

Pain in Orthodontics

A Review and Discussion of the Literature

Schmerz in der Kieferorthopädie

Überblick und Diskussion der Literatur

Marianne Bergius¹, Stavros Kiliaridis², Ulf Berggren³

Abstract: This literature review focuses on previous studies of pain and pain perception in dentistry with special emphasis on orthodontic treatment. The prevalence of pain and background factors such as age, gender and culture/society, in addition to pain physiology and the influence of concomitant emotional and cognitive factors, is examined. Pain during orthodontic tooth movement is reported from the point of view of its physiology and character and different assessment methods. These aspects are described both generally and specifically in relation to the type of orthodontic forces and to the experience of discomfort other than pain. Since the orthodontic treatment may cause some degree of suffering for the patients, it is important for orthodontists to handle this situation in the best possible way. Some ideas about the possibilities of avoiding, reducing or alleviating pain in orthodontics are discussed.

Key Words: Review · Pain · Orthodontics

According to the clinical literature and a number of systematic research studies, the experience of discomfort and pain is a common situation during orthodontic treatment. However, despite the fact that it is claimed to be a significant area of concern, few studies report, analyze and discuss caus-

Zusammenfassung: Dieser Literaturüberblick beruht auf vorangegangenen Untersuchungen des Schmerzes und der Schmerzempfindung mit besonderer Berücksichtigung der kieferorthopädischen Behandlung. Dabei werden die Häufigkeit des Schmerzes und die Hintergrundfaktoren, wie zum Beispiel Alter, Geschlecht und kulturelle/gesellschaftliche Verhältnisse, sowie die Physiologie des Schmerzes und dessen Einfluß auf begleitende emotionale und kognitive Faktoren dargestellt. Es wird über den Schmerz und dessen Charakter während der orthodontischen Zahnbewegung aus physiologischer Sicht und über verschiedene Bewertungsmethoden berichtet. Diese Gesichtspunkte werden sowohl allgemein als auch speziell abhängig von der Art der angewandten orthodontischen Kräfte und der Erfahrung des Unbehagens wie des Schmerzes beschrieben. Da die kieferorthopädische Behandlung dem Patienten bis zu einem gewissen Grad Leiden verursacht, sollte der Kieferorthopäde mit dieser Situation bestmöglich umgehen. Einige Ansätze zur möglichen Schmerzvermeidung, Schmerzverminderung und Schmerzlinderung in der Kieferorthopädie werden diskutiert.

Schlüsselwörter: Übersicht · Schmerz · Kieferorthopädie

Nach der klinischen Literatur und einer Anzahl systematischer Untersuchungen sind Schmerzen und Beschwerden während orthodontischer Behandlung keine Seltenheit. Trotz der übereinstimmenden Meinung, daß es sich um ein wichtiges Problem handelt, berichten, analysieren und diskutieren nur wenige Studien über die Ursachen, Ausprägung und Konsequenzen von Schmerzreaktionen bei kieferorthopädischen Behandlungen. Verglichen mit anderen bedeutsamen Gebieten der Zahnmedizin scheint es, daß der Schmerzaspekt selten in Zusammenhang mit der kieferorthopädischen Behandlung betrachtet wird. Man könnte vermuten, daß dies damit zusammenhängt, daß viele Patienten wahrscheinlich hochmotiviert ihrer Behandlung gegenüberstehen und daher nicht über Schmerzen klagen oder um deren Linderung bitten. Die klinische Erfahrung zeigt jedoch, daß die meisten Patienten unter Schmerzen und Be-

¹ Department of Orthodontics, Göteborg University, Göteborg, Sweden,

² Department of Orthodontics, University of Geneva, Geneva, Switzerland

³ Department of Oral Diagnostics, Division of Behavioral Science, Göteborg University, Göteborg, Sweden.

Submitted: 18 Oct 1999.

Accepted: 29 Dec 1999.

es, manifestations and consequences of pain reactions in orthodontic treatment. Compared to other major clinical fields of dentistry, it seems that pain aspects are rarely considered in conjunction with orthodontic treatment. One may speculate that this is due to many patients being highly motivated for their treatment and not reporting pain or asking for pain alleviation. Clinical experience shows, however, that most pain and discomfort are reported during the first day(s) of treatment and that subsequent pain may not be clearly identified by the orthodontist at recall visits and check-ups, which are mostly carried out after a week or more. Even if the orthodontist is not aware of the problem, it still exists for the patient. It has been reported that nearly every tenth patient interrupts his or her therapy due to early pain experiences [40]. Besides the actual experience of pain during orthodontic treatment, fear of pain may also be a great problem, since it contributes to patients' failure to seek orthodontic treatment [38]. However, up till now only a limited number of systematic studies concerning pain in relation to orthodontic treatment have been performed. These studies are presented in this review, which focuses on the prevalence, manifestations, cause-related factors and measurement of pain.

Prevalence of Pain

Dental care is frequently associated with pain. Although many dentists may be unaware of their patients' pain experiences during treatment [5], up to 77% of dental patients report some degree of pain during their visits to the dentist [18]. In a Norwegian study of 2,384 adults, 60% reported having had at least one unpleasant painful dental experience and 6% stated that dental treatment was always very painful [55].

In orthodontics, the occurrence of pain seems to be no less frequent. In a retrospective study of dental discomfort and pain, 91% of 203 adult Chinese patients in Singapore wearing fixed orthodontic appliances reported appliance-induced pain. In 39% of these patients pain and discomfort at the teeth were experienced during each step of the treatment, for example whenever a new archwire or elastic force was applied [23]. Prospective investigations of both children and adults by Scheurer et al. [47] in Switzerland and by Kvam et al. [21] in Norway revealed that 95% of patients reported experiencing pain during orthodontic treatment.

The main reason for the experienced pain appears to have been the application of orthodontic forces inducing a tooth movement [2, 7, 16, 20, 38, 47]. However, pain was also registered on other occasions during orthodontic treatment. Rapid maxillary expansion (RME) resulted in pain mainly in adolescents [53], while treatment with Herbst appliances has been reported as a potential factor in the occurrence of pain in the masticatory system [39]. Posterior displacement of the condyle, which can be induced by chin cup therapy, may cause anterior disc displacement and also pain: In a retrospective study, 16% of the patients responding to a questionnaire reported pain when using a chin cup [6]. It was hypothesized that, during correction of anterior crossbite, a posterior open bite resulting from an unstable mandibular position may have caused muscular

schmerzen während der ersten Tage der orthodontischen Behandlung leiden. Da die Folgebehandlungen und Kontrollen erst nach einer Woche oder mehr durchgeführt werden, kann der Kieferorthopäde den Schmerz zu dem Zeitpunkt seines Auftretens nicht klar identifizieren. Aber auch wenn der Kieferorthopäde das Problem nicht wahrnimmt, existiert es für den Patienten. Es wird darüber berichtet, daß beinahe jeder zehnte Patient die Behandlung wegen früher Schmerzerfahrung abbricht [40]. Neben der tatsächlichen Schmerzerfahrung während der kieferorthopädischen Behandlung könnte auch die Angst davor ein Problem darstellen, da sie dazu beitragen könnte, daß der Patient darauf verzichtet, einen Kieferorthopäden aufzusuchen [38]. Trotzdem wurde bisher nur eine begrenzte Anzahl an systematischen Studien, die den Schmerz bei kieferorthopädischen Behandlungen untersuchten, durchgeführt. Diese Studien werden in einem Überblick dargestellt, der sich auf Häufigkeit, Ausprägung, ursächliche Faktoren und die Messung des Schmerzes konzentriert.

Häufigkeit von Schmerz

Eine zahnärztliche Behandlung wird sehr häufig mit Schmerzen assoziiert. Obwohl viele Zahnärzte sich der Schmerzerfahrung ihrer Patienten während der Behandlung nicht bewußt werden [5], berichten 77% der Patienten über Schmerzen bis zu einem bestimmten Ausmaß während ihrer Zahnarztbesuche [18]. In einer norwegischen Studie mit 2 384 Erwachsenen sagten 60% aus, zumindest eine unangenehme, schmerzhaft zahnärztliche Erfahrung gemacht zu haben, 6% berichteten, daß die Behandlung immer sehr schmerzhaft war [55].

In der Kieferorthopädie scheint das Auftreten von Schmerzen nicht weniger häufig zu sein. In einer retrospektiven Studie mit 203 erwachsenen Patienten aus Singapur, die festsitzende kieferorthopädische Geräte trugen, berichteten 91% über Schmerzen, die durch diese Apparaturen verursacht wurden. Bei 39% dieser Patienten traten Zahnschmerzen und Beschwerden bei jedem Behandlungsschritt auf, zum Beispiel beim Einsetzen eines neuen Bogens oder wenn elastische Kräfte appliziert wurden [23]. Prospektive Untersuchungen sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen von Scheurer et al. [47] aus der Schweiz und von Kvam et al. [21] aus Norwegen zeigten, daß 95% der Patienten über Schmerzerfahrungen während kieferorthopädischer Behandlung berichteten.

Die Hauptursache des Schmerzes scheint das Applizieren von Kräften zu sein, die eine Zahnbewegung bewirken [2, 7, 16, 20, 38, 47]. Schmerzen traten jedoch auch bei anderen Gelegenheiten während der kieferorthopädischen Behandlung auf. Eine forcierte Gaumennahterweiterung führte besonders bei Jugendlichen zu Schmerzreaktionen [53], außerdem wird berichtet, daß die Behandlung mit einer Herbst-Apparatur ein potentieller Faktor bei der Entstehung von Schmerzen des Kausystems ist [39]. Eine posteriore Verlagerung des Kondylus, die durch die Behandlung mit einer Kopf-Kinn-Kappe bewirkt werden kann, kann eine anteriore Verlagerung des Diskus und damit auch Schmerz verursachen: In einer retrospektiven Studie, in der die Patienten einen Fragebogen beantworteten, berichteten 16% über Schmerzen während der Behandlung mit der Kopf-Kinn-Kappe [6]. Es wurde die Hypothese aufgestellt, daß während

dysfunction with concomitant pain in the temporomandibular joint.

Soft tissue lesions and wounds caused by orthodontic appliances may be one of the factors contributing to pain. In a study of 161 patients aged 12 to 17 years, Kvam et al. [21] reported that lesions caused by fixed appliances were common (76%), while severe ulcers were present among 2.5% of these patients. Recurrent aphthous ulcerations (RAU) among adolescents during orthodontic treatment were also reported in that study. However, the mechanisms underlying the increased frequency of recurrent aphthous ulcerations in connection with orthodontic treatment are not clear.

The Experience of Pain

According to the International Association for the Study of Pain (IASP), "pain is an unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential damage or described in terms of such damage" [14]. The IASP stresses the importance of psychological aspects of the experience of pain. Thus, pain is always recognized and accepted as subjective and unpleasant, not necessarily connected with a stimulus. Pain can be reported even in the absence of direct tissue damage and be due to emotional or cognitive factors. In a subjective report, there is no way to distinguish experiences without any pathophysiological cause from those due to tissue damage. This may also be the case in orthodontics, when a patient suddenly complains of pain while no physical reason may exist. However, though pain is an unreliable indicator of pathology, self-reports of pain should be an important diagnostic tool in orthodontics as well as in dentistry in general [11].

In principle, pain serves as a "warning signal", enabling the organism to sense impending tissue damage and thus avoid harm [49]. The pain threshold is the slightest pain experience that is recognized by the individual. Similarly, the pain tolerance level is the greatest level of pain that one is prepared to tolerate. However, as with the pain threshold, the pain tolerance level is a subjective experience. Thus, neither pain threshold nor pain tolerance levels are defined in terms of external stimulation, but in terms of the individual's subjective report.

The Gate Control Theory

In order to better understand the reactions to pain observed among dental patients and relate them to the orthodontic treatment situation, general pain physiology should be considered. In 1965, the gate control theory was proposed by Melzack et al. [29] and provided explanations for many of the phenomena associated with the experience of pain. The neurophysiology behind this theory delineates that impulses from peripheral nerves are modulated (inhibited) by a gating mechanism located in the dorsal horn of the spinal cord. Information from the periphery is received through either large or small diameter fibers, which have a different action on the spinal cells – the

der Behandlung eines anterioren Kreuzbisses ein posterior offener Biß entsteht und daß aufgrund einer instabilen Unterkieferposition eine muskuläre Fehlfunktion und begleitende Kiefergelenkschmerzen verursacht werden könnten.

Weichgewebsläsionen und Wunden, die durch die kieferorthopädische Apparatur verursacht werden, könnten ein weiterer Faktor sein, der zur Schmerzentstehung beiträgt. Eine Studie von Kvam et al. [21] an 161 Patienten im Alter zwischen zwölf und 17 Jahren berichtet, daß Läsionen, die durch festsitzende Apparaturen entstehen, weit verbreitet sind, nämlich bei 76% der untersuchten Patienten, wobei 2,5% davon ausgeprägte Ulzerationen hatten. In dieser Studie wurden darüber hinaus schmerzhafte chronisch rezidivierende Aphthen beobachtet. Die zugrundeliegenden Mechanismen für das gesteigerte Auftreten chronisch rezidivierender Aphthen in Verbindung mit der kieferorthopädischen Behandlung sind nicht geklärt.

Die Schmerzerfahrung

Nach der Definition der „International Association for the Study of Pain“ (IASP) ist „Schmerz eine unangenehme sensorische und emotionale Erfahrung, die mit einer tatsächlichen oder potentiellen Schädigung assoziiert ist oder im Sinne einer solchen Schädigung beschrieben wird“ [14]. Die IASP betont die psychologischen Aspekte der Schmerzerfahrung. Auf diese Weise kann der Schmerz, der immer als subjektiv und unangenehm anerkannt und akzeptiert wird, nicht unbedingt mit einem Stimulus in Verbindung gebracht werden. Es wird sogar über Schmerz ohne direkte Gewebsschädigung berichtet, der von emotionalen und kognitiven Faktoren abhängt. In einem subjektiven Bericht gibt es keine Möglichkeit, Erfahrungen ohne jegliche pathophysiologische Ursache von denen mit Gewebsschädigung zu unterscheiden. Dies könnte also auch beim Kieferorthopäden der Fall sein, wenn ein Patient plötzlich über Schmerzen klagt, für die kein körperlicher Grund vorliegt. Obwohl Schmerz ein unzuverlässiger Indikator für pathologische Prozesse ist, sollten Eigenberichte ein wichtiges diagnostisches Werkzeug sowohl in der Kieferorthopädie als auch in der Zahnheilkunde im allgemeinen sein [11].

Prinzipiell dient der Schmerz als ein „Warnsignal“, das den Organismus dazu befähigt, eine bevorstehende Gewebeschädigung zu fühlen und auf diese Weise Schaden zu vermeiden [49]. Die Schmerzschwelle ist die geringste Schmerzerfahrung, die vom einzelnen wahrgenommen wird. Ähnlich ist die Schmerzgrenze die höchste, die man ertragen kann. Jedoch sind die Schmerzgrenze ebenso wie die Schmerzschwelle subjektive Größen. Daher kann man weder die Schmerzschwelle noch die Schmerzgrenze in Bezug zu einer externen Stimulation setzen, sondern sie nur im Sinne eines individuellen und subjektiven Berichts werten.

„Gate-Control“-Theorie

Um die Reaktionen auf Schmerzen, die bei zahnärztlichen Patienten beobachtet werden, besser zu verstehen und um diese in Beziehung zu einer kieferorthopädischen Behandlung zu setzen, sollte man die allgemeine Schmerzphysiologie näher betrachten.

gate mechanism. Activity in the large fibers tends to inhibit transmission (close the gate), and activity in the small fibers tends to facilitate transmission (open the gate). In the regions of the face and mouth, the anatomic organization is somewhat different. Impulses carried by the trigeminal nerve enter directly into the brain stem pons to synapse in the trigeminal spinal nucleus. This region of the brain stem may be considered an extension of the spinal cord dorsal horn [37].

All impulses that enter the central nervous system (CNS) are subject to modulation as they ascend to the higher centers. This modulation enhances or diminishes nociceptive input, resulting in either an increase or decrease in the pain experience. There are several different sites where modulation can occur within the central nervous system. As the impulse ascends it passes via several interneurons, which "filter" the impulses that enter the brain stem. It has been shown that nociceptive input in particular increases the activity of these "filters", which can strongly excite the brain to attention.

It is important for the clinician to appreciate that pain is not a simple conduction of noxious impulses via several synapses to the cerebral cortex, where it is sensed and acted upon. What is sensed as pain may not even arise from a noxious stimulation. Normal ongoing somatosensory input that ordinarily would not be perceived at all, or at least not as a painful sensation, may be sensed as pain if the inhibitory influences are not effective. Also, the general intensity of suffering relates to the preconditioning experience, attention, attitude, and temperament of the subject. Thus, the phenomenon of central pain modulation is an important factor in orofacial pain. It helps to explain the enormous variation in the experience of pain from individual to individual.

The trigeminal corresponding mechanism parallel to the gate control may be the underlying mechanism when patients, on the recommendation of their orthodontists, chew on something hard to decrease or inhibit pain after forces have been applied to the dentition [12]. However, an alternative explanation may be that chewing alleviates the constant orthodontic pressure applied and temporarily restores the normal vascular and lymphatic circulation. This may prevent or relieve the acute inflammation and edema caused by orthodontic forces, as will be discussed later [8].

The Subjective Experience of Pain

As discussed previously, there is little or no relation between the objective strength of a pain stimulus and the response or personal experience of pain. This is due to the complexity of the sensory reaction, when it becomes an experience modulated by higher structures of the central nervous system. Thus, the pain experience is influenced not only by emotional and cognitive factors but also by environmental factors including culture, gender and age.

Among *emotional factors* the most obvious in dentistry concern patients' worries, fears and anxieties. Depending on different populations and survey methods, between 3 and 21% of

1965 wurde die „Gate-Control“-Theorie von Melzack et al. [29] vorgestellt, die Erklärungen für viele Phänomene, die mit der Schmerzerfahrung zusammenhängen, liefert. Die Neurophysiologie, die hinter dieser Theorie steckt, beschreibt, daß Impulse von peripheren Nerven durch einen Schrankenmechanismus in der Hinterwurzel des Rückenmarks moduliert (gehemmt) werden. Informationen aus der Peripherie werden durch Fasern mit entweder kleinem oder großem Durchmesser weitergeleitet, die verschiedene Wirkungen auf die Zellen des Rückenmarks haben: der Mechanismus der Kontrollschranke. Eine Aktivität in den dicken Fasern scheint die Weiterleitung zu hemmen (die Schranke ist geschlossen), und eine Aktivität in den dünnen Fasern scheint die Weiterleitung zu erleichtern (die Schranke wird geöffnet). Im Bereich des Gesichtes und des Mundes gestaltet sich die anatomische Anordnung etwas anders. Impulse, die über den Trigeminus weitergeleitet werden, treten direkt in die Brücke des Hirnstamms ein und gehen eine synaptische Verbindung mit dem Trigeminuskern ein. Diese Region des Hirnstamms kann als eine Verlängerung des Hinterhorns des Rückenmarks betrachtet werden [37].

Jeder Reiz, der in das zentrale Nervensystem eintritt, ist während seiner Weiterleitung in höhere Gebiete Modulationen unterworfen. Diese erhöhen oder verringern die nozizeptive Eingabe, was entweder einen Anstieg oder ein Absinken der Schmerzempfindung hervorruft. Es gibt innerhalb des Zentralnervensystems verschiedene Stellen, an denen diese Modulation auftreten kann. Während der Reiz aufsteigt, passiert er einige Zwischenneurone, die den Impuls, der in den Hirnstamm eintritt, „filtern“. Es zeigt sich, daß besonders die nozizeptive Eingabe die Aktivität dieser Filter steigert und im Gehirn eine starke Aufmerksamkeit erregt.

Für den Kliniker ist es wichtig anzuerkennen, daß Schmerz nicht einfach eine Weiterleitung schädlicher Reize über einige Synapsen hin zur Großhirnrinde ist, wo er empfunden wird und wo entsprechend gehandelt wird. Was als Schmerz gefühlt wird, muß nicht durch einen schädlichen Stimulus entstanden sein. Eine normale, ständig ablaufende somatosensorische Eingabe, die für gewöhnlich überhaupt nicht wahrgenommen oder zumindest nicht als Schmerz empfunden würde, kann Schmerzempfinden hervorrufen, wenn die hemmenden Einflüsse nicht effektiv sind. Außerdem hängt die Intensität des Leidens von früher gemachten Erfahrungen, von der Aufmerksamkeit, der Einstellung und vom Temperament des einzelnen ab. Daher ist das Phänomen der zentralen Modulation des Schmerzes ein wichtiger Faktor bei orofazialen Schmerzen. Es erklärt mit die enorme Variationsbreite der Schmerzempfindung von Individuum zu Individuum.

Der dem Mechanismus der Kontrollschranke entsprechende Mechanismus des Trigeminus könnte wirksam werden, wenn Patienten nach Applikation von Kräften auf ihr Zahnsystem auf Anraten ihres Kieferorthopäden etwas Hartes kauen, um Schmerzen zu vermindern oder zu verhindern [12]. Eine alternative Erklärung wäre, daß das Kauen möglicherweise den konstanten orthodontischen Druck lindert und vorübergehend eine normale Gefäß- und Lymphzirkulation wiederherstellt. Dies könnte eine akute Entzündung und Ödembildung, die durch orthodontische Kräfte verursacht wird, verhindern oder erleichtern, was später noch erörtert wird [8].

children and adolescents reported being fearful or anxious when visiting the dentist [19]. It is frequently stated that elevated anxiety levels are paralleled by increased pain reports [4, 30, 57]. This is mainly explained by the notion that anxiety creates an expectation of future pain created by previous pain memories [22]. Williams et al. [58] studied the differences between children who, according to parents' ratings, had a history of refusing dental treatment in the community (test group) or of accepting it (control group). A history of treatment refusal was found to be associated with a general fear of "medical people", intolerance of any pain or discomfort and greater difficulty in approaching novelty or adapting to change. These children were also rated by their parents as being generally more negative in their mood and having greater difficulty in playing with unfamiliar children. In a recent literature review of pain and anxiety in the dental setting, Litt [26] argued that anxiety and pain may be indistinguishable. According to Litt, anxiety both lowers the pain threshold and may lead to the perception of normally non-painful stimuli as painful; e. g. the mere vibration of drilling on an anesthetized tooth may still be perceived as a painful stimulus [26].

While emotional factors such as fear and anxiety are probably not as important in orthodontic treatment as in any other areas of dentistry, *cognitive factors* probably are. It is reasonable to believe that factors such as motivation and expectations may play a particularly powerful role in orthodontic treatment. Such factors constitute a powerful filter, which acts upon the perception, appraisal and experience of pain. Other important cognitive aspects of pain relate to the dimensions of beliefs, attention/distraction, and the feeling of control which relates to factors such as receiving information, prediction and memory.

The ability of a subject to *control* or influence a situation has frequently been suggested to reduce the experience of both stress and pain [26]. A sense of control can be achieved not only by direct control over the dentist's actions, but also by means of information about the anticipated or ongoing treatment. Patients usually search for information to give meaning to an experience, and fear of uncontrolled pain is a primary concern for most dental patients [24]. However, the issue of giving information is not totally clear-cut with regard to young children, where lack of abstract thinking may hamper or counteract the intended message.

A study by Wardle [56] showed that increased control by hand signals during dental treatment, as well as pre-treatment information and distraction, were possible ways to reduce both anxiety and pain experiences in average dental patients. With regard to pain reduction it was shown that increased control and treatment information were equally effective, and more effective than distraction. Using distraction by talking to the patient during treatment or providing background music is probably the most common method used in dentistry. However, it is important to understand that distraction is most effective in reducing stress in mild but not in intense pain situations [28].

Cultural differences in reaction to pain also reflect the role of learning in pain behavior. Evidence exists that some dimen-

Die subjektive Schmerzempfindung

Wie im Vorangegangenen erörtert, gibt es wenig oder gar keine Verbindung zwischen der objektiven Stärke eines Schmerzreizes und der Reaktion bzw. persönlichen Schmerzerfahrung. Dies hängt mit der Komplexität der Gefühlsreaktion zusammen, wenn diese zu einer Empfindung wird, die durch übergeordnete Strukturen des Zentralnervensystems moduliert wird. Die Schmerzerfahrung wird daher nicht nur durch emotionale und kognitive, sondern auch durch umweltbedingte Faktoren einschließlich Kultur, Geschlecht und Alter beeinflusst.

Unter den *emotionalen Faktoren* sind in der Zahnheilkunde die offensichtlichsten die Sorgen, Ängste und Besorgnis des Patienten. Zwischen 3 und 21% der Kinder und Jugendlichen, abhängig von verschiedenen Bevölkerungsgruppen und Untersuchungsmethoden, berichteten, daß sie beim Zahnarztbesuch furchtsam oder ängstlich waren [19]. Es wird häufig festgestellt, daß Parallelen zwischen erhöhten Stufen der Angst und häufigeren Berichten über Schmerzen bestehen [4, 30, 57]. Dies läßt sich hauptsächlich durch die Vorstellung erklären, daß Erwartungsängste durch Erinnerungen an vergangene Schmerzen entstehen [22]. Williams et al. [58] untersuchten die Unterschiede zwischen Kindern, die in der Vergangenheit eine zahnärztliche Behandlung verweigerten, und einer Kontrollgruppe von Kindern. Behandlungsverweigerung in der Vorgeschichte konnte mit einer Angst vor Ärzten im allgemeinen, Nichttolerieren jeglichen Schmerzes oder Unbequemlichkeit und mit großer Schwierigkeit, sich Neuem zu nähern oder an Veränderungen anzupassen, assoziiert werden. Diese Kinder wurden von ihren Eltern auch eingeschätzt, generell eher negativ eingestellt zu sein und größere Schwierigkeiten damit zu haben, mit fremden Kindern zu spielen. Vor kurzem hat Litt [26] in einer Literaturübersicht über Schmerz und Angst im zahnärztlichem Umfeld den Standpunkt vertreten, daß Angst und Schmerz nicht unterscheidbar sein müssen. Litt zufolge soll Angst einerseits die Schmerzschwelle erniedrigen und andererseits dazu führen, daß normale, nicht schmerzhaft Einflüsse als schmerzvoll empfunden werden: Zum Beispiel kann lediglich die Vibration beim Bohren eines anästhesierten Zahnes als schmerzhafter Stimulus wahrgenommen werden [26].

Während emotionale Faktoren, wie Angst und Besorgnis, in der Kieferorthopädie möglicherweise eine nicht so wichtige Rolle spielen wie auf anderen Gebieten der Zahnheilkunde, trifft dies höchstwahrscheinlich nicht für die kognitiven Faktoren zu. Es ist logisch anzunehmen, daß Faktoren wie Motivation und die Erwartungshaltung eine besonders wichtige Rolle bei der kieferorthopädischen Behandlung spielen. Diese Faktoren bilden einen beträchtlichen Filter, der auf die Wahrnehmung, die Beurteilung und die Erfahrung des Schmerzes einwirkt. Andere wichtige kognitive Aspekte des Schmerzes beziehen sich auf die Dimensionen der Überzeugungen, Aufmerksamkeit/Ablenkung und ein Gefühl der Kontrolle, welches sich auf Faktoren wie die Aufnahme von Informationen, Voraussagen und Gedächtnis bezieht.

Es wurde häufig angenommen, daß die Fähigkeit des einzelnen, eine Situation zu kontrollieren oder zu beeinflussen, die Streß- und Schmerzerfahrung verringern könnte [26]. Ein Gefühl der Kontrolle kann einerseits durch die Überwachung der Handlung

sions of pain are universal, while others are culture-specific [32]. Thus, several studies have reported differences among ethnic and cultural groups in their responses to pain. People of Italian or Jewish origin, for example, are apt to report pain before people of northern European descent and to tolerate less intense levels of laboratory-induced pain before refusing to continue [10, 50]. Some ethnic groups encourage stoical attitudes and behavior; among other groups, a person in pain is expected to express pain responses openly and receives sympathy and attention for this behavior. These patterns are socially learned and transmitted largely by the family. Thus, we might consider the family to be the most important source of early learning as regards pain perception as well as appropriate behavior

Another important predictor of pain is *gender*, since there is strong agreement of a gender difference in response to pain. Riley et al. [44] underlined the ambiguity of these findings in a meta-analysis of the results. Tradition says that women are fragile and sensitive to pain, while men are more stoical than women and can "take more pain". As a result, research has shown that, among postoperative patients, women are likely to be given pain killers earlier than men [25]. In addition, men were found to have to complain more than women about pain before being given medication [41]. Most studies have found that men are willing to tolerate more pain than women [13]. However, other studies have shown that men and women do not differ in reporting the feeling of pain with respect to the pain threshold [13]. Thus, it is plausible to believe that sex differences in pain behavior may reflect the influence of culture rather than differences in physiology.

The orthodontic literature seldom points to any correlation between gender and perception of pain during orthodontic treatment [7, 15, 33]. However, there are studies which have found that girls report more discomfort/pain than boys [21, 47] and that girls are more likely than boys to report ulcerations caused by fixed appliances [21].

There are several indications that pain is, in general, related to *age*, and it seems that the pain threshold increases with age. In an attempt to assess pain thresholds in the population a study was performed by Tucker et al. [54] among 520 healthy individuals aged 5 to 105 years. The cutaneous pain threshold was measured by a constant-current electrical stimulator. This stimulus did not produce tissue damage but a clearly defined "pricking pain". It was found that pain thresholds increased rapidly to the age of 25 years, followed by a plateau with a very gradual rise to the age of 75 years. Above this age there was another rapid mean rise, but with a wide scatter of values [54].

In orthodontics, it is difficult to compare different studies concerning the relation between age and the patient's perception of pain during orthodontic treatment. This is also because the treatment plan may differ depending on age. For instance, patients in the mixed dentition stage do not always get the same appliances as older patients. However, some studies came to the conclusion that there is an age-dependent difference in the perception of pain: younger patients appear to perceive less pain than older patients [2, 7, 15, 16, 47]. The most sensitive age

gen des Zahnarztes und andererseits mit Hilfe von Informationen über eine bevorstehende bzw. eine laufende Behandlung erreicht werden. Die Patienten suchen für gewöhnlich nach Informationen, die der Erfahrung einen Sinn geben, und die Haupt Sorge der meisten zahnärztlichen Patienten ist die Angst vor unkontrolliertem Schmerz [24]. Bei kleinen Kindern ist die Informationsweitergabe jedoch schwierig, weil ein Mangel an abstraktem Denken die beabsichtigte Botschaft hemmen oder ihr entgegenwirken könnte.

Wardle [56] zeigte in einer Studie, daß beim Durchschnittspatienten sowohl die verbesserte Kontrolle durch Handsignale während der zahnärztlichen Behandlung als auch Informatio-

stellen, Angst und Schmerzerfahrungen zu reduzieren. Bezüglich der Verminderung von Schmerz ließ sich nachweisen, daß eine gesteigerte Kontrolle und Informationen über die Behandlung gleich wirksam sind und daß beide effektiver sind als Ablenkung. Sprechen mit dem Patienten oder Hintergrundmusik sind sicherlich die gebräuchlichsten Methoden der Ablenkung, die in der Zahnmedizin angewendet werden. Es ist jedoch wichtig zu wissen, daß Ablenkung am effektivsten Streß abbaut bei milden, nicht aber bei intensiven Schmerzerfahrungen [28].

Auch kulturelle Unterschiede in der Reaktion auf Schmerz spiegeln die Rolle des Erlernens im Schmerzverhalten wider. Es gibt Beweise dafür, daß einige Dimensionen des Schmerzes universell sind, andere dagegen kulturspezifisch [32]. So berichten einige Studien über Unterschiede in der Schmerzreaktion zwischen ethnischen und kulturellen Gruppen. Menschen italienischer oder jüdischer Herkunft zum Beispiel neigen schneller als solche nordeuropäischer Abstammung dazu, über Schmerz zu klagen und verweigern bereits bei niedrigeren Stufen von laborinduziertem Schmerz die weitere Mitarbeit [10, 50]. Einige ethnische Gruppen verlangen von ihren Mitgliedern eine stoische Haltung, während es in anderen Gruppen üblich ist, daß jemand, der Schmerzen hat, offen auf den Schmerz reagiert und Aufmerksamkeit und Mitgefühl der Umwelt erhält. Diese Verhaltensmuster werden innerhalb des sozialen Umfelds erlernt und zum größten Teil durch die Familie weiterverbreitet. Daher können wir die Familie als Hauptquelle für das frühe Erlernen von Schmerzwahrnehmung und entsprechendem Handeln ansehen.

Ein anderer wichtiger Einflußfaktor des Schmerzes ist das Geschlecht. Im allgemeinen besteht große Einigkeit darüber, daß es geschlechtsspezifische Unterschiede in der Schmerzreaktion gibt. Riley et al. [44] unterstrichen die Zwiespältigkeit dieser Befunde in einer Metaanalyse von Ergebnissen. Traditionsgemäß sagt man, daß Frauen zerbrechlich und schmerzempfindlich sind, Männer hingegen sind stoischer und können „mehr Schmerz aushalten“. Folglich zeigen Untersuchungen, daß Frauen postoperativ leichter und früher Schmerzmittel erhalten als Männer [25]. Außerdem müssen Männer, um Medikamente zu erhalten, länger über Schmerzen klagen als Frauen [41]. Die meisten Studien belegen, daß Männer mehr Schmerzen als Frauen aushalten können [13]. Andere Studien zeigen jedoch, daß bezüglich der Schmerzschwelle keine Unterschiede zwischen Männern und Frauen bestehen [13]. Daher scheint die Annahme einleuchtend, daß die geschlecht-

seems to be between 13 and 16 years. However, when rapid maxillary expansion is used to expand the midpalatal suture, it initiates more pain in adolescents above the age of 15 years [53]. On the other hand, no age-related differences in pain perception were reported in the study by Ngan et al. [33] in relation to treatment with fixed appliances.

Pain Assessments

It is impossible to evaluate someone else's pain precisely. Since pain is a complex perceptual phenomenon and a subjective experience, it can only be assessed indirectly. Thus, a number of different methods have been used to assess pain.

The most common methods for assessing pain in orthodontics are Visual Analogue Scales, VAS [7, 15, 33, 47] and different Verbal Rating Scales, VRS [16, 17, 51]. The Visual Analogue Scale (VAS) is one of the most commonly used tools for measuring pain intensity. The scale consists of a 100 mm horizontal or vertical line with 2 endpoints labeled "no pain" and "worst ever pain" for example. The patient places a mark on the line at a point that corresponds to the level of pain intensity she or he currently feels.

The VRS scale consists of a list of adjectives describing different levels of pain intensity. An adequate VRS of pain intensity should include adjectives that reflect the extremes of this dimension (e. g., from no pain to extremely intense pain) and sufficient additional adjectives to capture the graduations of pain intensity that may be experienced. Patients are asked to read over the list of adjectives and select the word or phrase that best describes their level of pain. In the 4-point VRS used by Seymour [48] for example, no pain would be given a score of 0, mild pain a score of 1, moderate pain a score of 2, and severe pain a score of 3. A criticism frequently raised with respect to the rank scoring method is that it assumes equal intervals between the adjectives, even though it is extremely unlikely that equal intervals exist [52]. Another method for assessing pain is the Numerical Rating Scale (NRS). This scale is not common in orthodontics for evaluating pain perception. When using the NRS, the patients rate their pain from 0 to 10 or 0 to 100; 0 represents no pain and 10 or 100 represents pain as bad as it could be.

For adolescents and adults, the 3 most commonly used methods for assessing pain intensity are the VRS, VAS and NRS. Generally, children over 5 years of age are able to use VAS in a reliable and valid manner to rate their pain intensity, regardless of their sex or health status.

lichen Unterschiede im Schmerzverhalten eher die kulturellen Einflüsse als Unterschiede in der Physiologie widerspiegeln.

Die kieferorthopädische Literatur weist selten auf Korrelationen zwischen dem Geschlecht und der Schmerzwahrnehmung während orthodontischer Behandlung hin [7, 15, 33]. Dennoch gibt es Untersuchungen, die belegen, daß Mädchen eher über Beschwerden/Schmerzen klagen als Jungen [21, 47]. Außerdem berichten Mädchen häufiger als Jungen über Ulzerationen, die durch die festsitzende Apparatur verursacht wurden [21].

Es gibt mehrere Hinweise dafür, daß Schmerz im allgemeinen in Beziehung zum Alter gesetzt werden kann, und es scheint, daß die Schmerzgrenze mit dem Alter zunimmt. In einem Versuch, die Schmerzgrenze innerhalb einer Bevölkerung zu messen, führten Tucker et al. [54] eine Untersuchung an 520 gesunden Individuen im Alter zwischen fünf und 105 Jahren durch. Die Schmerzschwelle wurde mittels einer konstanten elektrischen Stimulation der Hautoberfläche gemessen. Dieser Stimulus verursachte keinen Gewebeschaden, aber einen klar definierten „prickelnden Schmerz“. Man fand heraus, daß die Schmerzschwelle bis zum 25. Lebensjahr schnell zunahm, darauf folgte eine Plateauphase mit einem allmählichen Anstieg bis zum Alter von 75 Jahren. Oberhalb dieser Altersgrenze gab es im Durchschnitt einen schnellen Anstieg, der aber mit stark gestreuten Werten verbunden war.

In der Kieferorthopädie ist es schwierig, verschiedene Studien über die Beziehung zwischen Alter und Schmerzwahrnehmung zu vergleichen. Dies liegt auch daran, daß der Behandlungsplan, abhängig vom Alter, unterschiedlich ist. Patienten, die sich beispielsweise in der Wechselgebißphase befinden, erhalten nicht immer die gleichen Apparaturen wie ältere Patienten. Einige Untersuchungen kamen jedoch zu der Schlußfolgerung, daß es altersabhängige Unterschiede in der Schmerzwahrnehmung gibt. Es scheint, daß jüngere Patienten weniger schmerzempfindlich sind als ältere [2, 7, 15, 16, 47]. Die sensibelste Phase scheint im Alter zwischen 13 und 16 Jahren zu liegen. Allerdings führt eine forcierte Gaumennahterweiterung eher bei Heranwachsenden, die älter als 15 Jahre sind, zu Schmerzreaktionen [53]. Eine Studie von Ngan et al. [33] ergab andererseits, daß bei der Behandlung mit festsitzenden Apparaturen keine altersbedingten Unterschiede in der Schmerzwahrnehmung festzustellen waren.

Die Bewertung des Schmerzes

Es ist unmöglich, genau zu ermitteln, wie sich der Schmerz einer anderen Person „anfühlt“. Da Schmerz ein komplexes, die Wahrnehmung betreffendes Phänomen und eine subjektive Erfahrung ist, kann man diesen nur indirekt bewerten. Es wurde daher eine Anzahl von verschiedenen Methoden angewandt, um Schmerz zu bewerten.

Die gebräuchlichsten Methoden, Schmerz in der Kieferorthopädie zu bewerten, sind die VAS (Visual Analogue Scales = visuelle Analogskala) [7, 15, 33, 47] und verschiedene VRS (Verbal Rating Scales = Maßeinteilung durch verbale Einschätzung). Die VAS-Methode ist eine der gängigsten Methoden, um die Schmerzintensität zu messen. Die Skala besteht aus einer 100

The Physiology of Pain during Orthodontic Tooth Movement

To some extent it is still unclear why pain arises during orthodontic tooth movement and what subjective and objective factors influence the perception of pain. It is a common observation that there is no pain for at least 2 hours after the insertion or activation of orthodontic appliances. After the pain is initiated it generally lasts for about 3 days. Furstman et al. [8] concluded that pain in the surrounding tissues during orthodontic tooth movement may depend on a combination of pressure, ischemia, inflammation, and edema. The periodontal ligament has a rich nerve supply, where pressure receptors are mainly located in the apical two-thirds of the root. The increased tenderness to pressure suggests an inflammation at the apex and a mild pulpitis. These usually appear soon after orthodontic forces have been applied and probably also contribute to the pain [42].

Burstone [3] noted both an immediate and a delayed pain response in one study. He speculated that the former was related to the initial compression of periodontal ligament immediately after placement of the wire. The latter response, which started a few hours later, was labeled hyperalgesia of the periodontal ligament, an increased sensitivity of nerve fibers to noxious stimuli such as prostaglandins, histamines and substance P. Substance P is a neuropeptide released from nociceptors in the tissue region of damage. This peptide increases the firing rate of neurons that relay nociceptive information. In an experimental study by Nicolay et al. [36], substance P appeared to increase markedly after application of an orthodontic force in the cat. This phenomenon occurred rapidly (3 hours) in the dental pulp, but later in the periodontal ligament (PDL) (24 hours to 14 days), mainly at compression sites.

Pain Characteristics during Orthodontic Tooth Movement

When a force is applied to a tooth, there is usually an initial 1 or 2 days of discomfort/pain [7]. Few studies have assessed the patient's experience of pain earlier than 4 hours after insertion of an appliance. Fernandes et al. [7] assessed pain/discomfort in 128 patients aged 9 to 16 years (mean: 12 years 6 months) after routine placement of an initial archwire. Assessments were made daily by means of a 100 mm visual analogue scale over the first 7 days after bonding. On the first day recordings were made every hour for the first 11 hours. It was found that the level of discomfort/pain increased continuously every hour after insertion of NiTi wires.

There is a great variety of findings concerning the duration of pain. A number of patients describe much longer periods of pain than the initial 1 or 2 days of discomfort/pain. Ngan et al. [33] reported that the perception of discomfort of patients (70 patients, age 10.5 to 38 years) over time, assessed by a visual analogue scale, after insertion of separators or archwire, decreased to placement level in 7 days. Scheurer et al. [47] reported that, after insertion of a fixed appliance in 170 patients (age 8 to 53 years), 25% of the patients still reported pain after 7 days. In a few patients the discomfort/pain lasted more than 4 weeks [15].

mm langen vertikalen oder horizontalen Linie mit zwei Endpunkten, die beispielsweise einerseits mit „kein Schmerz“ und andererseits mit „allerschlimmster Schmerz“ gekennzeichnet sind. Der Patient markiert die Linie an der Stelle, die der Schmerzstufe entspricht, die er momentan empfindet.

Die VRS-Skala besteht aus einer Liste von Adjektiven, die verschiedene Stufen der Schmerzintensität beschreiben. Eine angemessene VRS-Skala der Schmerzintensität sollte Adjektive beinhalten, die die Extreme dieser Dimension widerspiegeln (zum Beispiel „kein Schmerz“ bis „extrem starker Schmerz“) und ausreichend viele zusätzliche Adjektive um die verschiedenen Gradeinteilungen des Schmerzes, die empfunden werden, zu erfassen. Die Patienten werden gebeten, die Liste der Adjektive durchzulesen und das Wort oder den Satz, der ihrem Grad von Schmerz entspricht, auszuwählen. Die von Seymour [48] verwendete Vier-Punkte-VRS-Skala zum Beispiel teilt der Stufe „kein Schmerz“ den Punktestand 0 zu, leichter Schmerz entspricht dem Punktestand 1, mäßiger Schmerz einem Punktestand von 2 und starker Schmerz einem Punktestand von 3. Ein Kritikpunkt, der häufig gegen diese Methode der Punkteinteilung eingewandt wird, ist der, daß sie von gleichen Intervallen zwischen den Adjektiven ausgeht, obwohl es sehr unwahrscheinlich ist, daß gleiche Intervalle existieren [52]. Eine andere Methode der Schmerzbewertung ist die der „Numerical Rating Scale“ (NRS, Skala der numerischen Einschätzung). Diese Skala ist zur Bewertung des Schmerzes in der Kieferorthopädie nicht gebräuchlich. Bei Anwendung der NRS stufen die Patienten ihre Schmerzempfindung in eine Skala von 0 bis 10 oder von 0 bis 100 ein, wobei ein Wert von 0 für „keinen Schmerz“ steht, ein Wert von 10 oder 100 für „unerträglichem Schmerz“.

Bei Jugendlichen und Erwachsenen sind die drei gebräuchlichsten Methoden der Schmerzbewertung die VRS, VAS und NRS. Die meisten Kinder im Alter über fünf Jahren können ihre Schmerzintensität mit Hilfe der visuellen Analogskala unabhängig von Geschlecht und Gesundheitszustand zuverlässig einschätzen.

Die Physiologie des Schmerzes während orthodontischer Zahn- bewegung

Bis zu einem gewissen Grad ist es immer noch unklar, warum Schmerz unter einer kieferorthopädischen Zahnbewegung auftritt und welche subjektiven und objektiven Faktoren die Empfindung von Schmerz beeinflussen. Es ist eine allgemeine Beobachtung, daß während der ersten zwei Stunden nach Eingliederung oder Aktivierung kieferorthopädischer Apparaturen kein Schmerz auftritt. Nachdem der Schmerz begonnen hat, hält er etwa drei Tage an. Furstman et al. [8] folgerten daraus, daß Schmerz in den umgebenden Strukturen während kieferorthopädischer Zahnbewegung von einer Kombination aus Druck, Ischämie, Entzündung und Ödem abhängig sein könnte. Das Parodontalligament hat eine dichte Nervenversorgung, bei der Druckrezeptoren hauptsächlich in den apikalen zwei Dritteln der Wurzel lokalisiert sind. Die erhöhte Sensibilität auf Druck läßt auf eine periapikale Entzündung und eine leichte Pulpitis schließen. Diese treten für gewöhnlich kurz nach Wirksamwerden kieferorthopädischer Kräfte auf und tragen wahrscheinlich auch zum Schmerz bei [42].

In general the pain intensity increases with time at 4 hours to 24 hours but falls to fairly normal levels at 7 days [7, 15, 33, 47]. However, when treated with different fixed appliances, some patients reporting severe pain, peaking at night, had the highest scores within the first 3 days. In patients reporting moderate pain, the worst was over by the second day, peaking in the evening and at night. In those reporting mild discomfort, this continued for about a week, evenly distributed through mornings, afternoons and evenings, but little at night [16].

The Influence of Type of Orthodontic Force

According to Reitan [43], pain is the result of compression of the periodontal ligament (PDL). It may indicate that hyalinized zones are about to be formed in the periodontal ligament. To reduce pain Reitan suggests using lighter forces for orthodontic tooth movement. However, patients seem to respond differently to different orthodontic forces. Andreasen et al. [1] found no relationship between reported pain and increased forces. In their study, different forces were applied between the canine and the molars on each side using light force (100 to 150 Gm) on one side and heavier force (400 to 500 Gm) on the other.

Clinical observations have suggested that there is a relationship between the severity of crowding and the forces applied by a fully engaged initial archwire, which means the more severe the crowding, the heavier the forces applied, the more pain. However, in a study by Jones et al. [17], no relationship was found between pain, applied forces and degree of crowding. Thus, further studies are required to better understand pain during treatment of crowding. Pain in relation to different levels of applied forces has also been investigated in studies using different archwire materials. NiTi alloys deliver lighter forces than stiffer steel wires. However, in agreement with the study by Jones et al. [17], recent studies have shown no differences in pain perception when comparing NiTi wires with multi-stranded steel wires [15] and superelastic NiTi wires with conventional NiTi wires [7].

Fixed appliances mostly create continuous forces on the teeth while removable appliances create intermittent forces. Both appliances cause pain. However, in a study by Stewart et al. [51], it was reported by the patients that fixed appliances created more severe problems than removable ones (= active plate in the upper jaw). The initial problems with fixed appliances included sensitivity, tightness and pain in the teeth. However, other types of problems involving salivary flow, swallowing problems and speech, which could last beyond 3 months, were related to removable appliances.

At debonding, the patients may experience some discomfort/pain. It appears that the discomfort threshold is influenced by the mobility of the tooth and the direction of force application. Patients withstand intrusive forces significantly better than forces applied in a mesial, distal, facial, lingual, or an extrusive direction [59].

In einer Studie beobachtete Burstone [3] sowohl eine sofortige als auch eine verzögerte Schmerzreaktion. Er nahm an, daß erstere an eine initiale Kompression des Parodontalligaments unmittelbar nach Einsetzen des Drahtes gekoppelt war. Die verzögerte Reaktion, die einige Stunden später einsetzte, wurde als Hyperalgesie des Parodontalligaments bezeichnet, eine gesteigerte Sensitivität der Nervenfasern auf schädliche Reize wie Prostaglandine, Histamine und Substanz P [3]. Substanz P ist ein Neuropeptid, das von Nozizeptoren im Bereich des geschädigten Gewebes freigesetzt wird. Dieses Peptid erhöht die Impulsrate von Neuronen, die Schmerzempfindungen vermitteln. In einer tierexperimentellen Studie an Katzen von Nicolay et al. [36] schien die Substanz P nach Einwirkung einer kieferorthopädischen Kraft deutlich anzusteigen. Dieses Phänomen trat schnell (nach drei Stunden) in der Pulpa, aber erst später, nach 24 Stunden bis 14 Tage, im Parodontalligament, hier vor allem an der Druckseite, auf.

Schmerzcharakteristik unter kieferorthopädischer Zahnbewegung

Wenn eine Kraft auf einen Zahn ausgeübt wird, treten für gewöhnlich während der ersten ein bis zwei Tage Beschwerden und Schmerz auf [7]. In wenigen Studien wurden die Schmerzempfindungen der Patienten innerhalb der ersten vier Stunden nach Einbringen der Apparatur untersucht. Fernandes et al. [7] untersuchten Schmerz/Beschwerden bei 128 Patienten im Alter von neun bis 16 Jahren (Durchschnittsalter 12,5 Jahre) nach routinemäßigem Einbringen eines ersten Bogens. Es wurden tägliche Aufzeichnungen anhand einer 100 mm langen visuell analogen Skala während der ersten sieben Tage nach Eingliedern der Multibandapparatur gemacht. Am ersten Tag wurden für die ersten elf Stunden stündliche Aufzeichnungen angefertigt. Man fand heraus, daß der Grad an Beschwerden/Schmerz kontinuierlich mit jeder Stunde nach Einbringen von NiTi-Drähten stieg.

In bezug auf die Dauer des Schmerzempfindens existiert eine große Bandbreite von Untersuchungsergebnissen. Mehrere Patienten beschreiben viel längere Schmerzperioden als die initialen ein bis zwei Tage der Beschwerden/Schmerzen. Ngan et al. [33] berichteten, daß die Wahrnehmung des Schmerzes der Patienten (70 Patienten im Alter von 10,5 bis 38 Jahren), bestimmt durch eine visuell analoge Skala, vom Zeitpunkt des Einsetzens der Apparatur oder der Separiergummis innerhalb von sieben Tagen kontinuierlich abnahm. Scheuerer et al. [47] berichteten, daß nach Eingliedern einer festen Behandlungsapparatur bei 170 Patienten (Alter acht bis 53 Jahre) 25% der Patienten noch nach sieben Tagen über Schmerzen klagten; bei manchen Patienten bestanden sogar noch nach vier Wochen Beschwerden/Schmerzen [15].

Die Schmerzintensität nimmt gewöhnlich im Zeitraum von vier bis 24 Stunden zu, fällt aber normalerweise nach sieben Tagen wieder ab [7, 15, 33, 47]. Einige Patienten berichten bei der Behandlung mit verschiedenen festsitzenden Apparaturen über sehr starke Schmerzen vor allem nachts mit den höchsten Bewertungen innerhalb der ersten drei Tage. Bei den Patienten, die über mäßigen Schmerz vor allem abends und nachts klagten, fing dieser schon am zweiten Tag an abzuklingen. Bei den Patienten mit leichten Schmerzen hielten diese eine

Pain Alleviation

The ideal situation would be if pain could be avoided completely in orthodontics. Of course, this is not a realistic goal, but it is the orthodontist's responsibility to minimize any risk or unnecessary cause of pain. Still, some patients will experience pain and report it according to their personal previous pain experiences and motivational attitude. These responses are influenced by a number of factors previously discussed. Thus, firstly the orthodontist must be aware of the types of treatment that may cause pain, and secondly it is important to identify the patients most susceptible to negative pain reactions and to help those patients.

In practical terms, some pain can be avoided by carefully applying and adjusting the appliances and by performing any treatment sequence with the risk of pain in mind. It is important to inform the patient carefully and adequately about each step in the treatment and to be sensitive to the patients' reactions. If the patient reacts with pain, additional information should be given and he/she should be calmly reassured. These simple rules are all commonly and intuitively used by most dentists, and they are effective since they give the patient the feeling that he/she has some control over the situation. Most patients are only in need of this primary information. However, patients who are more anxious or afraid may need more extensive information, maybe in combination with some simple relaxation exercises. The orthodontic patient should also learn that the pain is not dangerous and that it will decrease with time. Then the individual will find that the pain is easier to accept and cope with.

Recent years have seen major developments in our understanding of pain mechanisms as well as new approaches to the management of pain. Consequently, substantial progress has been made in our ability to control pain in the clinical situation.

The effect of soft laser irradiation of the periodontal tissues in order to reduce pain in patients undergoing orthodontic treatment with a fixed appliance has been studied [9]. The irradiation was applied at the labial and lingual sites for a total of one minute after insertion of the appliance. Reduction in pain and a delay in pain occurrence was found in some patients as compared to control groups. However, none of these differences reached a statistically significant level.

Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) is another method of reducing pain in orthodontics. It has been found that pain decreased significantly in those patients treated with TENS for 24, 36, and 48 hours [46].

Also, it has been reported that chewing on something hard after appliance adjustments may be used as a means of reducing pain [12, 42]. One suggestion was to chew on a plastic wafer for 10 to 12 minutes within an hour of orthodontic adjustment. This method was reported to successfully reduce pain in several patients; however, the contrary was reported by other patients [12].

In orthodontics, the most common way to reduce pain is the use of various analgesics. In that context the nonsteroidal anti-

Woche an, gleichmäßig über den Tag verteilt, jedoch gering über Nacht [16].

Der Einfluß der Art der orthodontischen Kraft

Laut Reitan [43] ist Schmerz das Resultat der Kompression des Parodontalligaments. Das könnte bedeuten, daß sich im Parodontalligament hyalinisierte Zonen zu bilden beginnen. Reitan schlägt vor, in der Orthodontie leichtere Kräfte für die Zahnbewegung zu benutzen, um Schmerz zu reduzieren. Patienten scheinen jedoch auf unterschiedliche Kräfte in unterschiedlichem Ausmaß zu reagieren. Andreasen et al. [1] fanden keinen Zusammenhang zwischen dem angegebenen Schmerz und gesteigerten Kräften. In ihrer Studie wurden unterschiedliche Kräfte zwischen dem Eckzahn und dem Molaren auf beiden Seiten appliziert: auf der einen Seite leichte Kräfte (100 bis 150 cN), auf der anderen Seite stärkere Kräfte (400 bis 500 cN).

Klinische Beobachtungen haben nahegelegt, daß zwischen dem Ausmaß des Engstandes und den durch einen komplett einligierten ersten Bogen hervorgerufenen Kräften ein Zusammenhang besteht: je stärker der Engstand und je stärker die applizierten Kräfte, desto mehr Schmerz. In einer Studie von Jones et al. [17] hingegen wurde kein Zusammenhang zwischen Schmerz, angewandter Kraft und Ausmaß des Engstandes festgestellt. Weitere Studien sind somit erforderlich, um das Auftreten von Schmerz während der Engstandsauflösung besser zu verstehen. Schmerz in seiner Abhängigkeit von unterschiedlichen Kraftanwendungen durch verschiedene Bogenmaterialien wurde in diversen Studien untersucht. NiTi-Legierungen entwickeln leichtere Kräfte im Vergleich zu den starrerem Stahlbögen. Jedoch zeigten aktuelle Studien in Übereinstimmung mit der Untersuchung von Jones et al. keinen Unterschied in der Schmerzempfindung, wenn man NiTi-Drähte mit geflochtenen Stahldrähten vergleicht [15] und superelastische NiTi-Drähte mit herkömmlichen [7].

Festsitzende Apparaturen entwickeln hauptsächlich Dauerkräfte auf die Zähne, während herausnehmbare Apparaturen intermittierende Kräfte erzeugen. Beide Apparaturen verursachen Schmerzen. Trotzdem berichteten die Patienten in einer Studie von Stewart et al. [51], daß festsitzende Behandlungsmittel größere Probleme verursachten als herausnehmbare (= aktive Platte im Oberkiefer). Die initialen Beschwerden bei Behandlung mit festsitzenden Apparaturen beinhalteten Empfindlichkeit, Engegefühl und Schmerzen im Bereich der Zähne. Dagegen traten bei herausnehmbaren Apparaturen andere Problemen auf, etwa erhöhter Speichelfluß, Schluckbeschwerden und Sprachschwierigkeiten, die teilweise bis zu drei Monaten andauerten [51].

Wenn die Zeit für das Debonding gekommen ist, können Patienten sich unwohl fühlen bzw. Schmerzen verspüren. Es wurde berichtet, daß die Schwelle, oberhalb der sich ein unangenehmes Gefühl einstellte, von der Zahnbeweglichkeit und der Richtung der angelegten Kraft abhängig ist. Patienten können intrudierende Kräfte deutlich besser ertragen als solche, die in mesialer, distaler, fazieller, lingualer oder extrusiver Richtung wirken [59].

inflammatory drugs, aspirin and ibuprofen, have been studied. In patients treated with separators and archwire placement, ibuprofen was found to relieve discomfort/pain better than aspirin [34]. However, common, effective and simple-to-handle painkillers are not used by the majority of orthodontic patients in spite of the frequent pain experiences. In a study by Scheurer et al. [47], it was shown that 16% of the patients used analgesics the first day and 13% the second day after insertion of a fixed appliance.

In view of the high number of pain reports in orthodontics, the relatively infrequent use of pain medication indicates that many orthodontic patients are highly motivated and expect or are prepared to endure some pain. This does not, however, exempt orthodontists from carefully analyzing their patients' attitudes to pain and from providing care that is as pain-free as possible. The importance of these aspects was registered in follow-up studies of adult individuals who had been subjected to dental trauma during childhood [45]. Several years later, painful emergency and follow-up treatments, not enough information and the behavior (especially if unpleasant) of the dental staff frequently remained as common patient memories. It is reasonable to believe that the long-term perspective of orthodontic treatments including extensive dentist-patient interaction make these aspects even more important in orthodontic dental care.

References

1. Andreasen GF, Zwanziger D. A clinical evaluation of the differential force concept as applied to the edgewise bracket. *Am J Orthod* 1980;78:25–40.
2. Brown D, Moerenhout R. The pain experience and psychological adjustment to orthodontic treatment of pre-adolescents, adolescents and adults. *Am J Orthod* 1991;100:349–56.
3. Burstone CJ. The biomechanics of tooth movement. In: Kraus BS, Riedel RA, eds. *Vistas in orthodontics*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1964:197–213.
4. Chapman CR, Turner JA. Psychological control of acute pain. *J Pain Sympt Manage* 1986;1:9–20.
5. Dangott L, Thornton BC, Page P. Communication and pain. *J Commun* 1978;28:30–5.
6. Deguchi T, Uematsu S, Kawahara Y, et al. Clinical evaluation of temporomandibular joint disorders (TMD) in patients treated with chin cup. *Angle Orthod* 1998;68:91–4.
7. Fernandes LM, Øgaard B, Skoglund L. Pain and discomfort experienced after placement of a conventional or a superelastic NiTi aligning archwire. *J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop* 1998;59:331–9.
8. Furstman L, Bernik S. Clinical consideration of the periodontium. *Am J Orthod* 1972;61:138–55.
9. Harazaki M, Isshiki Y. Soft laser irradiation effects on pain reduction in orthodontic treatment. *Bull. Tokyo Dent Coll* 1997;38:291–5.
10. Hardy JD, Wolff GH, Goodell H. *Pain sensations and reactions*. New York: Hafner, 1952.
11. Horowitz LG, Kehoe L, Jacobs E. Multidisciplinary patient care in preventive dentistry: Idiopathic dental pain reconsidered. *Clin Prev Dent* 1991 13:23–9.

Schmerzlinderung

Ideal wäre es, wenn Schmerz in der Kieferorthopädie vollständig vermieden werden könnte. Natürlich ist das kein realistisches Ziel, aber dennoch obliegt es der Verantwortung des Kieferorthopäden, jedwedes Risiko zu minimieren oder unnötiges Verursachen von Schmerzen zu vermeiden. Dennoch werden einige Patienten Schmerzen spüren und darüber entsprechend ihrer persönlichen vorausgegangenen Schmerzerfahrungen und Motivationshaltung berichten. Diese Rückmeldungen werden, wie bereits oben besprochen, von einer Reihe von Faktoren beeinflusst. Folglich muß sich der Kieferorthopäde zuallererst darüber im klaren sein, welche Behandlungsschritte Schmerzen verursachen können, und es ist für ihn weiterhin von großer Wichtigkeit, die Patienten, die besonders empfänglich für negative Schmerzempfindungen sind, identifizieren zu können und eine Möglichkeit zu haben, ihnen zu helfen.

In der Praxis kann Schmerz teilweise dadurch vermieden werden, daß man die Apparaturen sorgfältig anbringt und justiert und bei jedem Behandlungsschritt, den man durchführt, immer das Schmerzrisiko im Auge behält. Es ist wichtig, den Patienten mit Sorgfalt und ausreichend über die Behandlung zu informieren und sicherzustellen, daß er auf jeden Behandlungsschritt vorbereitet ist. Der Kieferorthopäde muß ein Empfinden für die Reaktionen des Patienten entwickeln. Wenn der Patient Schmerz spürt oder mit Schmerzempfindung reagiert, sollten zusätzliche Informationen gegeben werden und Schritte unternommen werden, um ihn zu beruhigen. All diese einfachen Regeln werden gemeinhin intuitiv durch die meisten Zahnärzte befolgt, und sie sind wirkungsvoll, weil sie dem Patienten das Gefühl geben, daß er die Kontrolle über die Situation hat. Die meisten Patienten benötigen nur diese erste Information. Dagegen können bei Patienten, die ängstlicher sind, durchaus ausführlichere Informationen notwendig sein, vielleicht in Verbindung mit einigen einfachen Entspannungsübungen. Der Patient sollte außerdem lernen, daß der Schmerz nicht gefährlich ist und mit der Zeit nachläßt. Er wird dann feststellen, daß es einfacher ist, den Schmerz zu akzeptieren und damit umzugehen.

In den letzten Jahren hat sich unser Verständnis von Schmerzmechanismen grundlegend weiterentwickelt, und es wurden neue Ansätze im Schmerzmanagement gefunden. Als Folge gab es grundlegende Fortschritte in unserer Fähigkeit, Schmerz in der klinischen Situation zu kontrollieren.

Die Wirkung von Bestrahlung des Parodontalgewebes mit dem Softlaser, um die Schmerzempfindung von Patienten während der festsitzenden orthodontischen Therapie zu reduzieren, wurde bereits untersucht [9]. Die Bestrahlung wurde von labial und von lingual für insgesamt eine Minute durchgeführt, direkt nachdem die Apparatur eingegliedert wurde. Eine Schmerzreduktion wurde bei einigen Probanden festgestellt, außerdem ein verzögertes Auftreten von Schmerzen im Vergleich zu Kontrollgruppen. Gleichwohl erreichte keiner dieser beobachteten Unterschiede ein statistisch signifikantes Niveau.

Die transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) ist eine andere Methode, um Schmerzen in der Kieferorthopädie zu reduzieren. Es konnte nachgewiesen werden, daß die Schmerzempfindung bei mit TENS behandelten Patienten während 24,

12. Hwang J-Y, Tee C-H, Huang T, et al. Effectiveness of therapeutic wafers in reducing pain. *J Clin Orthod* 1994;28:291-2.
13. Ingersoll BD. Behavioral aspects in dentistry. East Norwalk, CT: Appleton-Century-Crofts, 1982.
14. International Association for the Study of Pain. Pain terms: A list with definitions and notes on usage. *Pain* 1979;6:249-52.
15. Jones M, Chan C. The pain and discomfort experienced during orthodontic treatment. A randomised controlled clinical trial of two initial aligning arch wires. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992;102:373-81.
16. Jones ML. An investigation into the initial discomfort caused by placement of an archwire. *Eur J Orthod* 1984;6:48-54.
17. Jones ML, Richmond S. Initial tooth movement: Force application and pain - A relationship? *Am J Orthod* 1985;88:111-16.
18. Klepac RK, Dowling J, Hauge G, et al. Reports of pain after dental treatment, electrical tooth pulp stimulation and cutaneous shock. *J Am Dent Assoc* 1980;100:692-5.
19. Klingberg G. Dental fear and behavior management problems in children. Göteborg University, Sweden: Thesis. Faculty of Odontology, 1995.
20. Kvam E, Bondevik O, Gjerdet NR. Traumatic ulcers and pain in adults during orthodontic treatment. *Community Dent Oral Epidemiol* 1989;17:154-7.
21. Kvam E, Gjerdet NR, Bondevik O. Traumatic ulcers and pain during orthodontic treatment. *Community Dent Oral Epidemiol* 1987;15:104-7.
22. Leventhal H, Everhart D. Emotion, pain and physical illness. In: Izard CE. Emotions in personality and psychopathology. New York: Plenum Press, 1979:263-98.
23. Lew KK. Attitudes and perception of adults towards orthodontic treatment in an Asian community. *Community Dent Oral Epidemiol* 1993;21:31-5.
24. Lindsay SJ, Humphris G, Barnby GJ. Expectations and preferences for routine dentistry in anxious adult patients. *Br Dent J* 1987;163:120-4.
25. Loan WB, Morrison JD. The incidence and severity of post operative pain. *Br J Anesth* 1967;39:695-8.
26. Litt MD. A model of pain and anxiety associated with acute stressors: Distress in dental procedures. *Behav Res Ther* 1996;34:459-76.
27. Martina R, Michelotti A, Farella M, et al. Motor and sensory changes of jaw muscles after orthodontic discomfort. *Eur J Orthod* 1997;19:456-7.abstract 35.
28. McCaul KD, Malott JM. Distraction and coping with pain. *Psychol Bull* 1984;95:516-33.
29. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science* 1965;150:971-9.
30. Melzack R. The puzzle of pain. New York: Basic Books, Inc, 1973.
31. Miyamoto K, Ishizuka Y, Tanne K. Changes in masseter muscle activity during orthodontic treatment evaluated by a 24-hour EMG system. *Angle Orthod* 1996;66:223-8.
32. Moore RA, Dworkin SF. Ethnographic methodologic assessment of pain perceptions by verbal description. *Pain* 1988;34:195-204.
33. Ngan P, Bradford K, Wilson S. Perception of discomfort by patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989;96:47-53.
34. Ngan P, Wilson S, Shanfeld J, et al. The effect of ibuprofen on the level of discomfort in patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1994;106:88-95.
35. Ngan PW, Hägg U, Yin C, et al. Treatment response and long-term dentofacial adaptations to maxillary expansion and protraction. *Semin Orthod* 1997;3:255-64.

36 und 48 Stunden dauernden Untersuchungsperioden signifikant verringert war [46].

Weiterhin wurde berichtet, daß das Kauen auf etwas Hartem nach der Aktivierung der Apparatur Schmerzen vermindern kann [12, 42]. Es wurde empfohlen, innerhalb von einer Stunde nach Justierung der Apparatur für zehn bis zwölf Minuten auf einer Plastikscheibe zu kauen. Mit dieser Methode konnten in einigen Fällen erfolgreich Schmerzen verringert werden, aber von vielen Patienten wurde von stärkeren Beschwerden nach dem Kauen auf den Scheiben berichtet [12].

Die gebräuchlichste Methode, um Schmerz in der Kieferorthopädie zu reduzieren, ist die Benutzung von verschiedenen Analgetika. Es wurden nichtsteroidale antiinflammatorische Wirkstoffe, wie Acetylsalicylsäure und Ibuprofen, auf ihre Fähigkeit, Schmerzen in der Kieferorthopädie zu verringern, untersucht. Es zeigte sich, daß Ibuprofen eine stärkere Wirkung auf Beschwerden/Schmerzen bei Patienten, die mit Separatoren und der Eingliederung von Drahtbögen behandelt worden waren, hatte als Acetylsalicylsäure [34]. Obwohl Schmerzmittel weit verbreitet, effektiv und einfach in der Handhabung sind, werden sie von der Mehrzahl der kieferorthopädischen Patienten nicht eingesetzt, trotz häufiger Schmerzempfindungen. In einer Studie von Scheurer et al. [47] wurde gezeigt, daß nach Eingliederung einer festsitzenden Apparatur 16% der Patienten am ersten Tag und 13% am zweiten Tag Analgetika benutzten.

Wenn man die hohe Anzahl von Berichten über Schmerzen in der Kieferorthopädie bedenkt, so zeigt der relativ seltene Gebrauch von Schmerzmedikamenten, daß diese Patienten hochmotiviert sind und Schmerzen während der Behandlung erwarten oder zumindest darauf vorbereitet sind. Diese Tatsache entbindet aber dennoch keinen Kieferorthopäden davon, sorgfältig die Haltung ihrer Patienten zum Schmerz zu untersuchen und eine ordentliche Behandlung anzubieten, die so schmerzfrei wie möglich ist. Die Wichtigkeit dieser Gesichtspunkte wurde in retrospektiven Untersuchungen bei erwachsenen Probanden untersucht, die während ihrer Kindheit ein Frontzahntrauma erlitten hatten [45]. Was den verschiedenen Patienten gleichermaßen nach einigen Jahren im Gedächtnis blieb, waren schmerzhafte Notfall- und Nachbehandlungen, ungenügende Information und das Verhalten (insbesondere das unangenehme) des zahnärztlichen Personals. Es ist anzunehmen, daß diese Gesichtspunkte aufgrund der üblicherweise langen Dauer einer kieferorthopädischen Behandlung und der häufigen intensiven Kontakte zwischen Zahnarzt und Patient für die Kieferorthopädie noch wichtiger sind.

36. Nicolay OF, Davidovitch Z, Shanfeld JL, et al. Substance P immunoreactivity in periodontal tissues during orthodontic tooth movement. *Bone-Miner* 1990;11:19–29.
37. Okeson JP. Orofacial pain. Carol Stream, Ill.: Quintessence, 1996:7.
38. Oliver RG, Knapman YM. Attitudes to orthodontic treatment. *Br J Orthod* 1985;12:179–88.
39. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. The effect of continuous bite jumping with the Herbst appliance on the masticatory system: a functional analysis of treated CI II malocclusions. *Eur J Orthod* 1982;4:37–44.
40. Patel V. Non-completion of orthodontic treatment: a study of patient and parental factors contributing to discontinuation in the hospital service and specialist practice. University of Wales, Heath Park: Thesis, 1989.
41. Pilowsky I, Bond MR. Pain and its management in malignant disease: Elucidation of staff-patient transactions. *Psychosom Med* 1969;31:400–4.
42. Proffit WR. Contemporary orthodontics. St. Louis: Mosby, 1992:280–1.
43. Reitan K. Biomechanical principles and reactions. In: Graber TM, Swain BF, eds. Current orthodontic concepts and techniques. Philadelphia: Saunders, 1975.
44. Riley JL, Robinson ME, Wise EA, et al. Sex differences in the perception of noxious experimental stimuli: A meta-analysis. *Pain* 1998;74:181–7.
45. Robertson A, Norén JG. Subjective aspects of patients with traumatized teeth. *Acta Odontol Scand* 1997;55:142–7.
46. Roth PM, Thrash WJ. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation for controlling pain associated with orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1986;90:132–8.
47. Scheurer P, Firestone A, Bürgin W. Perception of pain as a result of orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod* 1996;18:349–57.
48. Seymour RA. The use of pain scales in assessing the efficacy of analgesics in post-operative dental pain. *Eur J Clin Pharmacol* 1982;23:441–4.
49. Sternbach RA. Acute versus chronic pain. In: Wall PA, Melzack R, eds. Textbook of pain. London: Livingstone, 1989.
50. Sternbach RA, Tursky B. Ethnic differences among housewives in psychophysical and skin potential responses to electric shock. *Psychophysiology* 1965;1:241–6.
51. Stewart F, Kerr JS, Taylor P. Appliance wear: the patient's point of view. *Eur J Orthod* 1997;19:377–82.
52. Tammaro S, Berggren U, Bergenholtz G. The representation of verbal pain descriptors on a Visual Analogue Scale in dental and non-dental situations. *Eur J Oral Sci* 1997;105:207–12.
53. Timms DJ. Rapid maxillary expansion. Carol Stream, Ill.: Quintessence, 1981.
54. Tucker MA, Andrew MF, Ogle SJ, et al. Age-associated change in pain threshold measured by transcutaneous neuronal electrical stimulation. *Age Ageing* 1989;18:241–6.
55. Vassend O. Anxiety, pain and discomfort associated with dental treatment. *Behav Res Ther* 1993;31:659–66.
56. Wardle J. Psychological management of anxiety and pain during dental treatment. *J Psychosom Res* 1983;27:399–402.
57. Weisenberg M. Pain and pain control. *Psychol Bull* 1977;84:1008–44.
58. Williams JM, Murray JJ, Lund CA, et al. Anxiety in the child dental clinic. *J Child Psychol Psychiatry* 1985;26:305–10.
59. Williams OL, Bishara SE. Patient discomfort levels at the time of debonding. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992;101:313–7.

Address for Correspondence:

Dr. Marianne Bergius, Department of Orthodontics, Faculty of Odontology, Göteborg University, Box 450, SE 405 30 Göteborg, Sweden, Phone (+46/31) 7733141, Fax 82 54 60, e-mail: marianne.bergius@odontologi.gu.se