

5. Diskussion

5.1 Retrospektive Auswertung der traumatologischen Patientenklientel im Zeitraum von 1995 bis 1999

Die retrospektive Auswertung der zahntraumatologischen Patientenklientel sollte einen Eindruck über die diagnostizierten Verletzungen sowie durchgeführten Therapiemassnahmen am Zentrum für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde in den vergangenen Jahren vermitteln. Basierend auf den so gewonnenen Erkenntnissen sollte ein Schienenkonzept zur Versorgung dentoalveolärer Verletzungen entwickelt werden. Betrachtet man die Verteilung der Patientenzahlen mit Zahntraumata in den einzelnen Jahren (1995: 221; 1996: 251; 1997: 249; 1998: 235; 1999: 239), lassen sich für diesen Zeitraum kaum Unterschiede erkennen. Dagegen zeigte eine retrospektive Untersuchung zum Auftreten von Gesichtsschädelfrakturen im Zeitraum von 1993-1998 an unserer Klinik (EPPENDORF 2000) einen Rückgang der verletzten Personen im Jahr 1997 um etwa ein Viertel und im Jahr 1998 um ein Fünftel zum jeweiligen Vorjahr. Eine Fragebogenaktion unter niedergelassenen Kieferchirurgen im Raum Halle zum Versorgungsverhalten von Gesichtsschädelfrakturen zeigte, dass diese Verletzungen zu 98% an unserer Klinik behandelt wurden (SCHNEIDER 1999) und somit eine Reduzierung des traumatologischen Patientenpools unserer Einrichtung ausgeschlossen werden konnte. Die Diskrepanz zur Retrospektive der Zahntraumata könnte auf eine tendenzielle Verminderung des Schweregrades der traumatologischen Verletzungsbilder im orofazialen System hindeuten.

Da neben dem Schweregrad der einzelnen dentoalveolären Verletzungen auch das Gesamtverletzungsbild entscheidenden Einfluss sowohl auf die einzuleitende Therapie (FISCHER 1970, DEWHURST et al. 1998) als auch auf die Prognose des verletzten Zahnes hat, wurde die Häufigkeitsverteilung der Verletzungen an einem, zwei oder mehreren Zähnen pro Patient analysiert. Betrachtet man die Zahnverletzungen insgesamt, zeigt sich, dass Patienten etwa gleich häufig Verletzungen an einem (31,6%) und zwei (29,7%) Zähnen erlitten, jedoch waren Patienten mit drei und mehr verletzten Zähnen mit 38,7 % deutlich häufiger vertreten. FISCHER (1970) fand in seinen Untersuchungen eine Beteiligung von einem Zahn in 24%, von zwei in 31% sowie von drei und mehr Zähnen in 45% der Fälle. Betrachtet man dagegen die Zahnluxationen isoliert, so zeigt sich, dass diese Verletzungen häufiger an einem (35,8%) und zwei (36%) Zähnen, seltener jedoch an drei und mehr Zähnen (28,2%) auftraten. Ein anderes

Verteilungsmuster wurde für die Zahnhartsubstanzverletzungen gefunden, wobei Frakturen an nur einem Zahn (54,1%) etwa doppelt so häufig waren, als Frakturen an zwei (25,9%) oder drei und mehr Zähnen (20%). Diese Diskrepanz zwischen den Werten der allgemeinen und differenzierten Darstellung zeigt, dass häufig eine Nebeneinander der verschiedenen Verletzungsmuster an ein und dem selben Patienten vorlag.

Interessant erschien die Frage nach der Häufigkeit der verletzten Zahntypen. In der Literatur schwankten die Angaben für die oberen mittleren Schneidezähne zwischen 67 und 80% (SCHÜTZMANSKY 1963, MÜLLER und OVERDIEK 1965, von ARX 1999). Seitliche Oberkieferschneidezähne waren in sieben bis 20% der Fälle betroffen (SCHÜTZMANSKY 1963, CORNELIUS et al. 1987). Die Häufigkeiten für die unteren Schneidezähne lagen in der Spanne von einem bis 14 Prozent (MÜLLER und OVERDIEK 1965, VON ARX 1999). All diese Angaben gelten für die Gesamtheit der Zahnverletzungen. In unserer Untersuchung wurden die Häufigkeiten der einzelnen verletzten Zahntypen nach Zahnhartsubstanz- und Luxationsverletzungen differenziert aufgeschlüsselt, da die klinische Erfahrung Unterschiede in der Lokalisationsverteilung für diese Verletzungsmuster vermuten liess. Von Zahnhartsubstanzverletzungen waren die oberen mittleren Schneidezähne in 42%, die oberen seitlichen Schneidezähne in 15%, die mittleren Unterkieferschneidezähne in acht Prozent und die seitlichen unteren Schneidezähne in sieben Prozent betroffen. In der Summe wiesen mit 57% die oberen Schneidezähne eindeutig am häufigsten Zahnfrakturen auf, gefolgt von den Unterkieferschneidezähnen mit insgesamt 15%. Die Eckzähne waren sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer nur in vier Prozent beteiligt, die oberen Molaren hingegen nahmen mit 14% im Gegensatz zu den Molaren im Unterkiefer (8%) einen höheren Anteil ein.

Ein differentes Verteilungsmuster wurde für die Gruppe der Luxationsverletzungen gefunden, da die oberen mittleren Incisivi mit 51% und die oberen seitlichen Incisivi mit 18% in der Summe (69%) deutlich häufiger von Zahnluxationen als von Zahnfrakturen betroffen waren. Auch im Bereich der Unterkieferschneidezähne war die Verletzungshäufigkeit mit einem Anteil der mittleren (13%) und seitlichen (9%) Schneidezähne höher als für die Zahnhartsubstanzverletzungen. In der Eckzahnregion waren für beide Verletzungsmuster in Bezug auf die Schädigungshäufigkeit kaum Differenzen nachweisbar. Ausgeprägte Unterschiede konnten jedoch für die Molaren deutlich gemacht werden, wobei diese in der Gruppe der Zahnhartsubstanzverletzungen

einen Anteil von 22%, in der Gruppe der Zahnluxationen hingegen nur von 3% einnahmen. Für beide Verletzungsarten konnten in unserer Untersuchung keine Unterschiede ($p > 0,05$) zwischen rechter und linker Kieferhälfte nachgewiesen werden. Diese Diskrepanz der Lokalisationshäufigkeiten beider Verletzungstypen könnte mit Hilfe des Verletzungsmechanismus sowie der Richtung der Gewalteinwirkung erklärt werden. Nach MÜLLER und TAATZ (1969) sowie DEWHURST et al. (1998) führen direkte Kraftübertragung unter Umgehung des Oberlippenpolsters sowie scharfe und harte Gewalteinwirkung auf die Zähne in der Regel zu einer Fraktur der Zahnhartsubstanz, während indirekte, stumpfe oder abgepolsterte Krafteinwirkungen meist Zahnluxationen zur Folge haben. Kronenfrakturen im Molarenbereich sind oft Folge von Stürzen auf die Kinnregion (DEWHURST et al. 1998, SASAKI et al. 2000), welchen ein unkontrolliertes Aufschlagen der Unterkieferzähne gegen die Oberkieferzähne folgt, was häufig zu Abscherfrakturen der palatinalen Höcker oberer sowie der vestibulären Höcker unterer Molaren führen kann (ANDREASEN 1970 c). In den meisten Fällen werden für diesen Verletzungsmechanismus multiple Frakturen gefunden (SASAKI et al. 2000).

Die Ausprägung der Schädigung nach einem Zahntrauma kann durch die Einteilung in verschiedene Schweregrade erfolgen. Zu diesem Zweck wurde eine Vielzahl von Traumaindices entwickelt und beschrieben (ELLIS 1970, WHO 1978, ANDREASEN 1981, GARCIA-GODOY 1981, VON ARX et al. 2000).

In unserer Klinik wurden über den Zeitraum der retrospektiven Untersuchung die Zahnhartsubstanzverletzungen nach ELLIS (1970) eingeteilt. Zur Klassifizierung der Luxationsverletzungen wurde der Vorschlag von MÜLLER und TAATZ (1969) zur Einteilung in drei Schweregrade genutzt. Die Daten beider Verletzungsgruppen wurden nach Schweregraden und Geschlecht differenziert analysiert. Die Zahnhartsubstanzverletzungen waren in 26,3% als Schmelzfrakturen (Ellis I), in 42,8% als Schmelz-Dentin-Frakturen (Ellis II), in 22,3% als Schmelz-Dentin-Frakturen mit Eröffnung der Pulpa (Ellis III) sowie in 8,6% als intraalveoläre Frakturen zu klassifizieren. Zwischen der Zunahme des Verletzungsgrades und dem Anstieg des Männer-Frauen-Verhältnisses war eine positive Korrelation nachweisbar, was bedeutet, dass schwerere Verletzungen deutlich häufiger bei männlichen Patienten anzutreffen waren. Bei den Luxationsverletzungen entfielen 38,1% auf den Grad I (Luxation ohne Dislokation), 40,6% auf den Grad II (Luxation mit Dislokation) sowie 21,3% auf den Grad III (Luxation mit Ausstoßung des Zahnes aus der Alveole). Der Anstieg des

Verhältnisses von männlichen zu weiblichen Patienten in Abhängigkeit vom Schweregrad war ebenso wie für die Zahnhartsubstanzverletzungen nachzuweisen.

Sowohl für die Zahnhartsubstanz- als auch für die Luxationsverletzungen wurden die primären Therapiemaßnahmen nach den Schweregraden untersucht. Die reinen Schmelzfrakturen (Ellis I) wurden in 89,5 % der Fälle nicht versorgt und nur in 11,5% erfolgte im Rahmen der Erstversorgung ein provisorischer Verschluss oder eine Füllungstherapie. Die bei den Schmelz-Dentin-Frakturen (Ellis II) vorliegende Dentinwunde bedarf einer frühestmöglichen Desinfektion und Abdeckung gegen das Mundmilieu (VON ARX et al. 2000), um eine weitere Kontamination mit Bakterien und Toxinen, welche zur Pulpanekrose führen kann, zu verhindern (EBELESEDER und GLOCKNER 1999). Diese Prinzipien der Infektionsprophylaxe schlugen sich in den durchgeführten Therapiemaßnahmen bei Zähnen mit Ellis II-Frakturen nieder. So wurden 64,2% der Zähne mit Hilfe eines Kalziumhydroxid-Präparat sowie einer Deckfüllung behandelt, 35,8% der Zähne wurden provisorisch oder definitiv mittels Füllungstherapie versorgt. Die Unterschiede in der Versorgung sind durch die fehlende Differenzierung von pulpanahen und –fernen Dentinwunden in unserem Patientengut zu erklären. Im Rahmen der Erstversorgung von komplizierten Schmelz-Dentin-Frakturen (Ellis III) empfahlen EBELESEDER und GLOCKNER (1998) Zurückhaltung bei „prophylaktischen“ und übereilten Pulpaexstirpationen, insbesondere bei Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum. Die Verfahren der direkten Überkappung sowie der Pulpotomie erscheinen in diesen Fällen sinnvoll (ANDREASEN et al. 2000). In der Ellis III-Gruppe wurden bei 48,6% der Zähne eine Vitalexstirpation durchgeführt, 34,4% der frakturierten Zähne wurde mittels direkter Überkappung oder Pulpotomie versorgt und 17% wurden extrahiert. Der hohe Prozentsatz der primären Behandlung durch Pulpaexstirpation erklärt sich durch den großen Anteil erwachsener Patienten mit abgeschlossenem Wurzelwachstum. Bei geringfügiger Eröffnung der Pulpa oder Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum wurden Maßnahmen zur Vitalerhaltung der Pulpa durchgeführt. Zähne, die auf Grund vorbestehender Erkrankungen oder ungünstiger Frakturverläufe nicht zu erhalten waren, wurden entfernt.

Im Gegensatz zur Therapie der Zahnhartsubstanzverletzungen ist bei der Versorgung von Luxationsverletzungen eine Betrachtung einzelner Zähne schwierig, da häufig mehrere Zähne betroffen sind und sich die Behandlungsmaßnahmen an der Komplexität des gesamten Verletzungsbildes orientieren müssen. Konkussionen

bedürfen in vielen Fällen keinem invasiven Vorgehen, jedoch kann in Einzelfällen der Patientenkomfort durch die Eingliederung einer Schiene verbessert werden (EBELESEDER und GLOCKNER 1998). In dieser Untersuchung wurden 68,7% solcherart verletzte Zähne mit einer Schiene versorgt, 31,3% erhielten keine spezielle Therapie. Der große Anteil von Schienungen ist in den meisten Fällen durch eine notwendige Schienentherapie von zusätzlichen luxierten Nachbarzähnen zu begründen. Für die Versorgung erstgradig luxierte Zähne ohne Dislokation wird eine Schienung für die Dauer von sieben bis zehn Tagen empfohlen (DEWHUST et al.1998). In unserer Klinik wurden 78,7% mit einer Schiene versorgt, 18,4% wurden nicht therapiert und in 2,9% wurde der Zahn extrahiert. Die unversorgten und entfernten Zähne waren in fast allen Fällen Milchzähne vor dem physiologischen Zahnwechsel, entsprechend den in der Literatur vorgeschlagenen Therapieprinzipien (von ARX 1999). Sowohl für die Luxationen II° (mit Dislokation) als auch für die Luxationen III° (mit Ausstoßung des Zahnes aus der Alveole) wird eine Reposition mit anschließender Schienung propagiert (EBELESEDER und GLOCKNER 1998, ANDREASEN et al. 2000). Luxationen II° wurden in 79,6% und Luxationen III° in 61,9% einer Schienungsbehandlung unterzogen. Der Prozentsatz unbehandelter drittgradig luxierter Zähne war mit 25,7% deutlich höher als bei zweitgradig luxierten Zähnen (15,2%). Auch die Entfernung der verletzten Zähne überwiegt nach Luxationen III° (12,4%) gegenüber der nach Luxationen II°. Zu begründen sind diese Zahlen durch die bereits erwähnten nicht zu versorgenden Milchzahnluxationen oder durch Zähne, welche massive parodontale Vorerkrankungen aufwiesen sowie Zähnen mit zusätzlichen ungünstigen Frakturverläufen der Zahnhartsubstanz.

Die Häufigkeit der angewandten Schienen wurden nach den Gebissphasen differenziert analysiert. Dabei wurde deutlich, dass die freihändige Drahtschiene (SAUER 1889, REICHENBACH 1943) mit einem Anteil von 55,1% dominierendes Behandlungsmittel während des Untersuchungszeitraumes war, wobei 90,6% der Schienen im permanenten Gebiss zum Einsatz kamen. An zweiter Stelle standen die Miniplastschienen (DRUM 1966) mit einem Anteil von insgesamt 30,7%, wobei 79,4 % allein im Milch- und Wechselgebiss Anwendung fanden. Kappenschienen, Kompositverblockungen und andere Schienen wurden nur in Ausnahmen eingesetzt. Der geringe Anteil an Draht-Komposit-Schienen (3,1%) am Behandlungsspektrum lässt sich durch den im Untersuchungsintervall nur kurzen Anwendungszeitraum von drei Monaten erklären.

5.2 In vitro Untersuchung der zwei neuen Draht-Komposit-Schienen

Basierend auf den Ergebnissen einer Verletzungsanalyse der traumatologischen Patientenklientel aus den Jahren 1995-1999 sowie den Erkenntnissen aus der Literatur zur Schienentherapie nach Zahntrauma sollte ein Schienungskonzept für unsere Klinik erstellt werden. Die zu entwickelnden Schienen sollten den von ANDREASEN (1981), OIKARINEN (1990) sowie EBELESEDER und GLOCKNER (1998) gestellten Anforderungen bestmöglich genügen. Weiterhin sollten sie sowohl zur Versorgung von Zahntraumata als auch von Alveolarfortsatzverletzungen geeignet sein.

In der Vergangenheit folgten die Eigenschaften von Zahntraumaschienen meist den Prinzipien der Kieferbruchschienung, wobei eine starre Fixation der Fragmente als Voraussetzung der primären Knochenheilung angestrebt wurde (SPIESSL 1972). In den frühen siebziger Jahren zeigten jedoch klinische Untersuchungen von ANDREASEN (1970 b), dass eine rigide Immobilisation sowie ausgedehnte Schienungszeiten zu einem Anstieg der Inzidenzrate externer Wurzelresorptionen (Ankylose) bei replantierten Zähnen führten. Nachfolgende in vivo Studien am Tier (ANDREASEN 1975 a, NASJILETI et al. 1982, ANDERSSON et al. 1985) bestätigten die Hypothese aus den klinischen Untersuchungen. In den folgenden Jahren wurde eine funktionelle Belastung (BARBAKOW und IMFELD 1980 a und b), welche durch eine semi-rigide oder flexible Schienung mit unterschiedlichen Materialien erreicht werden kann, für die Behandlung von Zahntraumata gefordert (HOTZ 1990, OIKARINEN et al. 1987 a, OIKARINEN 1990, FILIPPI 2000, VON ARX et al. 2001 a und b). Auch auf dem Gebiet der Behandlung von Knochenfrakturen zeigten Untersuchungen am Tier, dass geringfügige, axial applizierte funktionelle Belastungen während der Immobilisationsperiode zu qualitativ besseren Heilungsergebnissen führen können (DAUM et al. 1983, LARSSON et al. 2001).

Im Gegensatz zu einer geforderten semi-rigiden oder flexiblen Schienung nach Zahntraumata, sollten jedoch im Rahmen der Therapie von Alveolarfortsatz- und horizontalen Zahnwurzelfrakturen rigide Schienen zur Stabilisierung der Fragmente eingesetzt werden (ANDREASEN 1970 a, KRENKEL und GRUNERT 1986, EBELESEDER und GLOCKNER 1998, ANDREASEN et al. 2000). Da das zu entwerfende Schienungskonzept sowohl für die Luxationsverletzungen, als auch für die Alveolarfortsatz- und Wurzelfrakturen Gültigkeit besitzen sollte, erschien die Entwicklung einer flexiblen und einer rigiden Schiene sinnvoll.

Vergleicht man die verschiedenen Schienungsmethoden aus der Literatur, zeigte sich, dass Draht-Komposit-Schienen (FISCHER et al. 1977, OIKARINEN 1990, EBELESEDER et al. 1995, FILIPPI 2000) den Anforderungen an Zahntraumaschienen in fast allen Punkten genügen. Sie sind einfach und kostengünstig direkt am Patienten zu applizieren, traumatisieren nicht die Gingiva oder das Parodont, führen im Normalfall zu keiner Beeinträchtigung der Okklusion, ermöglichen eine adäquate Mundhygiene und lassen Sensibilitätsprüfungen und endodontische Interventionen zu. Weiterhin ist eine sichere Fixation im Immobilisationszeitraum gegeben. Die Rigidität der Schienen ist entsprechend der Indikation durch die Wahl der verwandten Materialien steuerbar. Als nachteilig wird die notwendige Schmelzätzung zur Befestigung sowie die anspruchsvolle Entfernung der Schienen angegeben.

Die verwandten Drähte wurden auf Grund ihres Rigiditätsverhaltens, ihrer retentiven Geometrie sowie ihrer Biokompatibilität ausgewählt. Das zur Befestigung der Drähte genutzte Kompositmaterial sollte gut applizierbar, fließfähig und in gewissen Grenzen elastisch sein sowie ästhetischen Ansprüchen genügen. Diesen Forderungen entsprachen verschiedene niedrigvisköse Komposits aus dem Spektrum der Füllungsmaterialien.

Vor dem klinischen Einsatz sollten Untersuchungen zur Rigidität der entwickelten Schienen durchgeführt werden. Studien zur Starrheit verschiedener Fixationssysteme sind sowohl für die Versorgung von Knochenfrakturen (FINLAY et al. 1987, BOUVY et al. 1993, DICHARD und KLOTCH 1994, LIM et al. 2001), als auch für Behandlung von Zahntraumata bekannt (OIKARINEN 1988, OIKARINEN et al. 1992, EBELESEDER et al. 1995, FILIPPI 2000, VON ARX et al. 2001 b). OIKARINEN (1988) und FILIPPI (2000) nutzten Kunststoff-Phantommodelle (Fa. Frasco, Pettngang, D), wobei die Zahnbeweglichkeit entweder durch das Einlegen von Silikonstücken zwischen Wurzel und „Alveolenwand“ oder durch Schrauben im apikalen Bereich exakt eingestellt werden konnte. Eine Schmelzkonditionierung zur Verbesserung der Hafteigenschaften (BUONOCORE 1955) von Kompositen ist hier nicht möglich. Weiterhin erscheint das Fehlen eines parodontalen Faserapparates als nachteilig. Das von OIKARINEN et al. (1992) eingeführte Modell eines isolierten Schafunterkiefers hat den Vorteil, dass die Frontzähne in Form und Kronen-Wurzel-Verhältnis denen des Menschen ähnlich sind, einen parodontalen Faserapparat besitzen und eine Schmelzkonditionierung möglich ist.

VON ARX et al. (2001 b) führten ihre Rigiditätsuntersuchungen an freiwilligen unverletzten Probanden in vivo durch. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse erscheint

günstig, jedoch ist der hohe Aufwand sowie eventuell eintretende Schäden an den geschienten Zähnen anzumerken. In unseren Untersuchungen zur Rigidität der entwickelten Schienen wurde das von OIKARINEN et al. (1992) vorgeschlagene Modell des isolierten Schafsunterkiefers gewählt.

Für die Bestimmung der Zahnbeweglichkeit standen verschiedene in der Literatur beschriebene Methoden zur Verfügung (MÜHLEMANN 1960, D'HOEDT 1985). OIKARINEN et al. (1992) stellten fest, dass eine direkte Korrelation zwischen den gemessenen Werten mittels Mühlemann-Periodometers und Periotest[®]-Gerätes bestand. Weiterhin führten sie aus, dass die Periotest[®]-Methode einfacher durchzuführen sei und weniger Erfahrung nötig ist, um reproduzierbare Werte zu erreichen. Dennoch wurde im Rahmen dieser Untersuchung auf eine sorgfältige Positionierung des Handstückes in einem Winkel von 90° sowie einem Abstand von 0,5-2,5 mm im mittleren Kronendrittel geachtet, um primäre Verfahrensfehler zu reduzieren. Des Weiteren wurde eine dreifache Bestimmung der Periotest[®]-Werte durchgeführt sowie nochmalige Messungen beim Auftreten von Differenzen zwischen den einzelnen Werten, die größer zwei waren. Da eine Änderung der Zahnbeweglichkeit durch Manipulationen, wie Anlegen und Entfernen der Schienen, möglich erschien, wurden die Mobilitätswerte vor jeder Schieneneingliederung erneut bestimmt. In unserer Studie wurden zusätzlich zu den horizontalen auch die vertikalen Periotest[®]-Werte bestimmt (EBELESEDER und GLOCKNER 1999, FILIPPI et al. 2000).

Mit Hilfe des *Kolmogorov-Smirnov*- sowie des *Shapiro-Wilk-Tests* wurden die gewonnenen Werte der einzelnen Messreihen (Tabelle 3 und 5) auf Normalverteilung geprüft, welche bei p-Werte kleiner 0,05 nicht angenommen werden konnte. Da für beide Schienenarten einzelne Messreihen keiner Normalverteilung unterlagen, wurde zum Vergleich der Ausgangs- (vor Schienung) und Endwerte (bei eingegliedert Schiene) der nichtparametrische Test für zwei verbundene Stichproben nach *Wilcoxon* gewählt. Für beide Schientypen ergaben sich sowohl für die horizontalen als auch für die vertikalen Messungen eindeutige Unterschiede ($p < 0,001$) zwischen Ausgangs- und Endwerten, was allgemein auf einen Immobilisationseffekt der Schienen hinweist.

Als Maß des Schienungseffekts wurden sowohl für die flexible, als auch für die rigide Schiene die Mittelwerte der gepaarten Differenzen der Periotest[®]-Werte vor und nach Fixation bestimmt. Je höher dieser Wert war, desto größer war der Schienungseffekt. Für die flexiblen Schienen lag der horizontale Wert mit 2,8 etwas höher als der vertikale mit 2,4, was zeigt, dass die horizontale Beweglichkeit der Zähne durch die Schiene

stärker eingeschränkt wurde als die vertikale. Ein gleiches Bild ergab sich auch für die rigide Schienenvariante, wobei hier der horizontale Wert bei 5,3 und der vertikale bei 3,9 lag.

Neben dem Nachweis eines allgemeinen Immobilisationseffektes, sollte ein Unterschied im Rigiditätsverhalten beider Schienen gezeigt werden. Dazu wurden die Differenzen der Periotest[®]-Messungen (Ausgangs- minus Endwert) gebildet. Diese wurden mittels *Wilcoxon-Test* für beide Schientypen verglichen. Für die horizontalen Messungen ergaben sich bei einem p-Wert von 0,004 eindeutige Unterschiede, für die vertikalen Messungen war dagegen bei einem Wert $p=0,058$ nur ein tendenzieller Unterschied erkennbar. Dies bedeutet, dass die rigiden Schienen in der horizontalen Dimension einen höheren Schienungseffekt erreichten, als die flexiblen Schienen, dagegen bestanden nur geringe Unterschiede zwischen beiden Schienen in Bezug auf den Immobilisationseffekt in der vertikalen Dimension. Dieses Ergebnis wurde auch durch die Mittelwerte der gepaarten Differenzen bestätigt, die für die horizontalen Messungen bei 2,5 und für die vertikalen Messungen bei 1,5 lagen.

Die aus dem Elastizitätsverhalten sowie der Geometrie der Drähte abgeleitete Hypothese über ein unterschiedliches Rigiditätsverhalten der flexiblen und der rigiden Schienen konnte somit experimentell bestätigt werden.

5.3 Prospektive in vivo Untersuchung der neuen Draht-Komposit-Schienen bei Patienten mit dentoalveolären Verletzungen

Da im Rahmen der in vitro Untersuchung die gewünschten Eigenschaften beider entwickelter Schienen nachgewiesen werden konnten, sollten diese in vivo, bei Patienten mit dentoalveolären Verletzungen, eingesetzt werden.

Es wurden 46 Patienten mit 101 verletzten Zähnen, welche einer Schienentherapie bedurften, versorgt. Nur jene 31 Patienten (67 Zähne), welche regelmäßig zu den Nachkontrollen erschienen, wurden in die Auswertung einbezogen.

Angaben in der Literatur zu verschiedenen Inzidenzgipfeln von Zahntraumata folgend (SCHNEIDER 1981, WEPNER et al. 1987, FLINZBERG et al. 1999), wurde eine Einteilung in Altersklassen vorgenommen. Übereinstimmend mit unseren Ergebnissen für die 8-12jährigen, gaben SCHNEIDER (1981) Inzidenzgipfel für die 10-12jährigen und DEWHUST et al. (1998) für die 9-10jährigen an. Ähnlich häufig wie die 8-12jährigen waren die 12-16jährigen und 30-40jährigen vertreten. Ein Anstieg in der

Unfallhäufigkeit zwischen dem zweiten und vierten (SCHNEIDER 1981, WEPNER et al. 1987, DEWHURST et al. 1998, VON ARX 1999) sowie 15. und 20. Lebensjahr (FISCHER 1970) wurde in dieser Patientengruppe nicht gefunden. Das Fehlen von Kindern zwischen dem ersten und siebten Lebensjahr ist möglicherweise durch die räumliche Trennung der kinderzahnärztlichen Einrichtung zu erklären. Des weiteren liess die geringe Patientenzahl keine statistisch verwertbaren Aussagen über epidemiologische Daten zu. Das in unserer Untersuchung errechnete durchschnittliche Verhältnis von männlichen zu weiblichen Patienten von 2,1:1, wurde mit 2:1 auch von SCHNEIDER (1981) beschrieben. Geringere Unterschiede zwischen den Geschlechtern finden sich mit Werten von 1,7:1 bei FISCHER (1970) und HULLA et al. (1999) sowie mit 1,8:1 bei FLINZBERG et al. (1999). Für die USA fanden ELLIS et al. (1970) ein Verhältnis von 2,5:1. Für Dänemark (ANDREASEN und ANDREASEN 1994), Wales (HUNTER et al. 1990) und Schweden (FORSBERG und TEDESTAM 1990) wurde jeweils ein Wert von 3:1 angegeben.

Die Abklärung nach erfolgtem Zahntrauma sollte dem bewährten Schema Anamnese, Untersuchung und Diagnosestellung folgen. Die Untersuchung umfasste eine sorgfältige klinische Inspektion und Palpation, Röntgendiagnostik sowie Perkussions- und Sensibilitätsprobe (ANDREASEN und ANDREASEN 1994, EBELESEDER und GLOCKNER 1998, VON ARX et al. 2000).

Da die Anzahl der traumatisierten Zähne Einfluss auf die Prognose der Zähne sowie die Schientherapie hat (FISCHER 1970), wurde die Häufigkeit der Anzahl verletzter Zähne untersucht. Es zeigte sich, dass Verletzungen an ein, zwei, und drei Zähne gleich häufig auftraten, dagegen waren Traumata mit Beteiligung von mehr als drei Zähnen selten. Im Gegensatz dazu stehen die eigenen Ergebnisse der retrospektiven Untersuchung unserer traumatologischen Patientenkollektive, bei der Luxationen von ein und zwei Zähnen gleich häufig (36%), Verletzungen an drei und mehr Zähnen jedoch seltener (28%) gefunden wurden.

Isolierte Luxationen traten bei den hier versorgten Patienten in 40 Prozent auf, 60 Prozent der Dislokationsverletzungen waren hingegen mit zusätzlichen Schädigungen der Zahnhartsubstanz oder des Alveolarfortsatzes kombiniert.

Neben den durch den Unfall hervorgerufenen Begleitschäden ist vor allem der Schweregrad der dentoalveolären Verletzung sowohl in Bezug auf die Therapiewahl als auch auf die Prognose entscheidend. Für diese Untersuchung wurde die Nomenklatur nach ANDREASEN et al. (2000) eingeführt. Der Vorteil dieser Klassifikation liegt in

der deutlicher therapiebezogenen Einteilung der traumatisch bedingten Schäden begründet. Häufigste Verletzung war die Zahnlockerung (n= 38), gefolgt von lateralen Luxationen (n= 12) und Avulsionen (n=11). Seltener waren Extrusionen (n= 5) und Zahnwurzelfrakturen (n=1).

In den letzten Jahren findet man in der Literatur häufiger Hinweise, dass dentoalveoläre Verletzungen nicht nur nach dem Schweregrad der Hauptverletzung beschrieben werden sollten, sondern eine Einbeziehung der Begleitverletzungen umgebender Gewebe in die Diagnose sinnvoll erscheint (EBELESER 1994, TROPE 1998, EBELESER und GLOCKNER 1999). VON ARX et al. (2000) schlugen eine „ZEPAG-Klassifikation“ für die Diagnose jedes traumatisierten Zahnes vor, welche den Zustand der Zahnhartsubstanz (Z), des Endodonts (E), des Parodonts (P), des Alveolarknochens (A) sowie der Gingiva (G) untersucht und beschreibt. Basierend auf dieser Klassifikation wurde von FILIPPI et al. (2000 a) ein Index zur Beurteilung traumatisch bedingter Zahnverletzungen entwickelt. Dieser unter Material und Methode (S.23) beschriebene Ausgangsindex erschien für unsere Studie geeignet, da eine Vielzahl, heilungsbeeinflussender Faktoren bereits im Rahmen der Diagnose erfasst werden konnte und ein Vergleich verschiedener verletzter Zähne mit Hilfe des errechneten Indexwertes auf einfache Weise möglich war. Auf Grundlage der Ergebnisse aus Anamnese und Untersuchung wurde den Geweben eine entsprechende Bewertungszahl zugeordnet und der Ausgangsindex berechnet. Die Werte lagen zwischen 12 und 80, wobei hohe Werte eine gute Prognose, niedrige dagegen eine unklare oder schlechte Prognose bedeuteten (FILIPPI et al. 2000 a). In unserer Untersuchung lag die Häufigkeit der Indexwerte zwischen 0-33 bei 21%, zwischen 34-74 bei 45% und zwischen 75-100 bei 34%. Vergleicht man die Ergebnisse mit denen der retrospektiven Studie von FILIPPI et al. (2000 a), zeigt sich, dass im Bereich von 34-74 gleiche Häufigkeiten auftraten (44%), dagegen waren die Häufigkeiten der Werte zwischen 0-33 (35%) und zwischen 75-100 (21%) unterschiedlich, was einerseits durch die differente Patienten Klientel, andererseits aber auch durch eventuelle Fehleinschätzung einzelner Gewebe im Rahmen der retrospektiven Bewertung erklärt werden könnte. Um eine differenziertere Übersicht zur Häufigkeit der Ausgangsindexwerte zu erhalten, wurden fünf Gruppen (S.23) gebildet. Auch hier war ein Überwiegen höherer (Gruppe 5: 21%) gegenüber niedrigeren Werten (Gruppe 1: 7%) zu erkennen. Die Gruppen zwei und vier waren mit jeweils 15% gleich verteilt, in Gruppe drei waren 42% der Zähne eingeteilt.

Das Therapieschema (S. 22) wurde basierend auf dem aktuellen Erkenntnisstand zu Beginn der Studie festgelegt. Die einzelnen Therapiemaßnahmen, die Schienungszeiten sowie die Wahl der Schienenrigidität wurden bereits in Kapitel eins (Einleitung und Vorbetrachtungen) ausführlich diskutiert. Alle Patienten wurden einheitlich nach diesem Therapieschema behandelt, jedoch musste bei Verletzungen mehrerer Zähne die Wahl der Schiene sowie die Immobilisationsdauer, unter Vernachlässigung der Indikation für den einzelnen Zahn, der Gesamtverletzungssituation angepasst werden. Weiterhin traten Abweichungen vom Therapieschema, im Sinne verlängerter Schienungszeiten, durch mangelnde Patientencompliance auf.

In 59 Fällen, der 66 von Luxationsverletzungen betroffenen Zähne, wurde eine flexible Schienung durchgeführt. Sieben Fälle wurden auf Grund begleitender Alveolarfortsatzfrakturen, ebenso wie eine intraalveoläre Wurzelfraktur, der Indikation entsprechend, rigide geschient.

Die mittlere Immobilisationsdauer für die flexible Schiene lag, dem Therapieschema folgend, bei 25 Tagen, wobei die kürzeste Dauer sechs und die längste 70 Tage betrug. Konkussionen und Avulsionen wurden dabei etwa eine Woche, alle anderen Luxationsverletzungen etwa 3 Wochen geschient. Längere Schienungsperioden waren in allen Fällen Folge mangelnder Patientencompliance.

Für die rigide Schiene differierten Median (45 Tage) und Mittelwert (74 Tage). Die kürzeste Schienungsdauer waren 20, die längste 274 Tage. Der deutliche Unterschied zwischen Median und Mittelwert ist durch die geringe Fallzahl (8) und die ausgedehnte Immobilisationsperiode der intraalveolären Wurzelfraktur (274 Tage) zu erklären.

Die Schwierigkeit der Schieneneingliederung wurde subjektiv vom Behandler mittels einer Punktescala bewertet (S.24), wobei höhere Werte eine geringe Schwierigkeit anzeigten. Allen Schienungen wurden nur Werte zwischen 3 (mittel) und 5 (sehr einfach) zugeordnet. Die gemessenen Zeiten zum Anlegen der Schienen lagen für die flexible Variante bei durchschnittlich elf und für die rigide bei 18 Minuten. Diese Zeiten können nur Tendenzen wiedergeben, da sowohl das Ausmaß der Begleitverletzungen als auch die Ausdehnung der einzelnen Schienen unterschiedlich waren.

Verschiedene Kriterien, wie Tragekomfort, Hygienefähigkeit, Ästhetik und Schmerzhaftigkeit wurden von den Patienten bewertet. Alle Punkte wurden überwiegend mit „Sehr gut“ oder „Gut“ bewertet, „Genügend“ oder „Ungenügend“ wurde nicht angegeben. Die alleinige Vergabe der Gesamtnoten „Sehr gut“ (n= 20) und „Gut“ (n= 11) spiegeln die Patientenzufriedenheit deutlich wieder.

Die Nachuntersuchung erfolgte nach 1, 2, 4, 8, 26 und 52 Wochen. Es erfolgte eine Anamneseerhebung, klinische Untersuchung, Perkussions- und Sensibilitätsprobe, die Bestimmung des Klopfschalls sowie der Periotest[®]-Werte (ANDREASEN und ANDREASEN 1994, EBELESEDER und GLOCKNER 1998, VON ARX et al. 2000). Das Periotest[®]-Gerät (D`HOEDT et al.1985) besteht aus einem Handstück und der Steuerungselektronik. Mit Hilfe des im Handstück integrierten Stößels werden die Zähne im rechten Winkel und einem Abstand von 0,5 bis 2,5 mm definiert perkutiert. Das Gerät misst die Dämpfungseigenschaften des Zahnhalteapparates. Diese werden erfasst und durch einen entsprechenden Wert zwischen „-8“ und „+50“ wiedergegeben. Da eine breite biologische Schwankung der Werte für die einzelnen Zähne angegeben wird, ist die Feststellung der Werte unverletzter Nachbarzähne als Referenz angezeigt (D`HOEDT et al. 1985, FILIPPI et al. 2000 b). Durch die Anwendung des Periotest[®]-Verfahrens in der zahotraumatologischen Nachsorge und Verlaufskontrolle können pathologische Veränderungen im Bereich des Parodonts frühzeitig festgestellt werden, wobei die Bestimmung der Werte sowohl in horizontaler, als auch in vertikaler Dimension durchgeführt werden sollte (EBELESEDER und GLOCKNER 1999, FILIPPI et al. 2000 b).

Für die Beurteilung des Heilungsergebnisses nach einem Jahr erschien es sinnvoll, in Anlehnung an den bereits angewandten Ausgangsindex (FILIPPI et al. 2000 a) einen entsprechenden Heilungsindex (S.46) zu entwickeln. Hierfür wurden wiederum alle fünf Gewebe untersucht und entsprechend des Heilungsergebnisses mit einem Wert von „0“ bis „5“ bewertet. Aus den so gewonnen Werten konnte der Heilungsindex berechnet werden.

Bei der Betrachtung der errechneten Indexwerte zeigte sich eine Häufung im Bereich der höheren Bewertungen, was tendenziell für ein gutes Heilungsergebnis spricht. Wie bereits für den Ausgangsindex erfolgte die Einteilung der Zähne entsprechend ihrer Heilungsindexwerte in fünf Gruppen (S. 24). Die Gruppen eins und zwei, welche tendenziell Zähne mit einem schlechten Heilungsergebnis oder einer unsicheren Prognose repräsentierten, wurden mit insgesamt elf Prozent nur selten gefunden. Der Gruppe drei wurden 40% der Zähne sowie Gruppe vier und fünf insgesamt 49% zugeordnet. Dies bedeutet, dass 89% aller behandelten Zähne mit dentoalveolären Verletzungen nach einem Jahr mittlere bis sehr gute Heilungsergebnisse aufwiesen.

Wie für alle therapeutischen Maßnahmen ist auch in der Zahntraumatologie eine Vorhersagbarkeit des Heilungsergebnisses wünschenswert. Aus diesem Grund sollte

geprüft werden, ob der Ausgangsindex (FILIPPI et al. 2000 a) als praktikabler Prognoseindex geeignet ist. Hierzu wurden die Häufigkeitsverteilung der Gruppen von Ausgangs- und Heilungsindex verglichen, wobei sich zeigte, dass für den Heilungsindex eine Rechtsverschiebung zugunsten der höheren Werte gegenüber dem Ausgangsindex eingetreten war. Die Überprüfung der Gruppenzuordnung aller Zähne für Ausgangs- und Endzustand zeigte, dass in 52 Fällen eine Übereinstimmung vorlag. Eine Gruppenverschiebung war in 15 Fälle eingetreten. Für diese Zähne wurde analysiert, welche Gewebe durch ihre unterschiedliche Anfangs- und Endbewertung eine Gruppenverschiebung zwischen Ausgangs- und Heilungsindex bewirkt hatten. Deutlich trat dabei die Rubrik „Gingiva“ hervor, bei der es in drei Fällen zu einer Verschiebung in die nächst höhere und in fünf Fällen um zwei Gruppen nach oben kam. In der Rubrik „Parodont“ trat bei fünf Zähnen eine Verbesserung um eine Gruppe ein. Diese Resultate könnten als möglicher Korrekturbedarf bei der Bewertung des Ausgangszustandes in der Rubrik „Gingiva“ interpretiert werden, jedoch sollten zur Verifizierung dieser Hypothese weiterführende Untersuchungen mit größeren Patientenzahlen durchgeführt werden. Die Eignung des Ausgangsindex (FILIPPI et al. 2000 a) als prognostisches Mittel sollte jedoch nicht in Frage gestellt sein, da eine Übereinstimmung von 78% als ausreichend bewertet werden kann und die eingetretenen Gruppenverschiebungen (22%) fast ausschließlich hin zu besseren Heilungsergebnissen erfolgte. Allerdings ist zu bemerken, dass die gezeigten Aussagen nur für die beschriebenen Indikationen unter Verwendung der beiden Draht-Komposit-Schienen Gültigkeit besitzen.

Weiterhin deuten die gefundenen Heilungsergebnisse nach einem Jahr auf die Eignung des angewandten Therapieschemas sowie der untersuchten Draht-Komposit-Schienen zur Versorgung von Patienten mit dentoalveolären Verletzungen hin.

Eine einheitliche Bewertung von Patienten mit Zahntraumata durch den Ausgangs- und Heilungsindex könnte als Mittel zur Evaluierung unterschiedlicher Therapieprinzipien genutzt werden. So wäre es möglich, den Einfluss diverser Schienungsmethoden, bei Verwendung des gleichen Therapieschemas, zu untersuchen.

Da sich auf Grund der relativ geringen Fallzahlen bisher nur Tendenzen erkennen lassen, wird eine weiterführende breit angelegte prospektive Studie die Eignung der beiden Indices für das gesamte Spektrum traumatisch bedingter dentoalveolärer Verletzungen untersuchen.

5.4 Untersuchungen zur Integration der unterschiedlichen Schienungskonzepte in die studentischen Ausbildung

Wie bereits durch VAN WAES et al. (1987) beschrieben, wurde ab 1999 im Rahmen der studentischen Ausbildung des Faches „Traumatologie der Kiefer- Gesichtsregion“ an unserer Einrichtung ein Phantomkurs zum praktischen Erlernen verschiedener Schienungsmethoden eingeführt. Basierend auf Hinweisen in der Literatur erschien hierfür die Nutzung von Kunststoffmodellen- und zähnen sinnvoll (VAN WAES et al. 1987, OIKARINEN 1988, FILIPPI 2000). Die Studenten der Jahrgänge 1999 und 2000 beantworteten während dieses Kurses Fragen zur Anwenderfreundlichkeit, Praktikabilität und zum Zeitaufwand der drei geübten Schiegungsvarianten. Um einen statistischen Einfluss des möglicherweise eintretenden Übungseffektes auszuschließen, wurden die Studenten in sechs Gruppen, welche die unterschiedliche Reihenfolge der Schieneneingliederung festlegten, eingeteilt.

In Beantwortung der Fragen zu Anwenderfreundlichkeit und Praktikabilität der einzelnen Schienen wurden Bewertungspunkte zwischen „1“ (sehr schwierig) und „5“ (sehr einfach) vergeben. In allen Rubriken wurden die Draht-Komposit-Schienen mit deutlich höheren Punktzahlen als die freihändige Drahtbogenschiene bewertet ($p < 0,001$). Weiterhin wurden die Zeiten zum Eingliedern und Entfernen der Schienen bestimmt. Da alle Schienen die gleiche Ausdehnung aufwiesen, war ein direkter Vergleich dieser Zeiten möglich. Die Eingliederungszeiten für beide Draht-Komposit-Schienen unterschieden sich mit durchschnittlichen ca. 15 Minuten kaum ($p = 0,96$). Die Zeit für die freihändige Drahtbogenschiene differierte mit einem Durchschnitt von 42 Minuten deutlich ($p < 0,001$). Ein ähnliches Bild, jedoch mit kleineren Differenzen, ergab sich auch für die durchschnittlichen Zeiten zur Schienenentfernung.

Die qualitative Bewertung der studentischen Arbeiten mit einer Gesamtnote, welche nach definierten Kriterien durch drei Untersucher erfolgte, wies geringe Unterschiede zwischen der flexiblen (1,3) und der rigiden (1,7) Draht-Komposit-Schiene auf, dagegen deutliche Unterschiede für die freihändige Drahtbogenschiene mit einem Wert von 2,8.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Draht-Komposit-Schienung für Behandler, ohne oder mit geringer Erfahrung in der Versorgung von Zahntraumata, besser geeignet erscheint, da eine einfache Fixierung der Drähte unter Nutzung alltäglicher zahnärztlicher Materialien möglich ist. Jedoch sollte die freihändige Drahtschiene zur Behandlung von kombinierten Zahn- und Knochenverletzungen auch weiterhin gelehrt werden.