

PASCAL MENZEL
URS GEBAUER

Klinik für Kieferorthopädie,
Zahnmedizinische Kliniken
Universität Bern

Korrespondenzadresse

Dr. Pascal Menzel
Klinik für Kieferorthopädie
Zahnmedizinische Kliniken
Universität Bern
Freiburgstrasse 7
3010 Bern
Tel. 031 632 25 91
Fax 031 632 98 69
E-Mail: menzel@datacomm.ch
Schweiz Monatsschr Zahnmed 119:
339–344 (2009)
Zur Veröffentlichung angenommen:
17. November 2008

Kopfbewegungen während simulierten direkt digitalen Fernröntgenaufnahmen

Schlüsselwörter: Direkt digitale Bildgebung, Scanzeit, Kopfbewegungen, Fernröntgenaufnahme

Zusammenfassung Das Ziel dieser Studie war es, direkt digitale Fernröntgenaufnahmen zu simulieren und dabei die Kopfbewegungen von Probanden zu registrieren. Anlass zu dieser Studie gab die Schweizerische Invalidenversicherung IV, welche direkt digitale Fernröntgenbilder im Scanverfahren nicht zur Beurteilung akzeptiert. Grund dafür ist die benötigte Scanzeit von mehreren Sekunden, bei welcher schon leichte Kopfbewegungen zu einer Bewegungsunschärfe und zu einer Dislokation von Punkten führen können. Dadurch entsteht das Risiko für nicht wahrheitsgetreue Winkel. In einem Kephhalostaten wurden die Kopfbewegungen von Probanden über eine simulierte Scanzeit von bis zu 25 Sekunden mit einem umgebauten Sirognathographen aufgenommen. In einer zweiten Versuchsreihe wurde der zusätzliche Einsatz einer Kinnstütze

zur Verminderung der Kopfbewegungen untersucht. Die Resultate der ersten Versuchsreihe zeigten einerseits, dass mit zunehmender Scanzeit die Bewegungen vor allem in der Sagittalebene grösser werden, andererseits aber auch, dass schon zu Beginn der Aufnahme grösste Auslenkungen stattfinden können. Bei einer Scanzeit von 10 Sekunden beispielsweise betrug der Median der Bewegungsamplitude in der vertikalen Richtung bereits 2,14 mm. Die zweite Versuchsreihe zeigte dank dem zusätzlich stabilisierenden Element eine signifikante Abnahme der Kopfbewegungen in allen Dimensionen. Zur Minimierung der Wahrscheinlichkeit von Kopfbewegungen müssten die Scanzeiten drastisch reduziert und zusätzliche stabilisierende Elemente verwendet werden.

Einleitung

Digitale Röntgenbildsysteme haben in letzter Zeit auch in der zahnärztlichen Radiologie immer mehr an Bedeutung gewonnen, da sie bezüglich Strahlenbelastung, Bildgewinnung und Bildverarbeitung wesentliche Vorteile gegenüber der konventionellen Technik aufweisen. In einem Artikel werden die digitalen Röntgenbildsysteme gegenüber den herkömmlichen bildgebenden Verfahren verglichen (BRENNAN 2002). Mehrere Studien zeigen eine Reduktion der Strahlenbelastung zwischen 50 und 75% für den Patienten dank der höheren Empfindlichkeit der Sensoren, und dies bei gleich bleibender oder sogar verbesserter Bildqualität (SEIFERT ET AL. 1996, NASLUND ET AL. 1998, VISSER ET AL. 2001). Diese Reduktion der Dosis ist bei digitalen Fernröntgensystemen nicht so hoch wie bei den intraoralen digitalen Aufnahmen (90%), aber dennoch signifikant (BRENNAN 2002). Mithilfe von speziell entwickelter Soft-

ware ist die ganze Auswertung des digitalen Fernröntgenbildes zudem automatisiert. Dabei können standardisierte Punkte automatisch gesetzt und daraus Winkel und Strecken gemessen werden.

Bei den meisten direkt digitalen Fernröntengeräten wird der Kopf des Patienten von einer sich bewegenden, meist vertikalen, fächerförmigen Strahlenquelle von vorne nach hinten bestrahlt. Die Röntgenstrahlen treffen auf eine Phosphorschicht (Szintillator) auf, die Lichtquanten emittiert, welche dann von einem streifenförmigen vertikalen CCD-Sensor aufgenommen bzw. abgetastet werden. Bei diesem Verfahren handelt es sich um die sogenannte «Slottechnik», welche aber eine gewisse Scanzeit beansprucht. Seit kurzem gibt es zwei direkt digitale Fernröntengeräte mit der sogenannten «One-Shot-Technologie» (Kodak 8000C und Orangedental PaX-Uni3D), welche das Bild dank technischen Hilfsmitteln bzw. grösserem CCD-Sensor in ca. 1 Sekunde ohne Scanverfahren aufnehmen.

Tab.1 Direkt digitale Fernröntgeneräte und ihre Scanzeiten (Herstellerangaben, Stand 28.4.2008)

Hersteller	Modell	Scanzeit (s)
ORANGEDENTAL	PaX-Uni3D	0,9
KODAK	8000C Digital	1
SIRONA	Orthophos XG Plus Ceph	4,7–9,4
INSTRUMENTARIUM	Orthoceph OC 200D	5,0–20,0
MORITA	Veraviewpocs	6,2
INSTRUMENTARIUM	Orthoceph OC 100D	8,0–20,0
SIRONA	Orthophos XG 5 DS Ceph	9,4
GENDEX	Orthoralix 9200 DDE Ceph	10
PLANMECA	ProMax Ceph	10,0–17,0
SIRONA	Orthophos Plus Ceph	15,7
PLANMECA	ProLine XC	17,0–23,0

Ein Nachteil der direkt digitalen Fernröntgenapparate mit dem Scanverfahren betrifft insbesondere diese Scanzeit, welche, je nach Hersteller, von 5 bis etwas über 20 Sekunden variiert (Tab. 1). In dieser Zeit kann sich der Kopf des Patienten bewegen, was einerseits zu einer Bewegungsunschärfe und andererseits zu einer Verfälschung der Lagebeziehung von Referenzpunkten führen kann. Die Winkelwerte, welche von diesen Punkten definiert werden, entsprechen somit nicht zuverlässig genug der Realität. Problematisch ist dieses Phänomen für die allgemeine Diagnostik, für die Verlaufskontrolle mittels Fernröntgenüberlagerung während der kieferorthopädischen Behandlung, aber auch entscheidend für die Frage, ob eine kieferorthopädische Behandlung von der Schweizerischen Invalidenversicherung IV übernommen wird oder nicht. Diese benötigt zur Abgrenzung den ANB- und Kieferbasenwinkel gemessen auf dem Fernröntgenbild (SSO 2004). Bei verzerrten Fernröntgenbildern kann dies zu einem fehlerhaften Entscheid führen. Deshalb hat die Kommission für Versicherungsfragen der Schweizerischen Zahnärzte-Gesellschaft SSO und der Schweizerischen Gesellschaft für Kieferorthopädie SGK die Empfehlung an die IV weitergegeben, nur Aufnahmen von digitalen Fernröntgeneräten zu akzeptieren, welche im sog. «One-Shot»-Verfahren erstellt werden, weil deren Aufnahmezeiten im Bereich derjenigen herkömmlicher Fernröntgenapparate (ca. 1 Sekunde) sind (SSO 2007).

In verschiedenen Untersuchungen (COLLINS & DE LUCA 1995, DUARTE ET AL. 2000, PETERKA 2000, GRZEGORZEWSKI & KOWALCZYK 2001) wurde das Gleichgewichtsvermögen von stehenden Probanden unter normalen und unter veränderten Bedingungen studiert und dabei ein physiologisches Schwankungsmuster gezeigt. Das Ausmass der Schwankungen und deren Frequenz sind von verschiedenen Faktoren abhängig wie Standbreite, offene oder geschlossene Augen, Ermüdungszustand und Konzentrationsfähigkeit des Patienten. Bei einer direkt digitalen Aufnahme ist die Zeitspanne für die Bildgewinnung aufgrund der Scanzeit von bis zu 20 Sekunden wesentlich grösser als bei einer herkömmlichen Aufnahme (1 bis 2 Sekunden). Es wird angenommen, dass die Kopfbewegungen von Kindern und Jugendlichen bei zunehmender Scanzeit ebenfalls zunehmen und zu einer Bewegungsunschärfe und zu einer Verschiebung von darzustellenden Punkten führen können, so dass das Abbild nicht mehr dem Original entspricht.

Bis anhin sind die Kopfbewegungen bei Fernröntgenaufnahmen in keiner Studie untersucht worden. Ziel dieser Studie war es, Kopfbewegungen während einer simulierten digitalen Fern-

röntgenaufnahme im Scanverfahren in einem nachgebauten Kephalostaten zu registrieren. In einer zweiten Versuchsreihe wurde anschliessend ein zusätzliches stabilisierendes Element untersucht, mit welchem eine ruhigere Kopfhaltung angestrebt wurde.

Material und Methode

Die Probanden stammten aus der Klinik für Kieferorthopädie der Universität Bern. In einer ersten Versuchsreihe wurden je 100 männliche und weibliche zufällig ausgewählte Probanden zwischen 9 und 18 Jahren untersucht. Die zweite Versuchsphase umfasste weitere 64 Kinder und Jugendliche, davon waren 31 männliche und 33 weibliche Probanden. Anlässlich der regulären kieferorthopädischen Kontrollen wurden sie eingeladen, an der Untersuchung teilzunehmen. Sie wurden mit ihren Eltern über den Versuchsablauf informiert und insbesondere darüber, dass es sich lediglich um eine Simulation einer Röntgenaufnahme ohne Röntgenstrahlung handelte.

Zur Erfassung von Kopfbewegungen wurde ein im Dentalhandel erhältlicher Sirognathograph (Siemens AG, Bensheim, Deutschland) verwendet, welcher normalerweise der Registrierung von Unterkieferbewegungen dient. Der Sirognathograph wurde für diese Versuchszwecke leicht umgebaut, um gesamte Kopfbewegungen aufzunehmen: Die Lageveränderung eines von einem am Kinn befestigten Permanentmagneten aufgebauten Magnetfeldes registrierte das dazugehörige Antennensystem (Abb. 1). Die von den Probanden ausgeführten Bewegungen wurden mit einer Messfrequenz von 4 bis 5 pro Sekunde in den drei Dimensionen in Abhängigkeit der Zeit festgehalten. Damit der Sirognathograph nicht negativ beeinflusst wurde, hat man einen Kephalostaten aus nichtferromagnetischen Materialien nachgebaut, an dem das Antennensystem angebracht war (Abb. 2).

Sowohl die Versuchsanordnung als auch der Versuchsablauf waren sehr realitätsnah und entsprachen ziemlich genau einer direkt digitalen Fernröntgenaufnahme: Der Magnet wurde jeweils an der Mentolabialfalte in der Medianebene mit selbst-

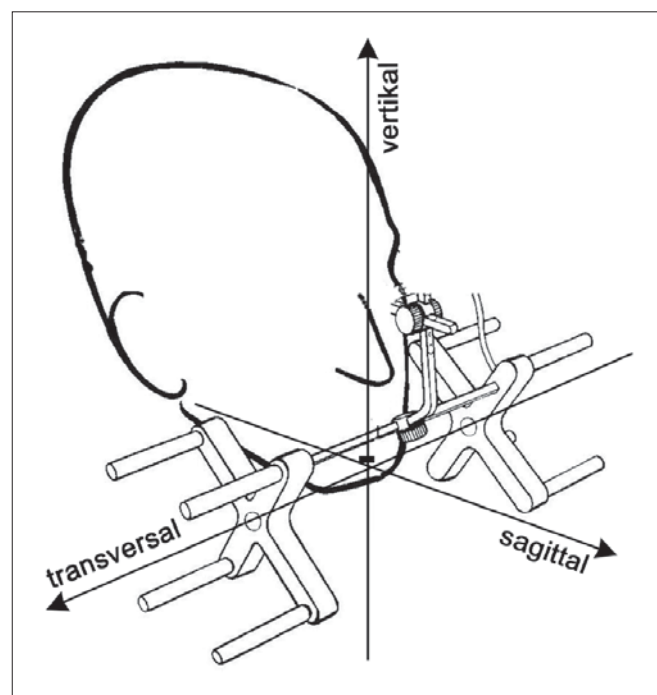


Abb. 1 Antennensystem des Siemens Sirognathographen in 3 Dimensionen



Abb. 2 Nachgebauter Kephalostat mit der Kinnstütze als zusätzliches stabilisierendes Element

klebendem Doppelkleber befestigt. Anschliessend wurde der Proband im nachgebauten Kephalostat mittels Ohroliven positioniert. In der zweiten Versuchsreihe wurde das Kinn des Probanden zusätzlich mit einer verstellbaren Kinnstütze aus Plexiglas stabilisiert. Zum Schluss wurde jeweils das Antennensystem des Sirognathographen noch kurz mit einer Positionierungshilfe so genau wie möglich adaptiert, so dass die Simulation starten konnte.

Von Interesse waren einerseits die Bewegungsrichtungen und andererseits der grösste Bewegungsumfang (sog. Bewegungsamplitude) in jeder Dimension. Aus der maximalen Scanzeit von 25 Sekunden konnte der Datensatz auf frei wählbare Scanzeiten (z. B. 1, 2, 5 und 10 Sekunden) reduziert werden. Die grössten positiven und negativen Auslenkungen jedes Probanden wurden dann in jeder Dimension innerhalb der gewählten Scanzeit festgehalten.

Resultate

Für jeden Probanden wurden innerhalb einer bestimmten Scanzeit für jede Dimension die Beträge der jeweils grössten positiven und negativen Auslenkung addiert. Daraus resultierte eine sog. Bewegungsamplitude pro Richtung innerhalb einer festgelegten Scanzeit (z. B. ergeben die Auslenkungen von +2,4 mm und -1,3 mm eine Bewegungsamplitude von 3,7 mm). Es handelte sich dabei nicht um die Summe aller Bewegungen, welche ein Proband ausgeführt hatte, denn es wurde lediglich die grösste positive und grösste negative Auslenkung berücksichtigt. Für jede Scanzeit wurden die Bewegungsamplituden richtungsgetreunt in aufsteigender Folge sortiert (Abb. 3) und aus dieser Reihe jeweils der Zentralwert (Median) ermittelt. Zudem wurden die Bewegungsamplituden der Probanden entsprechend den Scanzeit zu Gruppen zusammengefasst (Tab. II).

In der vertikalen Richtung erreichte ein Proband nach 2 Sekunden 8,5 mm und nach 5 Sekunden bereits 15,4 mm. In der transversalen Richtung betrug der Höchstwert nach einer Sekunde schon 6,0 mm, und in der antero-posterioren Richtung

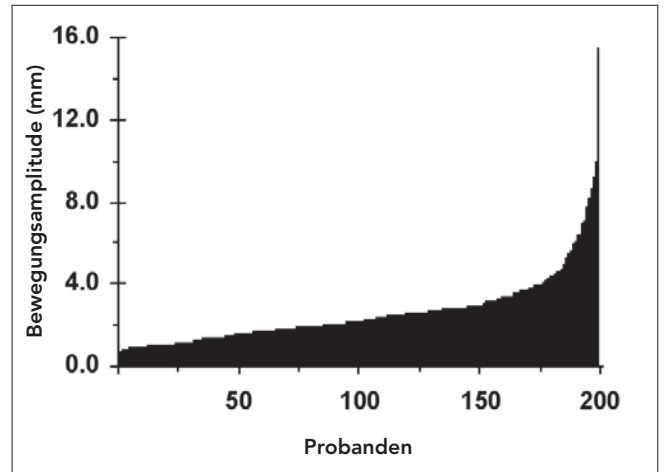


Abb. 3 Bewegungsamplituden in vertikaler Dimension (Scanzeit 10 s) ohne Kinnstütze

wurde innerhalb einer Scanzeit von 5 Sekunden eine Bewegung von 11,7 mm registriert.

In der zweiten Versuchsreihe lag der Extremwert nach einer Scanzeit von 5 Sekunden bei 7,7 mm in der vertikalen, 1,4 mm in der transversalen und 2,3 mm in der a-p-Richtung.

Diskussion

Zwei Untersuchungen (MARUYAMA ET AL. 1984, KAZAZOGLU 1994) haben bezüglich Genauigkeit des Sirognathographen gezeigt, dass bei Bewegungen innerhalb eines Radius von 15 mm die Verzerrungen 5,9–6,4% betragen. Für diese Art von Versuchen kann dies als akzeptabel bezeichnet werden, da die Kopfbewegungen diesen Radius von 15 mm nicht überschritten haben.

Die Probandengruppe und deren Altersverteilung widerspiegeln den Alltag der kieferorthopädischen Klinik. Obschon den Probanden jeweils gesagt wurde, sie sollen sich wie bei einer richtigen Fernröntgenaufnahme so ruhig wie möglich verhalten, fand man bei beiden Geschlechtern und in jeder Altersklasse ruhige bis sehr unruhige Vertreter. Es gibt lediglich eine Tendenz, welche zeigt, dass bei den jüngeren Probanden mehr Vertreter mit relativ hohen Bewegungsamplituden sind.

Die einzelnen grossen Auslenkungen bis zu 15,4 mm sind vielleicht aufgrund einer schlechten Fixierung des Kopfes oder des Magneten zurückzuführen oder sind tatsächlich unter normalen Bedingungen aufgetreten. Es kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass sich einige Kinder und Jugendliche bewusst etwas bewegt haben. Eine weitere Möglichkeit für Auslenkungen stellten reine Unterkieferbewegungen oder Weichteilbewegungen mit der Unterlippe dar. Obwohl den Probanden jedes Mal erklärt wurde, dass sie während dem ganzen Versuch normal zusammenbeissen sollten, sind Bewegungen des Unterkiefers oder der Unterlippe nicht auszuschliessen.

Der Kephalostat war realistisch nachgebaut worden. Die herstellereigentlichen stabilisierenden Elemente (Nasenstütze, frontale und/oder occipitale Kopfstütze etc.) wurden in der ersten Versuchsreihe bewusst nicht verwendet, um allgemeine Aussagen über Kopfbewegungen zu machen. In der vertikalen Richtung liess sich nämlich folgende Tendenz feststellen: Bei der Scanzeit von 10 und 25 Sekunden konnten doppelt so viele Werte gezählt werden, die unter -2,0 mm lagen als über +2,0 mm. Dies kommt höchstwahrscheinlich dadurch zustande, dass sich der Kopf aufgrund der Schwerkraft nach un-

Tab. II Bewegungsamplituden (200 Probanden ohne Kinnstütze und 64 Probanden mit Kinnstütze)

	ohne Kinnstütze					mit Kinnstütze				
vertikal	1 s	2 s	5 s	10 s	25 s	1 s	2 s	5 s	10 s	25 s
0,00–1,00 mm	168	120	49	17	1	64	62	54	43	18
1,01–2,00 mm	26	64	89	73	30	0	2	9	19	36
2,01–3,00 mm	3	10	41	62	54	0	0	0	1	9
3,01–4,00 mm	1	3	9	24	40	0	0	0	0	0
4,01–5,00 mm	2	1	6	10	29	0	0	0	0	0
>5,00 mm	0	2	6	14	46	0	0	1	1	1
transversal	1 s	2 s	5 s	10 s	25 s	1 s	2 s	5 s	10 s	25 s
0,00–1,00 mm	187	169	134	86	34	64	63	57	46	37
1,01–2,00 mm	11	28	57	96	107	0	1	7	18	26
2,01–3,00 mm	1	2	7	13	43	0	0	0	0	1
3,01–4,00 mm	0	0	1	4	14	0	0	0	0	0
4,01–5,00 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>5,00 mm	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0
sagittal	1 s	2 s	5 s	10 s	25 s	1 s	2 s	5 s	10 s	25 s
0,00–1,00 mm	192	162	92	46	12	63	62	58	44	25
1,01–2,00 mm	5	33	87	103	74	1	2	5	17	31
2,01–3,00 mm	1	2	13	33	62	0	0	1	3	8
3,01–4,00 mm	2	1	3	9	22	0	0	0	0	0
4,01–5,00 mm	0	1	2	4	13	0	0	0	0	0
>5,00 mm	0	1	3	5	17	0	0	0	0	0

ten bewegt. Als Folge dessen wurde die zweite Versuchsreihe mit der Kinnstütze als zusätzliches stabilisierendes Element durchgeführt. Dank dieser gab es mit zunehmender Scanzeit keinen Extremwert nach unten mehr, aber auch mit diesem zusätzlichen Hilfsmittel war ein sogenannter Ausreisser nach oben immer noch möglich. Dagegen dürfte die bei den meisten Fernröntgengeräten verwendete Nasenstütze Abhilfe schaffen.

Die Bewegungsamplituden wurden in der ersten Versuchsreihe bei zunehmender Scanzeit generell in allen Richtungen grösser. Dies ist von Bedeutung, weil die Scanzeiten der meisten zurzeit angebotenen direkt digitalen Fernröntgengeräte zwischen 5 und 20 Sekunden betragen. Es zeigte sich aber auch, dass bei einigen Probanden schon in den ersten beiden Sekunden sehr grosse Bewegungsamplituden vorkommen können und danach kaum mehr Bewegungen auftreten. Dies ist ebenfalls von Bedeutung, da diese Scanzeiten den Aufnahmezeiten der herkömmlichen Geräte und den beiden digitalen One-shot-Fernröntgengeräten entsprechen. Auch bei dieser relativ kurzen Aufnahmezeit kann es vorkommen, dass Fernröntgenbilder aufgrund von Bewegungsunschärfe an diagnostischem Wert verlieren und eventuell wiederholt werden müssen.

Mit steigender Scanzeit war die grösste Zunahme der Bewegungsamplitude in der vertikalen, die kleinste Zunahme in der transversalen Richtung zu finden (Abb. 4). In dieser waren die Bewegungen generell am kleinsten, weil der Kopf durch die Ohroliven starr fixiert wurde und diese kaum einen Bewegungsspielraum ermöglichten. Diese Auslenkungen kamen wahrscheinlich dadurch zustande, dass immer noch eine gewisse Resilienz im Bereich der Ohroliven vorhanden war. Die Auswirkungen der Kopfbewegungen in der transversalen Richtung spielen aber bezüglich Bewegungsunschärfe wahrscheinlich eine untergeordnete Rolle, da der Strahlengang beim Fernröntgenseitenbild ebenfalls in transversaler Richtung erfolgt. Die Bewegungen in

der Vertikalen und Sagittalen führen jedoch eher zu einer Bewegungsunschärfe und zu einer Verschiebung von Punkten auf dem Fernröntgenbild.

Die zweite Versuchsreihe mit der Kinnstütze als zusätzliches stabilisierendes Element brachte, wenn auch mit einer kleineren Versuchsgruppe, vor allem in der vertikalen Richtung, aber auch in den beiden anderen Dimensionen eine Reduktion der Kopfbewegungen und der Unterkieferbewegungen (Abb. 5). Die beiden Versuchsreihen wurden mit dem U-Test nach Mann und Whitney getestet, und es wurde gezeigt, dass bei allen Scanzeiten die Bewegungsamplituden in allen drei Richtungen, vor allem aber in der Sagittalebene reduziert werden konnten (**P=.001). Die Kopfbewegungen wurden in der zweiten Ver-

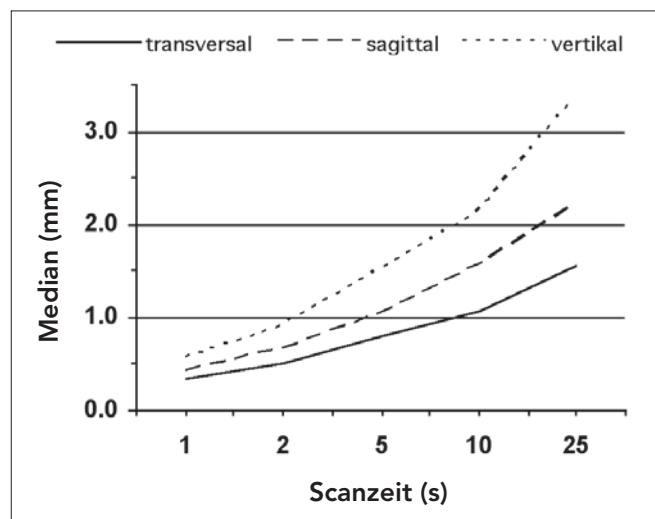


Abb. 4 Median der Bewegungsamplituden ohne Kinnstütze

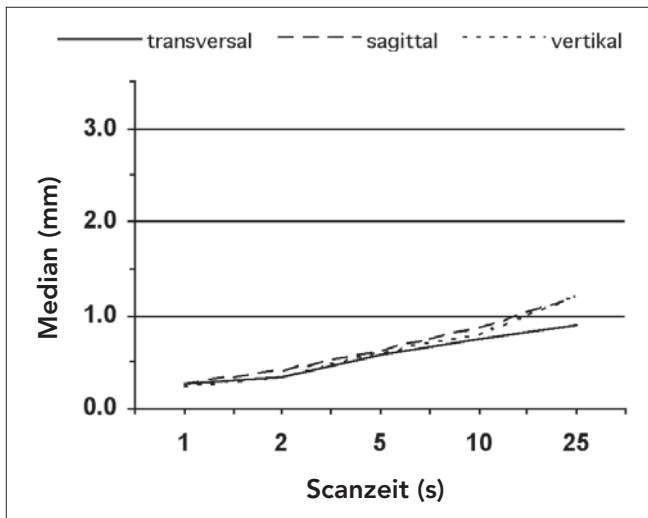


Abb. 5 Median der Bewegungsamplituden mit Kinnstütze

suchsreihe mit zunehmender Scanzeit in allen Dimensionen nur leicht grösser. Bei der Scanzeit von 10 Sekunden sind zwar alle Medianwerte unter 1,0 mm, trotzdem gibt es in der vertikalen und sagittalen Richtung noch einige Probanden mit hohen Bewegungsamplituden.

Das gesamte Ausmass der Bewegungen über die ganze Versuchsreihe wurde weder mit der Bestimmung der grössten positiven und negativen Auslenkung noch mit der Bewegungsamplitude eindeutig erfasst, da zwischen den Extremwerten noch weitere kleinere Kopfbewegungen stattfinden konnten. Das reelle Ausmass der Kopfbewegungen bei einem sehr unruhigen Probanden bei einer Scanzeit von 10 Sekunden kann in einer dreidimensionalen Darstellung (Abb. 6) gezeigt werden.

Die Probanden zeigten unterschiedliche Bewegungsmuster, welche zu verschiedenen Problemen führen können:

1. Aufgrund der bei den meisten direkt digitalen Fernröntgengeräten verwendeten Slottechnik ist es möglich, dass einer

der Punkte bei ruhiger Kopfstellung aufgenommen wurde. Schon bei einer einmaligen grösseren Kopfbewegung zwischen dem ersten und einem weiteren gescannten Streifen kann es zu einer Punkteverschiebung kommen.

2. Ständige und/oder zunehmende Bewegungen können zu einem unscharfen Bild führen, sodass auf dieser ungenauen Grundlage das Bestimmen von massgebenden Punkten schwierig und unpräzise wird.
3. Kombinationen von extremen Bewegungen und ständigen bzw. zunehmenden Bewegungen führen zu Verschiebung von Punkten und zu einem unscharfen Bild.

Die Konsequenzen sind mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht wahrheitsgetreu bestimmte Winkel und damit ein verminderter diagnostischer Wert.

Zur Reduzierung der Auswirkungen von Bewegungsartefakten verläuft der vertikale Streifen aus CCD-Sensoren richtigerweise in antero-posteriorer Richtung. Denn es gilt folgendes: Je näher die Punkte beieinander liegen, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie zusammen aufgenommen wurden und damit wahrheitsgetreu abgebildet sind. Das Risiko für Auslenkungen und das Ausmass der Kopfbewegungen kann aber vor allem durch die Reduktion der Scanzeit vermindert werden. Zudem kann das Hinzufügen einer Kinnstütze die Bewegungen in der Sagittalebene stark vermindern. Aber trotz deren Verwendung gab es nach 10 Sekunden Scanzeit immer noch Amplituden zwischen 1,0 und 2,0 mm. Die stabilisierenden Elemente der verschiedenen Hersteller dürften einen ähnlichen Effekt haben.

Schlussfolgerungen und Vorschläge

Die Aufnahmezeiten der direkt digitalen Fernröntgenapparate mit dem Scanverfahren sind bezüglich Risiko einer Bewegungsunschärfe und einer Verschiebung von Punkten zu lang, denn bei der Mehrzahl der simulierten direkt digitalen Fernröntgenaufnahmen bewegen Kinder und Jugendliche den Kopf umso mehr, je länger die Scanzeit ist. Eine Senkung der Scanzeit in

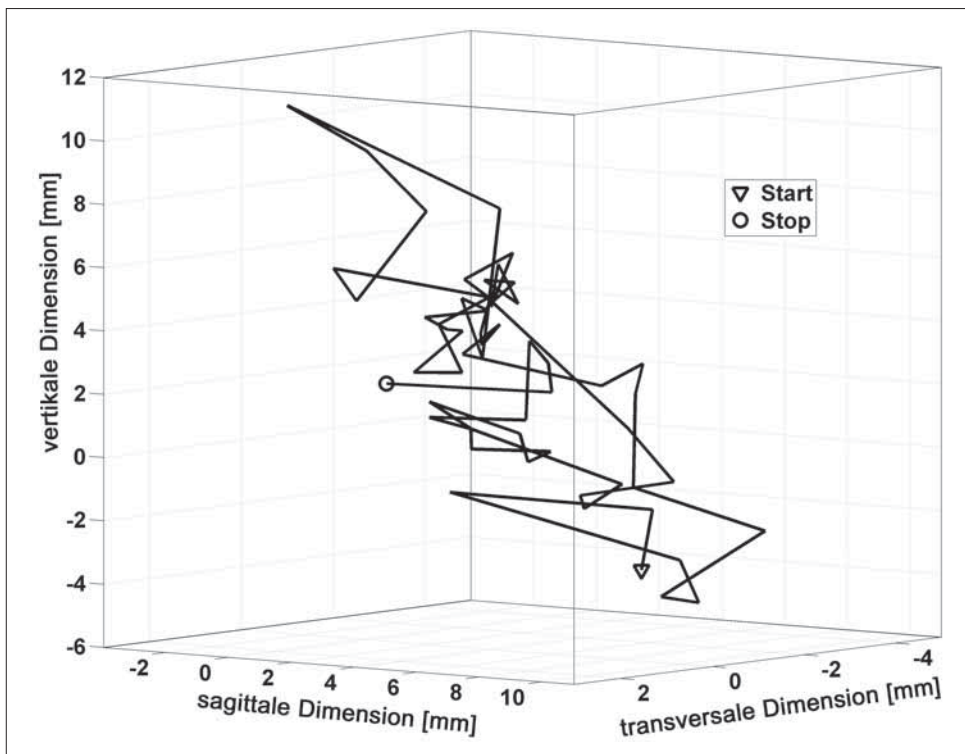


Abb. 6 Dreidimensionale Darstellung der Kopfbewegungen (Scanzeit 10 s) ohne Kinnstütze. (Proband mit der grössten Bewegungsamplitude in vertikaler Richtung)

den Bereich der herkömmlichen Fernröntengeräte (1 bis 2 Sekunden) wäre anzustreben, denn es gibt auch einige Probanden, welche schon zu Beginn oder in der Mitte des Scanvorgangs ihre grössten Kopfbewegungen haben und gegen Ende des Versuchs den Kopf ruhiger halten. Solange diese Reduktion der Scanzeit nicht gelungen ist, müssten stabilisierende Elemente (z.B. Kinnstütze) in Kombination mit der bereits verwendeten Nasenklemme in Betracht gezogen werden. Die genaue Positionierung des Patienten im Kephalostaten sowie eine sorgfältige Adaptation der stabilisierenden Elemente tragen dazu bei, Kopfbewegungen während einer Fernröntgenaufnahme zu vermindern.

Summary

MENZEL P, GEBAUER U: **Head movements during simulated direct digital cephalographic radiography** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 119: 339–344 (2009)

The aim of this study was to simulate direct-digital cephalometric procedures and to record the head movements of probands. This study was prompted by the Committee for Insurance Matters of the Swiss National Invalidity Insurance which does not accept scanned digital cephalometric radiographs as a basis for its decisions. The reason for this is the required scanning time of several seconds during which even slight head movements can lead to kinetic blurring and landmark displacement. Incorrect angular measurements may result. By means of a Sirognathograph and a cephalostat of non-ferromagnetic material, the head movements of a total of 264 subjects were recorded in three dimensions, with a scanning time of up to 25 seconds. In a second series, the influence of a chin support to reduce head movements was also tested. The results of the first series of tests showed that, with an increasing scan time, movements became greater, mostly in the sagittal plane, and that maximum displacements could occur already at the start of the recording. With a scan time of 10 seconds the median movement amplitude in the vertical dimension was 2.14 mm. The second series of tests revealed a

significant reduction in head movements in all dimensions owing to an additional stabilizing chin support. To minimize head movements, scanning times must be reduced and additional head stabilizing elements together with existing ones are necessary.

Résumé

Le but de cette étude était de simuler la prise d'une téléradiographie numérique directe et d'enregistrer les mouvements de la tête d'un total de 264 participants. Cette étude a été initiée par la commission des questions d'assurance de l'Assurance Invalidité Suisse, qui n'accepte pas la téléradiographie numérique directe pour l'évaluation des radiographies latérales, sauf si la radiographie a été obtenue de manière instantanée (one-shot). La raison est que le temps de balayage nécessaire est de plusieurs secondes, durant lesquelles des mouvements de la tête – même légers – peuvent provoquer un flou de l'image ou une dislocation de points. Il en résulte ainsi des angles non fiables. Les mouvements de la tête ont été enregistrés dans les trois dimensions pendant une durée de balayage allant jusqu'à 25 secondes et ceci au moyen d'un sirognathographe modifié dans un céphalostat reproduit. Une deuxième série d'expériences a étudié les amplitudes des mouvements verticaux de la tête qui ont pu être réduits grâce à l'adjonction d'un support mentonnier. Les résultats de la première série d'expériences ont montré qu'avec un temps de balayage augmenté, les mouvements – principalement dans le plan sagittal – sont plus importants, et que dès le début de l'enregistrement des déviations importantes peuvent se produire. Avec un temps de balayage de 10 secondes le médian de l'amplitude de mouvement dans la dimension verticale est déjà de 2,14 mm. La deuxième série de mesures a montré une diminution significative des mouvements de la tête dans toutes les dimensions grâce à l'élément stabilisateur supplémentaire. Pour minimiser l'éventualité de mouvements de la tête, le temps de balayage doit être raccourci et des éléments stabilisateurs supplémentaires doivent être utilisés.

Literatur

- BRENNAN J: An introduction to digital radiography in dentistry. *J Orthod* 29: 66–69 (2002)
- COLLINS J J, DE LUCA C J: Upright, correlated random walks: A statistical-biomechanics approach to the human postural control system. *Chaos* 5(1): 57–63 (1995)
- DUARTE M, HARVEY W, ZATSIORSKY V M: Stabilographic analysis of unconstrained standing. *Ergonomics* 43(11): 1824–1839 (2000)
- GRZEGORZEWSKI B, KOWALCZYK A: First-order statistics of human stabilogram. *Hum Mov Sci* 20(6): 853–866 (2001)
- KAZAZOGLU E, HEATH M R, FERMAN A M, DAVIS G R: Recording Mandibular Movement: Technical and clinical Limitations of the Sirognathograph. *J Orofacial Pain* 8: 165–177 (1994)
- MARUYAMA T, KUWABARA T, NAKAMURA Y, AKANISHI M, MIYAUCHI S, KURODA T: A new mandibular movement recording and analysing system composed of Sirognathograph and a personal computer and its clinical application. *J Osaka Univ Dent Sch* 24: 97–111 (1984)
- NASLUND E B, KRUGER M, PETERSSON A, HANSEN K: Analysis of low-dose digital lateral cephalometric radiographs. *Dentomaxillofac Radiol (England)* 27(3): 136–139 (1998)
- PETERKA R J: Postural control model interpretation of stabilogram diffusion analysis. *Biol Cybern* 82(4): 335–343 (2000)
- SEIFERT H, KUBALE R, HAGEN T, KRAMANN B, LEETZ H K: A study of dose reduction using digital luminescence radiography for lateral skull radiography. *Br J Radiol (England)* 69(820): 311–317 (1996)
- SSO: Anleitung für kephalometrische Abklärungen zu Händen der Schweizerischen Invalidenversicherung IV, Februar 2007 (www.sso.ch, Zugriff am 9. 10. 2008)
- SSO: Information für Zahnärztinnen und Zahnärzte betreffend Eidgenössische Invalidenversicherung IV, 23. 1. 2004 (www.sso.ch, Zugriff am 9. 10. 2008)
- VISSER H, RÖDIG T, HERMANN K P: Dose reduction by direct-digital cephalometric radiography. *Angle Orthod (United States)* 71(3): 159–163 (2001)