übersehen, dass im Bereich der hinteren Schädelbasis die Strukturen anterior und posterior vom Foramen magnum während des Wachstums außerordentlich stabil bleiben. Dies gilt vor allem für die Teile des Os occipitale, die von unten her durch die Wirbelsäule gestützt sind. Die Kondylen des Os occipitale sitzen re-



**Figures 2a to 2c.** Radiographs of a patient treated only with a function regulator 1, at the age of 7 years 10 months (a) and at 17 years 10 months (b), and the tracings of the initial and final cephalograms on the occipital coordinate system (c).

**Abbildungen 2a bis 2c.** Fernröntgenaufnahmen eines Patienten, der nur mit dem Funktionsregler 1 behandelt wurde, im Alter von sieben Jahren und zehn Monaten (a) und von 17 Jahren und zehn Monaten (b) und die Durchzeichnungen, überdeckt im okzipitalen Koordinatensystem (c).

bumper or extraoral forces is an incorrect decision in treatment planning.

Note that the ramus increased in length, too. The hard and soft tissue profile improved considerably, demonstrating the esthetic effect of treatment with vestibular shields. Never could we achieve such dramatic dentoskeletal changes with so-called functional appliances or with the Herbst appliance.

Important to note is that involuntary tipping of incisors can be avoided when the labial bow and the lower lingual bow are not used as tooth moving wires. Involuntary tipping of incisors is evidence that the working principle of an orthopedic exercise device is not understood, or that severe mistakes have been made in constructing the function regulator appliance and its clinical handling. This is also evident in illustrations of Graber et al. [38] of the occlusal views of study models, treated by various types of so-called functional appliances. Without exception, these photos exhibit severe proclination of the mandibular incisors.

The hypothesis that aberrant displacement movements can be successfully corrected by correcting the structural and functional deviations of the capsular musculature has been substantiated in longitudinal studies [2, 10–34, 47, 48, 65]. A study dealing with mandibular retrusion, for example, was based on standardized serial lateral cephalograms of 103 children, 58 of whom were treated with the function regulator 1 or function regulator 2, with the remaining untreated children serving as a comparison group [13]. On average, the subjects of both groups were followed up over a period of approximately 8 years. During that period the landmarks located in the upper facial quadrant moved forward more in the function regulator group than in the untreated comparison group, which suggests that the development of the midfacial structures were not restricted but rather somewhat stimulated. The considerable movement of all mandibular landmarks to anterior indicates that the mandibular deficiency was successfully corrected.

Experimental research has revealed that the condylar growth site is provided with a significant potential of adaptive growth [49–52, 61]. However, the condyle is but a small part of the mandible and, as emphasized by Enlow [9], the entire ramus and not just the condyle is involved in mandibular retrusion. Therefore, it is an illusion to believe that mandibular deficiency can be treated successfully by stimulation of condylar growth alone. Elongation of the condyle alone without the rest of the mandible represents a state of structural and physiologic imbalance. It is therefore understandable that the elongation of the condyle produced by treatment with so-called functional appliances is gradually lost after removal of the retention appliance [5, 6].

During growth, the whole ramus becomes relocated posteriorly by resorptive and depository remodeling. These processes are lengthy, continuing as long as displacement of the mandible takes place, i. e. until growth has ceased. The

lativ fest in den Gelenkgruben des Atlas. Diese können sich weder in kaudaler bzw. kranialer noch in anteriorer bzw. posteriorer Richtung bewegen. Die Konstruktion des okzipitalen Koordinatensystems ist in unseren Büchern wie auch in verschiedenen Artikeln beschrieben worden [19, 23, 32, 43].

Als Referenzbasis benutzen wir die Crista occipitalis interna und den Okzipitalpunkt Oc 1, der an der ventrokaudalen Kontur der Pars basilaris, an der vorderen Begrenzung des Os occipitale, liegt. Diese Strukturen liegen dorsal von der Synchondrosis sphenoccipitalis. Sie lassen sich im Fernröntgenseitenbild leicht identifizieren. Ein großer Vorteil ist, dass diese Referenzen real existierende Strukturen eines Knochens sind und im Bereich der medianen Schädelbasis liegen. Unsere langjährigen kephalometrischen Untersuchungen haben gezeigt, dass sich alle Referenzpunkte bzw. Linien, auch die, die an der Peripherie des Schädels liegen, von den okzipitalen Referenzstrukturen weg bewegen, und zwar in Ausmaß und Richtung wachstumsbedingter Veränderungen. Im Vergleich zu den gebräuchlichen Analyseverfahren wird durch diese Beobachtung die besondere Eignung der okzipitalen Strukturen als eine stabile Referenzbasis nachgewiesen [19, 23, 32, 43].

Die Fernröntgenaufnahmen eines Patienten zu Beginn und am Ende der Behandlung (Abbildungen 2a und 2b) und ihre Durchzeichnungen, überdeckt in dem okzipitalen Referenzkreuz (Abbildung 2c), sollen die skelettalen Veränderungen, die mit dem Funktionsregler 1 erreicht wurden, deutlich machen. Aus Abbildung 2b geht deutlich hervor, dass sich die Zähne des Unterkiefers in gleichem Ausmaß wie der B-Punkt und das Pogonion in anteriorer Richtung bewegten. Auch die Zähne des Oberkiefers bewegten sich in anteriorer Richtung ohne irgendwelche Behinderung. Ganz offensichtlich wurden die intermaxillären Fehlbeziehungen durch skelettale Korrekturen, also nicht durch dentale Positionsveränderungen, behoben. Bemerkenswert ist die Verkleinerung der Winkel NS-MP um  $11,5^\circ$ , von PP-MP um  $12^\circ$  und Verkleinerung des Gonionwinkels um  $8^\circ$ . Dies zeigt deutlich an, dass die skelettale Hyperdivergenz erfolgreich korrigiert werden konnte. Während der Behandlung fand eine erhebliche Verlängerung des Corpus mandibulae und des Alveolarfortsatzes statt, womit Platz geschaffen wurde für die Eruption auch der dritten Molaren. Dieser Fall zeigt, dass man die dentoalveoläre Entwicklung im Unterkiefer nicht ohne Berücksichtigung der Entwicklung des Corpus verstehen kann. Deshalb ist die Distalbewegung der Seitenzähne mit Hilfe des „Lip-Bumpers“ bzw. extraoraler Mechanik ein fehlerhaftes Planen der Behandlung. Auch die Länge des Ramus wurde signifikant vergrößert. Es kam nicht nur zu einer wesentlichen Verbesserung des Weichteilprofils, sondern auch der skelettalen Strukturen, wodurch der ästhetische Effekt der Behandlung mit dem Funktionsregler sichtbar wird. Derartig signifikante skelettale Veränderungen haben wir mit den so genannten funktionellen Geräten oder dem Herbst-Scharnier nie erreichen können.

experimental studies conducted by McNamara et al. [49–52] and Petrovic et al. [61] have revealed that during the active phase of the protrusive experiments with monkeys and rats only the condyle increased in length, whereas the mandibular corpus remained unchanged. These findings conform with the results of our cephalometric studies where a group treated with function regulators was compared with an untreated group [13].

To identify an antero-posterior increase of the mandibular corpus, we used the parameter Go1-Pg. As Table 1 shows, an increase of this parameter was not identifiable until the 3rd year of treatment. In contrast, the parameter Ar-Pg, indicating the amount of condylar growth, increased significantly during 14 months of treatment. This finding indicates that only the condylar growth site was affected during the active period of treatment, whereas the corpus remained unchanged, a fact of high clinical relevance. Therefore, it is a severe misconception to assume that an increase of the distance Ar-Pg or Ar-Gn is indicative of stimulation of mandibular growth. The mandibular corpus, as the specific parameter in the regional part-counterpart relationship, could not be increased.

As a general statement, active treatment time should be kept to within a 2-year period, with an upper limit of 3 years. Our long follow-up studies suggest that an increase of corpus length cannot be achieved by treatment with so-called functional jaw orthopedic appliances within a period of 2 years. Mills [53], in a critical review of a fairly large number of investigations, found that the major changes produced by functional appliance therapy were essentially dental by nature, and probably transient. At the International Conference in Nijmegen, Dermaut [5] reported on a personal discussion with Panchez of his long-term evaluation of Herbst appli-

Es lässt sich auch erkennen, dass sich der Funktionsregler nicht in einer Protrusion der unteren Schneidezähne oder einer Retrusion der oberen Schneidezähne ausgewirkt hat. Eine unerwünschte Kippung der Schneidezähne kann mit Sicherheit vermieden werden, wenn der obere Labialbogen bzw. der untere Lingualbogen des Funktionsreglers nicht als aktives orthodontisches Hilfsmittel eingesetzt wird. Wenn, wie von einigen Autoren immer wieder behauptet wird, die Behandlung mit dem Funktionsregler zu starken Kippungen der Frontzähne führt, so liegt das daran, dass das Behandlungsprinzip des Funktionsreglers nicht verstanden bzw. bei der Herstellung des Geräts Fehler gemacht wurden. In diesem Zusammenhang sei auf das Buch von Graber et al. [38] hingewiesen. Darin werden Behandlungsergebnisse, die mit verschiedenen Typen der so genannten funktionellen Geräte erreicht wurden, abgebildet. Die okklusale Fotografien des Unterkiefers zeigen, ohne jede Ausnahme, eine mehr oder weniger starke Protrusion der unteren Frontzähne.

Dass sich ein gestörter bzw. unterbliebener Verlagerungsprozess der Kiefer durch die Behebung struktureller und funktioneller Abweichungen der kapsulären Muskulatur beheben lässt, haben unsere kephalometrischen Langzeitstudien einwandfrei nachgewiesen [2, 10–34, 47, 48, 65]. Beim Vorliegen einer mandibulären Retrusion bestand das Untersuchungsgut aus 103 Kindern, von denen 58 mit dem Funktionsregler 1 bzw. Funktionsregler 2 behandelt wurden. 45 unbehandelte Fälle der mandibulären Retrusion dienten als Vergleichsgruppe [13]. Die dentoskeletale Entwicklung wurde bei beiden Gruppen über einen Zeitraum von annähernd acht Jahren beobachtet. Die kephalometrische Auswertung zeigt deutlich, dass sich bei der Funktionsreglergruppe im Vergleich zur unbehandelten Kontrollgruppe die mandibulären Bezugspunkte signifikant stärker in anteriorer Richtung bewegten. Die Sagittalentwicklung im Mittelgesicht wurde durch den Funktionsregler nicht behindert, sondern eher etwas stimuliert.

Die experimentelle Forschung hat den Nachweis erbracht, dass die kondyläre Wachstumszone mit einem bemerkenswerten Potenzial adaptiven Wachstums ausgestattet ist [49–52, 61]. Bei der Umsetzung dieser experimentellen Ergebnisse in die Praxis darf man aber nicht vergessen, dass die Kondyle nur einen sehr kleinen Teil des Unterkiefers ausmacht. So hat Enlow [9] immer wieder darauf hingewiesen, dass es bei der Behandlung der mandibulären Retrusion keinesfalls nur um die Stimulation des kondylären Wachstums geht. Es sei eine Illusion, wenn man glaubt, die mandibuläre Retrusion sei nur durch

**Table 1.** Average changes in dimensions between articulare and pogonion (Ar-Pg) and between the most posterior contour at gonion and pogonion (Go1-Pg) after 1 year 2 months, 3 years, and 7 years 6 months in millimeters. Data were taken from a longitudinal study of Class II cases. Fifty-eight cases were treated with the function regulator (FR), while 45 untreated cases served as a control sample (K). Comparison of differences by t test (\*p < 0.05; \*\*p < 0.001).

**Tabelle 1.** Durchschnittliche Veränderungen der Messstrecken Ar-Pg und Go1-Pg nach einer Behandlung von einem Jahr und zwei Monaten, von drei Jahren und von sieben Jahren und sechs Monaten in Millimeter. Die Daten wurden einer kephalometrischen Langzeitstudie entnommen, bei der 58 Fälle der Klasse II, behandelt mit dem Funktionsregler (FR), mit 45 Fällen einer unbehandelten Kontrollgruppe (K) verglichen wurden. Biostatistischer Vergleich mit dem t-Test (\*p < 0,05; \*\*p < 0,001).

After	Ar-Pg			Go1-Pg		
	FR	K	Significance	FR	K	Significance
1 y. 2 m.	4.1	1.9	**	2.1	1.7	n.s.
3 y.	8.7	5.7	**	5.7	4.3	*
7 y. 6 m.	17.0	10.1	**	11.9	7.9	**

ance therapy. The results of this kind of treatment indicated that the increase in condylar growth registered during the active period of treatment was fading away during the post-retention period. The question of whether the stimulation of mandibular growth can be accomplished by means of so called functional appliances must therefore be answered in the negative.

#### The Difference Between Biomechanics and Mechanics

Throughout the history of our field, advances in appliance design have been of primary concern. Orthodontists have displayed great imagination in the design of appliances for tooth movement, which has greatly advanced the state of the art in orthodontics. The displacement of the teeth produced by the mechanical forces of an appliance was assumed to be biologically equivalent to that generated by forces of growth or neuromuscular functions. Terms like biomechanical or bioengineering principles are used to identify the biological working principle of these appliances. However, the fact that the mechanical effect produced by the orthodontic appliances is based on artificial displacement of the teeth is obscured when that "bio" is added.

The mode of action of so-called functional jaw orthopedic appliances (FJO), generally called functional appliances, is assumed to differ greatly from that of orthodontic appliances. However, any appliance impinging on the dentoalveolar arches operates by applying pressure. It is important to realize that the consequent dentoskeletal changes are the result of the mechanical forces produced by an appliance.

Figure 3 demonstrates the fundamental difference between biomechanical forces generated by growth factors and neuromuscular functions and mechanical forces produced by the mechanics of an appliance. Certainly, we are able to displace teeth and bones by means of appliances. But we should be aware that the correction of dentoskeletal dysmorphology achieved in this way is due to artificial displacement of the teeth and bones, and thus differs greatly from the displacement generated by the natural forces of growth and neuromuscular functions. The only reason for the difference not being recognized is that the respective growth sites respond to displacement movements produced by an appliance in the same way as to those generated by growth and neuromuscular forces. This is an extremely important point whose clinical significance has been overlooked in the past.

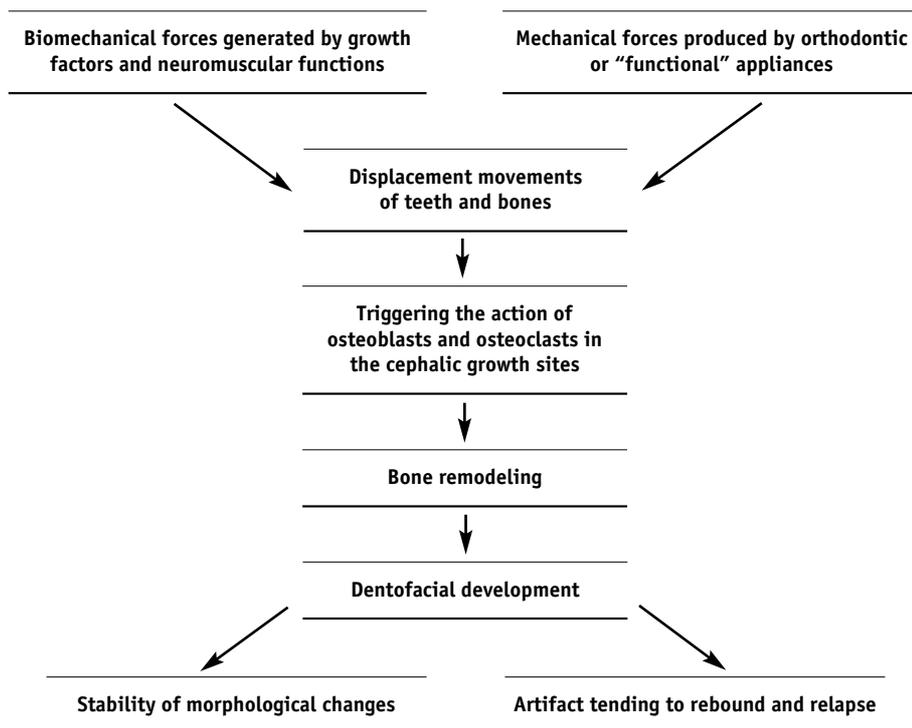
We must realize that any kind of displacement of teeth and bones is accompanied by simultaneous remodeling, i. e. the cephalic growth sites respond by triggering the action of osteoblasts and osteoclasts. This explains why the mechanical forces produced by an appliance are capable of correcting dentofacial dysmorphology. As Enlow [9] stated, mechanotherapy utilizes only the intrinsic histogenic mechanisms of the cephalic growth sites to respond to displacement movements without regard to their source. However, it is by far the greatest mistake ever made in our field when the result of

die Stimulation der kondylären Wachstumszone erfolgreich zu behandeln. Wenn man mit der Behandlung nur eine Verlängerung der Kondyle erreicht, so sollte man bedenken, dass ein solcher Zustand als eine schwere Störung des funktionellen wie strukturellen Gleichgewichts gewertet werden muss. Es ist daher verständlich, dass eine Kondylenverlängerung allein, wie sie mit den so genannten funktionellen Geräten erreicht wird, allmählich nach Beendigung der Retention wieder verloren geht [5, 6].

Während des Wachstums kommt es zu einer Dorsalverlängerung des gesamten Ramus. An seinem Vorderrand finden resorptive Vorgänge statt, während es an, seinem Dorsalrand zu Knochenapposition kommt. Diese Prozesse brauchen eine lange Zeit. Sie halten an, bis das Wachstum seinen Abschluss gefunden hat. Die experimentellen Untersuchungen, wie sie von McNamara et al. [49-52] bzw. Petrovic et al. [61] mit protrusiven Geräten durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass in der aktiven Phase des Experiments nur die kondyläre Wachstumszone stimuliert werden konnte. Der Corpus mandibulae blieb in seiner Größenentwicklung unverändert. Diese experimentellen Ergebnisse stimmen mit unseren Behandlungsergebnissen überein [13].

Um die Verlängerung des Corpus mandibulae messtechnisch zu erfassen, benutzten wir den Parameter Go1-Pg. In Tabelle 1 ist zu erkennen, dass eine Apposition am Hinterrand des Ramus in der Gegend des Gonions erst in der zweiten Hälfte des dritten Behandlungsjahres feststellbar war. Im Gegensatz dazu vergrößerte sich der Parameter Ar-Pg deutlich bereits nach einem Jahr und zwei Monaten Behandlung. Dieser Befund zeigt mit aller Deutlichkeit, dass während der aktiven Periode der Behandlung nur die kondyläre Wachstumszone aktiviert werden kann, während eine Verlängerung des Corpus mandibulae nicht in gleicher Zeit stattfindet, was von großer klinischer Relevanz ist. Es ist daher ein großer Irrtum, wenn man die Vergrößerung des Parameters Ar-Pg bzw. Ar-Gn als Erfolg der Behandlung der mandibulären Retrusion bzw. als Stimulation des Unterkieferwachstums wertet. Hierbei sollte auch bedacht werden, dass der Corpus mandibulae das spezifische Äquivalent zur Sagittalentwicklung des Oberkiefers bzw. des Mittelgesichts darstellt.

In unserem Fachgebiet gilt ganz allgemein, dass eine aktive Behandlungszeit von ungefähr zwei Jahren anzustreben ist. Keinesfalls sollte sie eine Dauer von über drei Jahren betragen. Unsere Langzeitbeobachtungen lassen den Schluss zu, dass eine Verlängerung des Corpus mandibulae mit Hilfe der so genannten funktionellen Geräte innerhalb einer Behandlungszeit von zwei Jahren nicht zu erreichen ist. Mills [53] hat in einer kritischen Untersuchung einer großen Anzahl von Longitudinalstudien festgestellt, dass die Veränderungen, die man mit den so genannten funktionellen Geräten erreichen kann, im Wesentlichen nur „dentaler Natur“ und wahrscheinlich auch nur vorübergehender Art waren. Anlässlich der internationalen Konferenz in Nijmegen hat Dermaut [5] über ein persönliches Gespräch mit Pancherz berichtet. Dabei wur-



**Figure 3.** Schematic illustration of the influence of biomechanical and mechanical forces on the displacement of teeth and bones and subsequent bone remodeling and dentofacial development.

**Abbildung 3.** Schematische Darstellung des Einflusses biomechanischer und mechanischer Kräfte auf den Verlagerungsprozess von Zähnen und Knochen und seine Bedeutung für Knochenumbau und dentofaziale Entwicklung.

mechanotherapy is determined as “working with growth” or “modulation of growth”. This misconception is also the reason why the pressing problem of rebound and relapse has not yet been solved. A stable result of mechanotherapy cannot be expected as long as the pretreatment pattern of displacement movements remained unchanged. Advances in biosciences and treatment modes cannot be hoped for unless it is recognized that there is a profound difference between bone remodeling resulting from the biomechanical influences generated by growth dynamics or neuromuscular functions and those produced by the mechanics of an appliance.

The character of so-called functional appliances can be determined only by a realistic analysis taking account of the following points:

1. A retraining effect of neuromuscular behavior cannot be expected to occur when the functional appliances are worn at night.
2. As a general rule, all muscle exercises and training in sports and orthopedics are initiated with caution and intensified only gradually. This rule is disregarded when the mandible is advanced by 6 mm or more in the treatment of mandibular retrusion. The respective muscles are overcharged, making it impossible to establish a new pattern of neuromuscular behavior.
3. The postural imbalance between the protractor muscles and retractor muscles cannot be overcome when the advanced position of the mandible is supported mechanically by using so-called functional appliances. When mandibu-

de deutlich, dass die Stimulation der kondylären Wachstumszone, die mit dem Herbst-Scharnier erreicht wurde, nach Absetzen des Geräts wieder verloren ging. Hieraus lässt sich schließen, dass eine erfolgreiche Behandlung der mandibulären Retrusion, das heißt eine Nachentwicklung des Unterkieferbasalbogens, mit diesem Gerät nicht erreicht werden kann.

**Der Unterschied zwischen Biomechanik und Mechanik**

Seit Bestehen unseres Fachgebiets hat der „Apparat“ bei allen Überlegungen eine zentrale Rolle gespielt. In der Orthodontie hat man sich um die Entwicklung neuer Geräte bemüht, was die Entwicklung des Fachgebiets sehr gefördert hat. Man nahm an, dass die Veränderung der Zahnstellung, wie sie durch die mechanischen Kräfte des Apparats bewirkt wird, die gleiche biologische Qualität habe wie die Verlagerung der Zähne durch die Kräfte des Wachstums bzw. neuromuskulärer Funktionen. Dies wurde durch Bezeichnungen wie biomechanische oder biotechnische Prinzipien der Behandlung zum Ausdruck gebracht. Man vergisst, dass die morphologischen Veränderungen, die mit den orthodontischen Geräten bewirkt werden, auf einer mechanischen Lageveränderung der Zähne beruhen. Der mechanische Charakter der orthodontischen Geräte wird aber verschleiert, wenn die Silbe „Bio“ bei der Kennzeichnung ihrer Wirkungsweise zugefügt wird.

Im Allgemeinen wird die Ansicht vertreten, dass sich die funktionskieferorthopädischen Geräte (FKO), die auch häu-

lar advancement is secured by the mechanical support of an appliance, the suspending musculature is relieved of any activity, so that a training effect fails to take place.

4. As pointed out, the mechanism of sensory motor feedback may offer the opportunity to realize a functional approach in orofacial orthopedics. Extensive experience with the function regulator appliance suggests that its acrylic shields are appropriate tools for clinical application of this mechanism. So-called functional appliances are not capable of stimulating the mechano-sensitive neurons of the circumoral soft tissue capsule. This explains why the musculature is only structurally affected, i. e. muscles are changed in length.

5. In the medical profession of orthopedics, each patient has to undergo further treatment in the form of physiotherapy and orthopedic gymnastics after mechanotherapy or surgical intervention. This is a very important point whose clinical significance has not been recognized by the advocates of functional jaw orthopedics. As a consequence, a physiologic balance between form and function cannot be established; this is the main reason for post-retention relapse.

6. Another point that has been largely ignored in our field is the incompetence of lip seal. The oral physiology is severely disturbed when a competent oral seal is lacking. When this is accompanied by mouth-breathing, the well-being of the whole child is adversely affected. Here, then, we are challenged to show a commitment to the treatment and to make every effort to overcome the poor postural behavior of the lip-sealing musculature which plays a role in causing or maintaining the abnormal breathing through the mouth. On the basis of extensive experience, the achievement of a competent oral seal by means of lip-seal exercises is the most difficult part of treatment, and one greatly underestimated by most clinicians. It should be realized that mere contact between the lips, as shown in many articles and books, is no proof of lip-seal competence.

The jaw orthopedists in the German-speaking parts of Europe conceptually bypassed Häupl's approach [42] to functional orthopedics. The theory of tissue reaction evolved by Häupl was based on the experiments on 3 dogs. However, he made severe mistakes in using these experimental findings for conceptualizing the mode of action of so-called "functional jaw orthopedic" appliances. The most important message deriving from Häupl's work was that he recognized the clinical significance of Roux's concept of functional orthopedics. Obviously, this was completely disregarded by the advocates of Häupl's philosophy, with consideration being given rather to improving the technique of "functional jaw orthopedic appliances".

It is amazing that present-day jaw orthopedists still maintain the viewpoint that only by using so-called functional appliances can Roux's concept of functional orthopedics be realized in practice. To lend scientific credibility to this hypothesis, references to the findings of experimental

fig als „funktionelle Geräte“ bezeichnet werden, in ihrer Wirkungsweise von den orthodontischen Geräten erheblich unterscheiden. Man sollte bedenken, dass die meisten funktionskieferorthopädischen Geräte mit den dentoalveolären Strukturen Kontakt haben. Sie wirken also, ganz ähnlich wie die orthodontischen Geräte, durch Druckapplikation. Die dentoskelettalen Veränderungen, die mit diesen Geräten erreicht werden, kommen durch mechanische Kraftwirkung zustande.

Mit Abbildung 3 soll gezeigt werden, dass zwischen den biomechanischen Kräften, wie sie durch Wachstumsdynamik bzw. durch neuromuskuläre Funktionen zustande kommen, und den mechanischen Kräften, wie sie durch die Mechanik einer Apparatur erzeugt werden, ein fundamentaler Unterschied besteht. Mit Hilfe von Geräten können wir Zähne wie auch Knochen in ihrer Stellung verändern. Das heißt, die Korrektur dentoskelettaler Fehlentwicklungen beruht auf einer künstlichen Lageveränderung von Zähnen und Knochen. Eine solche Lageveränderung durch die Mechanik des Apparats unterscheidet sich aber deutlich von dem Verlagerungsprozess, wie er durch die Kräfte von Wachstum und neuromuskulären Funktionen zustande kommt. Dieser Unterschied wird nur deshalb nicht erkannt, weil die betroffenen Wachstumszonen auf Verlagerungsprozesse mit Hilfe von mechanischen Apparaturen in der gleichen Weise reagieren wie auf Verlagerungsprozesse, wie sie durch Wachstumsdynamik bzw. neuromuskuläre Kräfte zustande kommen. Dies ist ein außerordentlich wichtiger Punkt, dessen klinische Bedeutung bisher übersehen wurde.

Wir sollten zur Kenntnis nehmen, dass jede Lageveränderung von Zähnen und Knochen zu regelmäßigen simultanen Knochenumbauprozessen führt. Das heißt, die Knochenwachstumszonen im Bereich des Schädels reagieren mit Histodifferenzierung der Zellen zu Osteoblasten und Osteoklasten. Hierdurch erklärt sich, dass die mechanischen Kräfte, die durch ein Gerät erzeugt werden, dentoskelettale Fehlbildungen zu korrigieren imstande sind. Nach Enlow [9] erklären sich die Ergebnisse der Mechanotherapie dadurch, dass die genetisch angelegten Mechanismen der kraniofazialen Wachstumszonen auf Verlagerungsprozesse reagieren, ganz gleich durch welche Kräfte sie hervorgerufen wurden. Wenn aber die Ergebnisse von Mechanotherapie als „Arbeiten mit Kräften des Wachstums“ oder als „Modulation des Wachstums“ bezeichnet werden, wie das heute immer geschieht, so wird damit zum Ausdruck gebracht, dass man sich mit der Biomechanik des Wachstums noch nie ernstlich befasst hat. Die Unkenntnis auf dem Gebiet der Biomechanik ist auch der Grund, weshalb das Problem des Rezidivs bisher nicht gelöst werden konnte. Wir sollten begreifen, dass wir Stabilität der Mechanotherapie nicht erwarten können, solange die vor der Behandlung bestehenden abwegigen Muster der Verlagerungsprozesse nicht korrigiert wurden. Wissenschaftlicher Fortschritt bzw. Verbesserung unserer Behandlungsmethoden können wir nur erwarten, wenn wir den tiefgreifenden Unterschied zwischen Knochenumbau, wie er ei-

research are made. For example, the findings of experiments with protrusive devices are used to support the assumption that functional appliances are capable of stimulating mandibular growth. However, it can not be overlooked that these experiments with monkeys and rats resulted in abnormal dentofacial development, with a change from Class I to Class III.

Likewise, the experiments conducted by Droschl [7] demonstrated that severe deformities of the facial skeleton could be produced by applying extraoral forces to the midface of monkeys. Morphology-correcting approaches represent an empirical body of knowledge and practice disrupting the structural and functional equilibrium existing in the orofacial complex. When extraoral forces are applied in the treatment of Class II patients to drive back a normal maxilla, the normal course of maxillary forward displacement is inhibited. In fact, such procedure means "working against growth". By no means can this type of treatment be interpreted as modulation of growth.

That does not imply that we reject mechanotherapy or surgery. However, as suggested by Pangrazio-Kulbersh et al. [59], a program of muscle exercises using the function regulator 3 appliance should be instituted after treatment of maxillary retrusion with a face mask. These authors found that the results achieved with the protraction mechanics remained stable even after removal of the appliance. On the basis of extensive clinical experience, we suggest using the function regulator appliance as a retainer after any kind of mechanotherapy or surgery [32].

At the present time, the jaw orthopedist's interest is focused on the mechanics of the appliance. Its design and clinical handling are aimed primarily at correcting the abnormal morphology. One might argue that the appliance dictates the method and objective of treatment. The question arising is whether knowledge of craniofacial growth or education in the biological sciences, as postulated in our textbooks, is still necessary for treating our patients. Are "cook-books" describing the technical and clinical management of mechanical appliances not more useful? Why, then, should a clinician be interested in studying Roux's concept of functional orthopedics when calculation of the fee paid by the health insurance company is based on correction of the morphological abnormality? The scope of today's clinical practice is technologically oriented. There is a risk of our profession developing increasingly into a subdiscipline of mechanics, with a special focus on improving mechanical devices in the interests of a reduced treatment time. However, there is one problem that has been largely thrust aside in our field: the tendency to recidivism. The morphological changes achieved by mechanotherapy with conventional appliances are rarely maintained after removal of the retainers. We do not believe that this pressing problem can be solved by using retaining appliances for life. We should recognize that the inquiry into the etiology of the problem appears to be of the

nerseits durch biomechanische Einflüsse des Wachstums bzw. neuromuskulärer Funktionen und andererseits durch Mechanotherapie zustande kommt, verstehen.

Um zu einem besseren Verständnis der Wirkungsweise von funktionskieferorthopädischen Geräten zu kommen, bedarf es einer realistischen Analyse, wobei folgende Punkte berücksichtigt werden sollten:

1. Ein Trainingseffekt der orofazialen Muskulatur kann nicht erreicht werden, sofern ein Gerät nur nachts getragen wird.

2. Beim Sport wie auch bei orthopädischer Gymnastik werden Muskelübungen und Muskeltraining anfänglich mit großer Vorsicht durchgeführt. Diese Grundregel sollte auch für unser Fachgebiet verbindlich sein. Wir verstoßen gegen diese Regel, wenn wir bei der Behandlung der mandibulären Retrusion den Unterkiefer in seiner Stellung um 6 mm und mehr vorverlagern. Die betroffenen Muskeln sind dann überfordert, ein Trainingserfolg bzw. die Entwicklung neuer Funktionsmuster der Muskulatur kann nicht erwartet werden.

3. Die posturale Dysbalance zwischen Protraktoren und Retraktoren lässt sich nicht beheben, wenn der Unterkiefer mechanisch in der Vorlage abgestützt wird, wie es bei einer Verwendung der „funktionellen Geräte“ geschieht. Mit ihnen wird die Aufhängemuskulatur außer Kraft gesetzt, ihre Aktivität ist für die Lageveränderung des Unterkiefers nicht mehr erforderlich. Ein Trainingseffekt, das Erlernen neuer Funktionsweisen der Muskulatur, kann dann nicht erwartet werden.

4. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass der Mechanismus des Sensory-Motor-Feedbacks die einzige Möglichkeit bietet, eine funktionelle Behandlungsweise in der orofazialen Orthopädie mit einem Gerät zu realisieren. Die fast 40-jährige Erfahrung mit dem Funktionsregler hat gezeigt, dass die Schilde des Funktionsreglers die Möglichkeit bieten, nach diesem Prinzip wirksam zu werden. Die so genannten funktionellen Geräte sind nicht in der Lage, die mechanosensitiven Neuronen in der zirkumoralen Weichteilkapsel anzusprechen oder gar zu stimulieren. So kommt es nur zu einer strukturellen Veränderung der Muskulatur, das heißt zu Veränderung ihrer Länge.

5. In der Orthopädie muss sich jeder Patient nach einer Mechanotherapie bzw. einer chirurgischen Behandlung einer Weiterbehandlung durch den Physiotherapeuten oder Gymnasten unterziehen. Leider hat man die klinische Bedeutung dieser Verfahrensweise in unserem Fachgebiet bisher nicht erkannt. So bleiben die bestehenden funktionellen Abweichungen nach der Behandlung bestehen. Dies ist der Hauptgrund, weshalb nach Absetzen der Geräte das Rezidiv eintritt.

6. Auf einen ganz besonders wichtigen Punkt sei mit Nachdruck hingewiesen. Die Physiologie im orofazialen Bereich ist gestört, wenn der Abschluss des oralen Funktionsraums fehlt, vor allen Dingen, wenn eine Inkompetenz des Lippenschlusses vorliegt. Dies ist in den meisten Fällen mit einer Fehlathmung durch den Mund vergesellschaftet. Wir wissen heute, dass sich die Mundatmung auf die gesundheitliche

utmost importance. We should no longer ignore what Angle had recognized, i. e. that functional disorders are important factors in causing rebound and relapse.

As claimed by Enlow [9], the actual hard part of a bone represents a product of growth, while the actual agents that produce enlargement and remodeling of a bone reside in the soft tissue matrix. Therapeutic approaches, regardless of the type of appliance used, are aimed at correcting the aberrant morphology, i. e. the product of growth is treated. Strictly speaking, such an approach treats a symptom, not the cause. What is most needed, in fact, is to abandon the strongly and stubbornly maintained viewpoint that correction of the abnormal morphology means successful treatment. This does not imply that we reject mechanotherapy or orthognathic surgery. However, a regimen of functional treatment as practiced in medical orthopedics should be applied once the abnormal morphology has been corrected. In appreciating Häupl's contribution to progress in our field, the advocates of classic orthodontics in the USA seem to be more realistic than European jaw orthopedists in recognizing his conceptual approach. This is illustrated by Tom Graber [39], who writes: "... how could we have been so blind to muscle forces for so many years and preoccupied with fixed-attachement, tooth moving minutiae." In this context the excellent paper by his son Lee Graber [36] entitled: "The relationship between craniofacial science and orthodontic practice", should be mentioned. We know of no other article identifying the risks of a morphology-correcting, mechanistic approach to the future development of our discipline. He emphasized that our clinical speciality should be based primarily on scientific observation and analysis and not so much focused on the mechanics of appliance design.

Only when the appliance choice becomes subserviant to treatment goals can we provide optimal care for our patients. When the dominating influence of a mechanistic concept is replaced by a more scientific approach, we may be on our way to developing a discipline that closely parallels a medical profession.

#### **Orofacial Orthopedics as a Discipline of Medicine**

Some interesting and fascinating aspects of orofacial orthopedics are of actual medical significance:

1. facial disfigurement resulting from disproportions of the facial skeleton and soft tissues,
2. abnormal mode of respiration.

To 1. The question arising is: Can we leave facial disfigurement resulting from disproportions of the facial skeleton and postural disorders of the facial muscles without any orthopedic treatment? We should consider that facial unattractiveness subjects children to social stereotyping. The unattractive child may easily be forced into a deviant behavior role which may ultimately result in poor social interactions. The stigma of ugliness evoked by facial dysmorphology may

Entwicklung des Kindes außerordentlich ungünstig auswirken kann. Orthopädisch von Interesse ist, dass Mundatmung meist mit einer Haltungsschwäche der Mundschließmuskulatur vergesellschaftet ist. Diese zu beheben stellt uns vor eine schwierige Aufgabe. In Zeitschriften und Büchern werden immer wieder Gesichtsfotos veröffentlicht, die zeigen sollen, dass durch die Behandlung ein kompetenter Lippenschluss erreicht wurde. Diese Fotos zeigen aber nur, dass die Lippen nach Behandlung zum Kontakt gebracht werden können, was aber noch keinen Beweis für die Behebung der Haltungsschwäche der Lippenschließmuskulatur bedeutet.

Bei der Erarbeitung seines theoretischen Konzepts bezog sich Häupl [42] auf Tierversuche, die er an drei Hunden vorgenommen hatte. Er hatte versucht, diese experimentellen Ergebnisse als Grundlage bei der Erarbeitung einer Arbeitshypothese für den Andresen'schen Monoblock zu nutzen. Dabei sind ihm schwere Fehler unterlaufen. Der Ausdruck „funktionskieferorthopädische Geräte“ ist eine Fehlbezeichnung, die eine Konzipierung eines „funktionellen Konzepts“ in unserem Fachgebiet unmöglich gemacht hat. So ist es zu der irrigen Annahme gekommen, dass allein mit dem Einsetzen eines funktionskieferorthopädischen Geräts die Durchführung einer funktionellen Orthopädie gewährleistet sei. Bei einer solchen simplen, auf den Apparat fixierten Denkungsweise wird aber dem Häupl'schen Konzept einer funktionellen Orthopädie nicht entsprochen. Es war nicht ein Apparat, sondern das Roux'sche Konzept der funktionellen Orthopädie, das Häupl zur Entwicklung des Systems der Funktionskieferorthopädie veranlasst hat.

Bei den „Funktionskieferorthopäden“ von heute steht der Apparat im Mittelpunkt aller Überlegungen. An ihm wird „herumgebastelt“. Man glaubt, dass sich ein Fortschritt in der Funktionskieferorthopädie durch Verbesserung der Gerätetechnik erreichen lasse. Um die wissenschaftliche Basis dieser Annahme zu untermauern, wird auf die Ergebnisse der experimentellen Forschung verwiesen. So bezieht man sich auf Tierexperimente, bei denen Geräte zur Anwendung kamen, die die Lage des Unterkiefers von Affen bzw. Ratten in rostraler Richtung verändern. Man nimmt an, dass die funktionskieferorthopädischen Geräte in der gleichen Weise wie die protrusiven Behelfe im Tierexperiment mandibuläres Wachstum stimulieren können. Man übersieht, dass mit Hilfe dieser protrusiven Geräte die regelrechten intermaxillären Beziehungen einer Klasse I zu einer fehlerhaften Beziehung der Klasse III, dass eugnathe Verhältnisse zu schweren Dysgnathien verändert wurden.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die Tierexperimente hingewiesen, die Droschl [7] an Affen vorgenommen hat. Mit Hilfe extraoraler Geräte konnte er schwerste Deformationen im Mittelgesicht produzieren. Die Ergebnisse aller dieser Untersuchungen weisen auf die Gefahr hin, dass mit der Anwendung „protrusiver“ Geräte die dentoskelettale Entwicklung in einer außerordentlich ungünstigen Weise beeinflusst werden kann. Eine Gerätebehandlung, die primär

severely affect self-image, social adjustment, social acceptance, and social recognition.

There is no doubt that the achievement of "super smiling", visualizing the successful treatment of malaligned teeth, demonstrates a considerable improvement in facial appearance. However, Stricker et al. [64] came to the conclusion in a comprehensive study dealing with psychosocial aspects of facial disfigurement that the disproportions of the face resulting from skeletal discrepancies and a deviant pattern of the facial muscles are the essential features of facial unattractiveness. To treat these disorders is a major aim of orofacial orthopedics. Such therapy may have effects far beyond local corrective achievements, making treatment into a real health service. The face, and the region of the mouth in particular, is the "calling card", a mirror of one's personality that may be correlated either positively or negatively with popularity and social success. The extensive representation of the oral region in the brain explains why emotional and nervous stresses are manifested particularly in the muscular environment around the mouth. This is confirmed in the investigations by Gershter [35], who observed an extremely high incidence of open bite in emotionally disturbed and mentally retarded children. Extensive clinical experience has demonstrated that shields positioned in the vestibule offer unique opportunities to correct an aberrant postural behavior of the facial musculature and thus facial unattractiveness.

To 2. Apart from the psychosocial aspects of facial unattractiveness, the weakness of the orofacial musculature, particularly that of the lip sealing muscles deserve our attention because it is very often associated with mouth-breathing. It is important to know that this can affect the well-being of the whole child, physically and mentally. Therefore, the achievement of a competent oral seal is a basic requirement for normalization of respiration and for establishing normal space conditions of the circumoral capsule. In order to understand the "causal chain" in the development of parted lips, the medical history of nasopharyngeal airway obstruction may be of interest. Upper respiratory tract infections are the most common of all acute diseases in infancy which, when recurrent, may result in chronic nasal obstruction. The children affected are forced to breathe through the mouth. Lip separation becomes a habit which inhibits the development of a mature pattern of the lip-sealing musculature. When the child attends our office at the age of 8 years or more, we are confronted with a severe postural weakness of the lip-sealing musculature which is difficult to treat. However, the establishment of a normal respiratory pattern through the nose can only be expected to occur when a competent oral seal has been achieved. Lip seal exercises are therefore an integral part of functional orthopedics and are described in our textbooks and articles.

### Concluding Considerations

Recent brain research has identified a problem of the utmost relevance to better understanding of the etiology of

auf die Korrektur einer morphologischen Abweichung abzielt, bedeutet immer eine mechanische Intervention. Das jeweilig bestehende strukturelle und funktionelle Gleichgewicht im orofazialen Bereich wird gestört. Wenn beispielsweise bei der Behandlung der Klasse II der Oberkiefer mit Hilfe extraoraler Techniken nach dorsal verlagert wird, so wird der wachstumsbedingte Verlagerungsprozess in rostraler Richtung behindert, das heißt, wir „arbeiten gegen das Wachstum“. Ein solches Behandlungsergebnis kann daher niemals als Einflussnahme auf das Wachstum ausgelegt werden.

Dies bedeutet keinesfalls, dass auf Mechanotherapie oder chirurgische Maßnahmen verzichtet werden kann. In einem interessanten Artikel berichten Pangrazio-Kulbersh et al. [59], dass sie bei der Behandlung der Progenie den Rat von Delaire befolgten und nach der Behandlung mit der Gesichtsmaske den Funktionsregler Typ 3 anwandten. Es hat sich gezeigt, dass das Behandlungsergebnis, das sie mit der Protraktionstechnik erzielt hatten, durch die Nachbehandlung mit dem Funktionsregler 3 eine bemerkenswerte Stabilität aufwies. Nach Mechanotherapie, besonders nach Behandlung mit festsitzender Technik, empfehlen wir die Behandlung mit dem Funktionsregler, um die restriktive Wirkung der strukturellen und funktionellen Abweichungen der kapulären Muskulatur zu beheben [32].

Die Kieferorthopäden von heute befassen sich vor allem mit der Mechanik des Geräts. Es kommt ihnen darauf an, einen wirksamen Apparat herzustellen, um die gewünschte Korrektur der morphologischen Abweichungen zu erzielen. Das heißt, der Apparat bestimmt die Methode und das Ziel der Behandlung. Wir müssen uns fragen, ob Kenntnisse auf dem Gebiet des kraniofazialen Wachstums bzw. die Ausbildung auf dem Gebiet biologischer Wissenschaften noch Bedeutung für die Praxis haben. Scheint es nicht viel mehr Nutzen zu bringen, wenn wir die zur Zeit gängigen „Kochbücher“ studieren, die die Technik der Geräte beschreiben? Warum soll denn der Kieferorthopäde von heute sich für das Roux'sche Konzept einer funktionellen Orthopädie interessieren, wenn sich die Höhe des Honorars der Krankenkasse aus der Größe der morphologischen Korrektur errechnet? Unser Fach ist technologisch orientiert. Es besteht die Gefahr, dass wir uns immer mehr zu einer Subspezies der Feinmechanik entwickeln. In der Verbesserung mechanisch wirkender Geräte wird die Zukunft gesehen, wobei der Verkürzung der Behandlungszeit Bedeutung beigemessen wird. Die bemerkenswerte Neigung zum Rezidiv wird übersehen. Man vergisst, dass die morphologischen Behandlungsergebnisse nach Absetzen des Geräts selten stabil bleiben. Können wir dann von einer optimalen Behandlung unserer Patienten sprechen? Müssen wir ihnen nicht mitteilen, dass die Stabilität des Behandlungsergebnisses nicht versprochen werden kann, wie das von Little et al. [46] empfohlen wird. Viele Autoren sind der Meinung, dass das Rezidiv nur durch eine lebenslange Retention vermieden werden kann. Ist das die Lösung des Problems? Sind wir nicht vielmehr gefordert, nach den Ursachen des Rezidivs zu forschen? Es

neuromuscular disorders and their adverse influence on dentoskeletal development. The processes of organization and maturation of the central nervous system after birth represent a critical period for the acquisition of physiological postural performance patterns of the orofacial musculature. The pronounced representation of the oral region in both the cerebral cortex and the brain stem explains the intimate interrelationship between the maturation of the central nervous system and that of the neuromuscular behavior in the orofacial area.

This has attracted the interest of neurologists, neurophysiologists, psychiatrists, psychologists, pediatricians and members of other medical disciplines. The studies by Corruccini [4], Greene [40], Leonhard [44], and Tiedt et al. [66] are of particular interest to our field. In his excellent booklet "Touching", Montagu [54] stressed the relevance of the stimulation the infant receives from the mother in early infancy. With reference to the investigations by Harlow, Spitz and many others, he described how maternal deprivation may severely disturb the physical as well as the mental development of growing infants. This may in turn adversely influence the maturing processes in the brain, preventing the development of physiologic neuromuscular performance patterns. Therefore, it appears necessary to change our basic thinking about the etiology and treatment of dentoskeletal dysmorphology which provides a more scientific approach to diagnostic and therapeutic problems we are faced with.

Of course, we can utilize the potential of the cephalic growth sites to respond to the mechanical forces produced by an appliance with bone remodeling. However, we should not ignore the statements made by the great pioneers in our field, Edward Angle [1] and Karl Häupl [42], who postulated that a morphology-correcting approach cannot be successful unless a functional approach is applied concomitantly. Clinical evidence accumulated during the first half of this century in the medical profession of orthopedics has revealed that poor postural behavior affecting related muscles plays an important role in the development of skeletal dysmorphology. We should accept this basic consideration and direct our primary efforts towards identifying a faulty postural performance of the orofacial musculature and to correcting it by instituting a program of muscle exercises. The dramatic dentoskeletal changes achieved by means of the shields of the function regulator appliance are evidence that the muscular components of the circumoral capsule play a decisive role in the displacement movements of teeth and facial bones during growth. It appears to be a logical consequence to assume that aberrant functional patterns of the "capsular" muscles may disturb or restrict the regional displacement movements and thus produce dentoskeletal dysmorphology. To correct these deviant patterns of the orofacial musculature is, as suggested by Roux, the primary target of functional orthopedics. Being capable of preventing facial disfigurement and respiratory disorders, orofacial orthopedics stands as a

wird wirklich Zeit, das späte Statement von Angle ernst zu nehmen und die Bedeutung neuromuskulärer Abweichungen für das Rezidiv zu erkennen. Aufgrund unserer langjährigen klinischen Erfahrung messen wir den funktionellen Abweichungen der „kapsulären Muskulatur“ ursächlich primäre Bedeutung bei. Eine räumlich adäquate Größe und Form der zirkumoralen Weichteilkapsel scheint uns das optimale, das wirksamste „Retentionsgerät“ zu sein.

Nach Enlow [9] ist der harte Anteil eines Knochens das „Produkt“ von Wachstum. Die Mechanismen, die den Umbau bzw. die Vergrößerung eines Knochens ausmachen, haben ihren Sitz in der „Weichteilmatrix“. Die Behandlung mit den konventionellen Geräten, ganz gleich welcher Art, hat das Ziel, die morphologischen Abweichungen zu korrigieren. Das heißt, das „Produkt“ von Wachstum wird behandelt, ein Symptom, nicht die Ursache der Fehlentwicklung. Anscheinend werden die Verdienste Häupls um unser Fachgebiet in den USA mehr gewürdigt als von den europäischen Kieferorthopäden. In einem Essay hat Tom Graber [39] auf die Notwendigkeit zum funktionellen Denken hingewiesen. Er schreibt: „... Wie konnten wir nur so lange unsere Augen vor den Kräften der Muskulatur verschließen und nur beschäftigt sein mit der Feinmechanik der festsitzenden Geräte und ihrer orthodontischen Wirkung.“ Ein ausgezeichnete Artikel ist auch von seinem Sohn Lee Graber [36] geschrieben worden mit dem Titel: „Die Beziehung zwischen der kraniofazialen Wissenschaft und der orthodontischen Praxis“. Nach ihm sollte sich unser Fachgebiet primär auf die wissenschaftliche Beobachtung und Analyse stützen und sich nicht so sehr mit der Mechanik des Apparats befassen.

In unserem Fach können wir nicht auf mechanische Geräte verzichten. Wir benötigen den Apparat, um das Behandlungsziel, besonders bei älteren Patienten, zu erreichen. Das Gerät ist ein technisches Hilfsmittel, das uns aber nicht eine wissenschaftliche Erklärung eines Behandlungsprinzips zu geben vermag.

#### **Orofaziale Orthopädie als eine Disziplin der Medizin**

Die Frage, ob und inwieweit unser Fachgebiet als medizinische Disziplin gelten kann, ist bisher nur oberflächlich behandelt worden. Dabei gibt es außerordentlich interessante Aspekte, die zeigen, dass eine orofaziale Orthopädie bemerkenswerte Leistungen im Sinne einer ärztlichen Tätigkeit erbringen kann. Es seien hier nur zwei Aspekte einer medizinischen Problematik angeführt:

1. die gestörte Gesichtsästhetik durch Disproportionen des Gesichtsskeletts bzw. der Gesichteweichteile,
2. Störungen der Atmung.

Zu 1. Die Gesichtsästhetik ist für das „menschliche Miteinander“ von großer Bedeutung. Es steht außer Frage, dass schon Kinder darunter leiden, wenn die Ästhetik ihres Gesichts gestört ist. Sehr leicht kann es bei solchen Kindern zu asozialen Verhaltensweisen kommen, die ihre Einstellung zum Leben negativ beeinflussen. Disproportionen der Hart-

health service, as a holistic approach in the sense of psychosomatic therapy.

In conclusion, we are at the crossroads in our field. Edward Angle's late statement may be the signpost showing us the way to becoming a subspecies of the medical profession of orthopedics. Then the designation "orofacial orthopedics" is really justified.

## References

1. Angle E.H. Treatment of malocclusion of the teeth. Philadelphia: S. S. White, 1907.
2. Baum S. Kephalmetrische Längsschnittuntersuchung zu Weichteilveränderungen im vorderen Unterkieferabschnitt bei Patienten der Angle-Klasse 2 durch elastischen-offenen Aktivator und Funktionsregler. Akademie für Ärztliche Fortbildung Zwickau: Dissertation, 1990.
3. Brieden M, Pangrazio-Kulbersh V, Kulbersh R. Maxillary skeletal and dental change with Fränkel Appliance therapy. *Angle Orthod* 1984;54:2269-72.
4. Corruccini RS. How anthropology informs the orthodontic diagnosis of malocclusion's causes. Lewiston-Queenston-Lampeter: The Edwin Mellen Press, 1999.
5. Dermaut LR. Orthodontics: evaluation and future. In: Moorrees CFA, van der Linden FPGM, eds. Proceedings of the International Conference on the occasion of the 28th anniversary of the Orthodontic Department of the University of Nijmegen, The Netherlands, October 22-24, 1987. Alphen aan den Rijn: S. Stafien, 1988.
6. Dermaut LR, Aelbers CMF. Orthopedics in orthodontics: Fiction or reality. A review of the literature - Part II. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:667-71.
7. Droschl H. The effect of heavy orthopedic forces on the maxilla in the growing Saimiri sciureus (squirrel monkey). *Am J Orthod* 1973; 63:449-61.
8. Dullemeijer P. Methodology in cranio-facial biology. Proceedings of the Craniofacial Conference. Nijmegen: Swets and Zeitlinger BC, 1972: 1-32.
9. Enlow DH. Essentials of facial growth. Philadelphia: Saunders, 1996.
10. Falck F. Röntgenologische Längsschnittuntersuchungen bei Deckbißträgern unter besonderer Berücksichtigung von Keimanlage und Topogenese der bleibenden Frontzähne. Universität Leipzig: Dissertation, 1969.
11. Falck F. Möglichkeiten der sagittalen Nachentwicklung maxillärer Strukturen mit dem Funktionsregler Typ III. *Zahn-Mund-Kieferheilkd* 1981; 69:465-71.
12. Falck F. Zur Stabilität der De-Coster-Linie und der Okzipitalbasis nach Fränkel. *Zahn-Mund-Kieferheilkd* 1982;70:232-7.
13. Falck F. Kephalmetrische Längsschnittuntersuchung über Behandlungsergebnisse der mandibulären Retrognathie mit Funktionsreglern im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Berlin: Dissertation (B), 1985.
14. Franz E. Beziehungen zwischen allgemeiner psychischer und motorischer Entwicklung des Gesichtsschädels. Akademie für Ärztliche Fortbildung Zwickau: Dissertation, 1989.
15. Fränkel C. Funktionelle Aspekte des skelettalen offenen Bisses. Universität Jena: Dissertation, 1980.
16. Fränkel C, Kober M. Fernröntgenologische Längsschnittuntersuchungen über die vertikale Lageveränderung der bleibenden Eckzähne und Prämolaren des Ober- und Unterkiefers während der eruptiven Phase. Humboldt Universität Berlin: Thesis, 1975.
17. Fränkel R. Die Dynamik des interokklusalen Unterdrucks. *Dtsch Zahnärztl Z* 1967;22:1282.

und Weichgewebe des Gesichts können sich auf das Selbstwertgefühl bzw. die soziale Einordnung ungünstig auswirken. Die soziale Akzeptanz und Anerkennung durch die Umwelt bleibt dann häufig aus.

Die Orthodontie hat hier therapeutisch schon Hervorragendes geleistet. Die Korrektur von Gebissanomalien, besonders im Frontbereich, bedeutet eine wesentliche Verbesserung des Gesichtsausdrucks. Eine umfassende Arbeit, die sich mit den psychosozialen Aspekten der gestörten Gesichtsästhetik befasst, hat unter der Leitung von Stricker [64] zu dem Ergebnis geführt, dass die Disproportionen des Gesichts, wie sie durch skelettale Abweichungen, besonders aber auch durch abwegige Haltemuster der Gesichtsmuskulatur zustande kommen, die wesentlichen Faktoren darstellen, die ein Gesicht unschön oder gar hässlich erscheinen lassen. Hier ist eine orofaziale Orthopädie gefordert, bei der Behandlung aktiv mitzuwirken. Eine solche Behandlung beinhaltet nicht nur die regionale Korrektur der Disproportionen des Gesichts, sondern, wenn wir die Bedeutung der Gesichtsästhetik für die Persönlichkeitsentwicklung bedenken, sie kann zu einer bedeutungsvollen medizinischen Leistung werden. Das Gesicht ist die „Visitenkarte“, die bei Kontaktaufnahme bzw. bei der Einschätzung durch die Umwelt eine wichtige Rolle spielt. Disproportionen im Gesichtsaufbau lassen sich nicht durch ein „kosmetisches Make-up“ verdecken. Die Ausdruckspsychologie hat sich besonders intensiv mit dem Gesicht befasst. Danach steht fest, dass die „äußere Haltung“, die durch den Tonus der Gesichtsmuskulatur bestimmt wird, die „innere Haltung“ wiedergibt [44]. Die orale Region ist dimensional besonders stark im Gehirn repräsentiert. Hierdurch wird deutlich, dass Emotionen oder nervöser Stress sich besonders in der oralen Region niederschlagen. Interessant sind in diesem Zusammenhang die Untersuchungen von Gershafter [35]. Bei Kindern mit emotionalen Störungen oder die in ihrer geistigen Entwicklung zurückgeblieben sind, ließ sich eine ausgeprägte Haltungsschwäche der orofazialen Muskulatur feststellen. Ein außerordentlich hoher Prozentsatz dieser Kinder hatte einen frontal offenen Biss.

Zu 2. Abwegige Funktionsmuster der orofazialen Muskulatur, besonders die Haltungsschwäche der Lippenschließmuskulatur, verdienen unsere besondere Beachtung. Sehr häufig ist der „offene Mund“ vergesellschaftet mit Mundatmung, womit sich viele Autoren beschäftigt haben. Mundatmung kann sich für die physische wie auch geistige Entwicklung der Kinder sehr negativ auswirken. Von den HNO-Ärzten wird den nasopharyngealen Obstruktionen als Ursache der Mundatmung große Bedeutung beigemessen. In früher Kindheit sind Infektionen des respiratorischen Trakts außerordentlich häufig. Dabei kommt es zur Schwellung der betroffenen Schleimhäute, die eine Atmung durch die Nase unmöglich macht. Wenn diese Infektionskrankheiten immer wieder auftreten, wird die Mundatmung zu einer Gewohnheit. So kann es zur Haltungsschwäche der Lippenschließmuskulatur kommen, deren Behebung nicht einfach ist.

18. Fränkel R. Funktionskieferorthopädie und der Mundvorhof als apparative Basis. Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit, 1967.
19. Fränkel R. Fernröntgenanalyse nach Okzipitalkreuz und natürlicher Kopfhaltung. Dtsch Stomatol 1969;19:673–81.
20. Fränkel R. Maxillary retrusion in Class III and treatment with the function corrector III. Trans Eur Orthod Soc 1970;46:249–60.
21. Fränkel R. Decrowding during eruption under the screening influence of vestibular shields. Am J Orthod 1974;65:372–406.
22. Fränkel R. Functional approach to orofacial orthopedics. Br J Orthod 1980;7:41–51.
23. Fränkel R. The applicability of the occipital reference base in cephalometrics. Am J Orthod 1980;77:379–95.
24. Fränkel R. Lip seal training in treatment of open bite. Eur J Orthod 1980;2:219–28.
25. Fränkel R. Biomechanical aspects of the form/function relationship in craniofacial morphogenesis: a clinician's approach. In: McNamara JA, Ribbens KA, Howe RP, eds. Clinical alteration of the growing face. Monograph No.14, Craniofacial Growth Series. The University of Michigan, Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, 1983: 107–30.
26. Fränkel R. Technik und Handhabung der Funktionsregler, 3. Aufl. Berlin: Verlag Volk und Gesundheit, 1984.
27. Fränkel R. Kieferorthopädie und Orthodontie und die Roux'sche Lehre von der funktionellen Anpassung. Inf Orthod Kieferorthop 1997;29:151–63.
28. Fränkel R, Falck F. Zahndurchbruch und Vererbung beim Deckbiß. Fortschr Kieferorthop 1976;28:175–81.
29. Fränkel R, Fränkel C. Funktionelle Aspekte des skelettalen offenen Bisses. Fortschr Kieferorthop 1982;43:8–18.
30. Fränkel R, Fränkel C. A functional approach to treatment of skeletal open bite. Am J Orthod 1983;84:54–67.
31. Fränkel R, Fränkel C. Orofacial Orthopedics with the function regulator. Basel: Karger, 1989.
32. Fränkel R, Fränkel C. Der Funktionsregler in der orofazialen Orthopädie. Heidelberg: Hüthig, 1992.
33. Fränkel R, Löffler U. Functional aspects of mandibular crowding. Eur J Orthod 1990;12:224–9.
34. Fränkel R, Müller M, Falck F. The uprighting effect of the Fränkel appliance on the mandibular canines and premolars during eruption. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1987;92:109–16.
35. Gershater MM. The proper perspective of open bite. Angle Orthod 1972;42:263–72.
36. Graber LW. The relationship between craniofacial science and orthodontic practice. In: Essays in honor of Robert E. Moyers. Monograph 24: Craniofacial Growth Series. The University of Michigan, Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, 1991:27–36.
37. Graber TM. Metamorphosis of functional orthopedics in Europe and the United States. Stomatol DDR 1983;33:195–200.
38. Graber TM, Neumann B. Removable orthodontic appliances, 2nd edn. Philadelphia: Saunders, 1984.
39. Graber TM. Physiologic principles of functional appliances. St. Louis-Toronto-Princeton: Mosby, 1985.
40. Greene CS. The application of modern pain management concepts to the myofascial pain-dysfunction (MPD) syndrome: In: Kawamura Y, Dubner R, eds. Oral-facial sensory and motor functions, chapter 28. Tokyo-Berlin-Chicago: Quintessence, 1981.
41. Harvold EP. Altering craniofacial growth: Force application and neuromuscular-bone interaction. In: McNamara JA, Ribbens KA, Howe RP, eds. Clinical alteration of the growing face. Monograph No.14 Craniofacial Growth Series. The University of Michigan, Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, 1983:41–63.
42. Häupl K. Gewebsumbau und Zahnverdrängung in der Funktionskieferorthopädie. Leipzig: Barth, 1938.

### Schlussbemerkungen

In jüngerer Zeit hat sich die Forschung in zunehmendem Maße mit der Organisation der zentralnervösen Strukturen befasst. Die Ergebnisse der Hirnforschung sind für unser Fachgebiet von ganz besonderer Bedeutung. Mit der Reifung neuraler Funktionsmuster geht die Reifung muskulärer Funktionen einher. Werden diese Reifungsprozesse gestört, so sind Ausbildung und Reifung neuromuskulärer Funktionsmuster im Gesichtsbereich gefährdet. Die außerordentlich große Repräsentanz der Regio oralis in Großhirn und Hirnstamm erklärt, dass zwischen den Reifungsprozessen des zentralen Nervensystems und den der orofazialen Muskulatur sehr enge Beziehungen bestehen.

Für diese Problematik haben sich die Neurologen, Neurophysiologen, Psychiater, Psychologen, Pädiater und Wissenschaftler anderer medizinischer Disziplinen interessiert. So sind die Untersuchungen von Corruccini [4], Greene [40], Leonhard [44] und Tiedt et al. [66] für unser Fachgebiet von besonderem Interesse. In einem sehr schönen Buch mit dem Titel „Touching“ hat Montagu [54] darauf hingewiesen, welche große Bedeutung der Mutter-Kind-Beziehung für die Entwicklung des Neugeborenen zukommt. Mit Bezug auf die Forschung von Harlow, Spitz und vielen anderen Autoren hat er beschrieben, wie ungünstig die psychische und mentale Entwicklung des Kleinkindes beeinflusst wird, wenn die stimulierenden Beziehungen zwischen Mutter und Kind gestört sind bzw. fehlen. Daran sollten wir denken, wenn wir eine ursächliche Erklärung der dentoskelettalen Fehlentwicklungen finden wollen.

Natürlich steht außer Frage, dass wir bei der Behandlung unserer Patienten auf mechanisch wirkende Geräte nicht verzichten können, das heißt, dass wir uns das Potenzial der kraniofazialen Wachstumszonen, auf mechanische Reize mit Knochenumbau zu reagieren, zu Nutzen machen. Wir sollten aber nie vergessen, worauf die großen Pioniere unseres Fachgebiets, Edward Angle und Karl Häupl, mit Nachdruck hingewiesen haben. Die Korrektur der morphologischen Abweichungen allein führt nicht zum Erfolg, wenn nicht auch die funktionellen Abweichungen einer Behandlung zugeführt wurden. In den ersten 50 Jahren dieses Jahrhunderts ist man in der Orthopädie zu der Erkenntnis gelangt, dass abweichende tonische Funktionsmuster der Muskulatur bei der Entstehung skelettaler Fehlentwicklungen eine wichtige Rolle spielen. Wir sollten diese Erkenntnisse für unser Fachgebiet nutzen und dem Beispiel der Orthopäden folgen. Unsere wichtigste Aufgabe ist darin zu sehen, abweichende Haltemuster der orofazialen Muskulatur aufzuspüren und durch orthopädische Gymnastik zu beheben. Die deutlichen dentoskelettalen Veränderungen, die wir mit den Schilden des Funktionsreglers erzielen konnten, zeigen, dass die muskulären Bestandteile der zirkumoralen Kapsel eine ganz entscheidende Rolle bei den Verlagerungsprozessen von Zähnen und Gesichtsknochen spielen. Es erscheint daher als logische Konsequenz, anzunehmen, dass abweichende funktionelle Muster der kap-

43. Kleinert R. Zur Stabilität der De-Coster-Linie und der Okzipitalbasis nach Fränkel. Universität Leipzig: Dissertaton, 1992.
44. Leonhard K. Der menschliche Ausdruck. Leipzig: Barth, 1968.
45. Little RM, Wallen TR, Riedel RA. Stability and relapse of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod* 1981;80:349–65.
46. Little RM, Riedel RA, Artun J. An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:423–8.
47. Löffler U. Die Problematik der Kinnentwicklung beim Menschen. Eine vergleichende fernröntgenologische Untersuchung. Berlin: Dissertation, 1988.
48. McDougall PD, McNamara JA Jr, Dierkes JM. Arch width development in Class II patients treated with the Fränkel appliance. *Am J Orthod* 1982;82:10–22.
49. McNamara JA, Bryan FA. Long term mandibular adaptations to protrusive function: An experimental study in macaca mulatta. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;92:98–108.
50. McNamara JA, Carlson DS. Quantitative analysis of temporomandibular joint adaptations to protrusive function. *Am J Orthod* 1979;76: 593–611.
51. McNamara JA, Connelly TG, McBride MC. Histological studies of temporomandibular joint adaptations. In: McNamara JA Jr, ed. Determinants of mandibular form and growth. Monograph No. 4, Craniofacial Growth Series. The University of Michigan, Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, 1975: 209–27.
52. McNamara JA, Graber LW. Mandibular growth in the rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *Am J Phys Anthropol* 1975;42:15–24.
53. Mills JRE. Clinical control of craniofacial growth: A skeptic's viewpoint. In: McNamara JA Jr, Ribbens KA, Howe RP, eds. Clinical alteration of the growing face. Monograph No. 14, Craniofacial Growth Series. The University of Michigan, Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, 1983:17–39.
54. Montagu A. *Touching*. New York: Harper & Row, 1986.
55. Moorrees CFA. Proceedings of the Conference at the University of Nijmegen, 1988.
56. Moss ML. The primacy of functional matrices in orofacial growth. *Dent Practitioner* 1968;19:65–73.
57. Moss ML. The functional matrix hypothesis and epigenetics. In: Graber TM, ed. Physiologic principles of functional appliances. St. Louis– Toronto–Princeton: Mosby, 1985.
58. Moyers RE. *Handbook of orthodontics*. Chicago: Year Book Medical Publ, 1973.
59. Pangrazio-Kulbersh V, Berger J, Kersten G. Effects of protraction mechanics on the midface. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:484–91.
60. Peiper A. *Die Eigenart der kindlichen Hirntätigkeit*. Leipzig: VEB Georg Thieme, 1961.
61. Petrovic A, Stutzmann J. Further investigations into the functioning of the peripheral "comparator" of the servosystem (respective positions of the upper and lower dental arches) in the control of the condylar cartilage growth rate and of the lengthening of the jaw. In: McNamara JA Jr, ed. The biology of occlusal development. Monograph No. 7, Craniofacial Growth Series. The University of Michigan, Ann Arbor Center for Human Growth and Development, 1977: 255–91.
62. Roux W. *Entwicklungsmechanik der Organismen*, Bd. I und II. Leipzig: Engelmann, 1895.
63. Shields TE, Little RM, Chapko MK. Stability and relapse of mandibular anterior alignment: a cephalometric appraisal of first-premolar-extraction cases treated by traditional edgewise orthodontics. *Am J Orthod* 1985;87:27–38.
64. Stricker G, Clifford E, Cohen LK, et al. Psychosocial aspects of craniofacial disfigurement. *Am J Orthod* 1979;76:410–22.
65. Stutzmann J, Petrovic A, Graber TM. Effects of the Fränkel lateral vestibular shields on the widening of the upper jaw. *Stomatol DDR* 1983;33:753–66.
66. Tiedt N, Zwiener U. *Taschenbuch der Pathophysiologie*. Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit, 1988.
67. Uhde MD, Sadowsky C, Begole EA. Long-term stability of dental relationships after orthodontic treatment. *Angle Orthod* 1983; 53:240–52.

**Address for Correspondence:**

Prof. Dr. habil. Dr. med. h. c. Rolf Fränkel  
 Ulmenweg 42  
 D-08060 Zwickau, Germany  
 Phone (+49/375) 522072