

Motion patterns in the cervical spine

Citation for published version (APA):

van Mameren, H. (1988). *Motion patterns in the cervical spine*. Rijksuniversiteit Limburg.

Document status and date:

Published: 01/01/1988

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary and conclusions

For many people the spine is a source of complaints. Beside low back pain, the painful cervical spine ("neck") is frequently the reason for reduced quality of life. Such disorders often lead to limited motion of the spine. Conversely, many attempts are made to use the degree of limited motion to objectify of the source of the complaints. Quantitative data on motion can play a role as a diagnostic criterion and as a touchstone for therapeutic effect.

This thesis focused on the cervical spine. Examination of motion of the cervical spine may comprise classic physical diagnosis of the locomotor system on the basis of a limited number of X-ray "function pictures" and through X-ray cinematography. Like the other techniques mentioned, X-ray cinematography was so far mainly used to obtain a qualitative impression of motion within the sagittal plane of the (bony) structures of the cervical spine and the head. Problems that make quantitative examination of motion difficult are on the one hand insufficient sharpness of the images on film (or video) to mark the contours accurately, and on the other hand the fact that there is such a large number of contours to be marked, that positioning of the contours is very time-consuming, which also increases the chance of incorrect marking. This adds to the chance of obtaining faults when calculating motion parameters.

We used a 105 mm. spot film camera (4 frames per second), conceived as X-ray cinematography, to register actual motion. The X-ray cinematographic and marking techniques used in this research allow the positions of the contours per image to be marked accurately enough.

Per image 40 positions are registered. Assuming that an X-ray film has an average of 40 images, this means that 1600 positions have to be registered per film. 58 films were made of ten persons examined by us. 92800

points have therefore been marked and fed into the computer. The method of calculating the positions developed by us, automatically corrects faults that are made during marking. Only a technique like the one we used allows registration of the positions of bony structures and calculation of motion parameters.

For the use of a registration and calculation technique in patient examination it is necessary to obtain reliable data within a reasonably short time. Our technique provides values of the motion parameters desired within approximately one hour. The technique served to determine a number of parameters of motion within the sagittal plane of the cervical spine and the head in ten persons free of complaints. Intraindividual and interindividual variability have been registered, in order to be able to examine which parameters could be suitable for objectifying the motion within the sagittal plane of the column. The following motion parameters of the actually performed motion have been determined: total and segmental range of motion, position of the segmental instantaneous centre of rotation, intrasegmental distortion, and order and direction of motion. The definition of such terms may depend on the method used to determine their parameters. This is why in this research a definition was given for each parameter. This definition differed sometimes from the ones formulated hitherto.

Parameters determinable with static X-ray as well as X-ray cinematography are:

Range of motion

Range of motion is usually defined as the difference in rotating position between two bony structures on X-rays of the extreme positions within the sagittal plane of the cervical spine and the head. We did not always find the maximum difference in rotating position between two bony structures on the X-rays of

the two extreme positions of the cervical spine (comparable to function pictures). This is why range of motion is defined here as the difference between the position on the image in which the two bony structures are in maximum retroflexion and the one on which they are in maximum anteflexion. These may therefore be positions on images between the extreme positions of the cervical spine. The values for range of motion determined this way show, as in literature, a large dispersion. It is therefore impossible to derive from this parameter "normal values" which can be used in practice. No data were known as to intraindividual variability of range of motion. The values in this research were determined at three moments of measurement. In the cranial and caudal part in particular, large intraindividual variability appears to exist as to segmental range of motion. For a given patient/test person no normal values or reference values for judging the course of a process or therapeutic effect, can be gathered.

Position of the segmental instantaneous centre of rotation

Thus far, this has been determined on the basis of a limited number of static positions of the cervical spine of the path of motion within the sagittal plane. For the position of this centre a large interindividual variability per segmental level is given. If the positions are determined on the basis of pictures of smaller paths within the entire path of motion, a compilation of centres in a large area arises: a polode cannot be constructed. This is caused by an unfavourable relation between the accuracy of marking contours on X-rays and the way in which the construction of such a centre takes place. This parameter was thus far not suitable for registering changes in segmental motion objectively.

The positions of the centres of rotation in this research have been determined on the basis of actual motion performed. Calculated between consecutive images, this also produces a compilation of centres which are far apart. That is why, also with our method of positioning, it is not possible to construct a

polode reproducible within acceptable limits. For this reason we determined per segment of each X-ray film the average of the positions of the instantaneous centres of rotation per segment, using as many non-consecutive images as possible. This average position can be reproduced easily. Within these ten test persons, a much smaller interindividual dispersion exists per segment than has been described up to now for the instantaneous centre of rotation determined on the basis of two extreme positions of the cervical spine. In addition, there is hardly any intraindividual dispersion. Further research is required to find out whether the position of the average instantaneous centre of rotation can be used as a standard for comparing positions found in a meaningful way.

Intrasegmental distortion

Another parameter used to register changes in motions, i.e. distortion of the intervertebral disc, has up to now only been determined quantitatively on the basis of function pictures. X-ray cinematography has shown that in segments in which the intervertebral disc is assumed abnormal, deviating motion takes place. These types of motions occur, however, also in the group of persons examined by us. The presence of such distortion of the intervertebral disc does therefore not necessarily indicate pathology within the disc.

We did determine in the persons examined by us that more gliding than tilting takes place in the cranial discs and that reverse occurs in the caudal segments. We also determined that normally the relation between tilting and gliding at the ventral side of the intervertebral disc does not differ much from the one in the adjacent segments. The major movements at the ventral side are found in segments (C4-C5) and (C5-C6). Considering the range of measurement error of the method used, no statements can be made about intraindividual variability. The absolute displacements, especially at the ventral side of the intervertebral discs show large interindividual dispersion.

Parameters only determinable with X-ray

cinematography are:

Sequences of contribution

Hardly any qualitative and no quantitative data were known on this subject.

A large number of phenomena of these sequences are identical for all persons examined. Both anteflexion and retroflexion between the maximum retroflexion position and "bending" anteflexion position of the cervical spine commence and end in the caudal part of the cervical spine. Motion never starts or ends in the mid-cervical part. Our research also shows that the sequence of segmental contributions in the cranial and caudal part of the cervical spine is constant. In addition, the sequence between contributions of the cranial part and the caudal part to motion of the entire cervical spine is constant. This also applies to the contribution of the mid-cervical part of the spine in relation to the caudal part. No constant sequence was found for contribution of segments within block (C2-C5) nor for the sequence between block (C0-C2) and block (C2-C4) within block (C0-C4). A model analysis explains the constant sequence of the contributions within the cranial part of the cervical spine.

Inversion

At the end of the "bending" anteflexion of the cervical spine, retroflexion always takes place in block (C0-C2). During retroflexion of the cervical spine, anteflexion within segment (C0-C1) always takes place during retroflexion contribution in segment (C1-C2). These motions in reversed direction are called inversion. This is a different phenomenon than the inversion within segment (C0-C1) which has been observed in the function pictures of part of the persons free of complaints. The inversion examined by us is a retrograde movement. Although the inversion determined by comparing two function pictures is based on this motion, it is defined statically. Inversion also occurs more often within the path between an "intermediate position" of the cervical spine and maximum

"bending" anteflexion, than only as the difference between the neutral and the final position. Inversion as it takes place during an actually performed motion within segments (C0-C1) and/or (C1-C2) can thus be overlooked on function pictures. Apart from that, inversion within the cranial part of the cervical spine during retroflexion is based on a different phenomenon than inversion during anteflexion of the cervical spine. This can be explained from a model of the cervical spine. Inversion can be considered as a normal phenomenon within the caudal part of the cervical spine as well. In that case it takes place in segment (C6-C7) and, although less often, in segment (C5-C6). If inversion occurs in the caudal part of the cervical spine, this takes place in the path between both contributions of this part in the direction of the movement.

Continuation of this research

1. Further modelling of motion of the cervical spine:

The model discussed, on the basis of which the orders of motion and the inversion possibility high in the cervical spine have been predicted, will have to be perfected. We expect that it is possible to derive the sequence mentioned for other regions as well. Sufficient information on the use of muscular tissue during the motions examined is one of the data that should be the basis of such modelling. This may be derived from electromyographic research. Furthermore, macroscopic anatomical research in the neck of the actual relations between muscular tissue, collagenous connective tissue around the bony structures and the bony structures themselves, should provide a more firm basis for such modelling than is possible with the data known up to now. We recommend the development of numerical models - besides mechanical ones - for the different elements of the cervical spine. A numerical model can then generate stronger hypotheses on aspects of motion of the cervical spine. These are subject to verification with the aid of the above-mentioned experimental techniques.

2. Objective verification of diagnosis of

physical-diagnostic segmental examination of motion within the cervical spine and assessment of therapy.

The technique discussed in this thesis allows parameters to be determined objectively and independent of the examiner/therapist. This may be done on the basis of "normal values" of the above-mentioned motion parameters in persons free of complaints and the information obtained on intraindividual and interindividual variability. It can be examined whether in patients with complaints about pain or limited motion of the cervical spine or complaints like "a feeling that motion is different" other values for the motion parameters mentioned occur.

The following is the background for the expectation that in patients with complaints of the neck other values will be found:

- Changes in soft tissue are accompanied by a change in transmission of tension and in distortion.

- Changes in the shape of the joint and/or the surface of the joint cartilage cause changed direction of movement or increased friction in the joints. These changes in shape are accompanied by complaints about pain.

- Pain in the region of a joint is accompanied by different use of that joint region within the cervical spine.

In addition, research can be done on whether these values are again identical to those in persons free of complaints, after treatment which has led to diminution of complaints.

Given the fact that range of motion within the cranial and caudal parts of the cervical spine produces inapt parameters, the following questions may constitute a basis for further examination in groups of patients with a certain pattern of complaints:

- Can determining the maximum displacement and the relation between tilting and gliding within an intervertebral disc compared to the values in the adjacent segments give a clue about the presence of an abnormal disc?

- * It may be expected that the ratio gliding : tilting is changed in case of disc pathology or altered position of the zygapophyseal

joints.

- Is determining the position of the mean of the instantaneous centre of rotation an appropriate parameter ?

- * The prediction is that the instantaneous center of rotation is to be found in other areas of the projection of the vertebral body when the intervertebral disc is lacerated or the facet joints are abnormal.

- Is the sequence of contribution of the segments within blocks and of blocks to the entire cervical spine during anteflexion and retroflexion motion a valuable parameter in diagnostics and/or evaluation of therapy in patients with complaints of the neck.

- * In case of pathology (articular surfaces or soft tissues) pain may be provoked during motion. This could lead to other sequences of segmental or block contributions to the motion of the cervical spine. Another consequence could be alterations in inversion behaviour. Inversion may be decreased or may occur in other parts of the path of motion or in other segments than normally observed.

One of the developments in modern medicine is the increasing prominence of obtaining quantitative data. These are a basis for objective diagnosis and provide the opportunity for quantification of the course of a process, and the influence of therapeutic measures on it. In addition, this type of "clinimetrics" is a condition for controlling the prognosis, especially as to prediction of the final level to be expected, or the remaining impairment or disability in patients. For a long time, chemical diagnosis has been expected to provide objective standards for comparing individual values in a meaningful way. Thus far, physical diagnosis, especially of the locomotor system, has been able to fulfil such expectations to a much lesser extent. A first requirement is the development of calibrated measuring equipment for obtaining valid data on relevant qualities. We hope that the method described here for defining a number of functional qualities dependent on the morphology of the cervical spine, contributes to the above-mentioned development.

Samenvatting en conclusies

De wervelkolom is voor vele mensen een bron van klachten. Naast lage-rugpijn is de pijnlijke halswervelkolom ("nek") zeer frequent oorzaak van een verminderde "quality of life". Dergelijke stoornissen leiden zeer frequent tot bewegingsbeperking in de wervelkolom. Omgekeerd wordt vaak gepoogd de mate van bewegingsbeperking als objectivering van de grond van de klachten te gebruiken. Kwantitatieve gegevens over de beweging kunnen een rol spelen als diagnostisch criterium en als toetssteen van therapeutisch effect.

In dit proefschrift is de aandacht gericht op de halswervelkolom. Het bewegingsonderzoek daarvan wordt o.a. ondernomen als klassieke fysische diagnostiek van het bewegingsapparaat, aan een beperkt aantal röntgenfoto's ("functie-foto's") en door middel van röntgencinematografie.

Evenals de andere genoemde technieken werd röntgencinematografie tot dusverre in hoofdzaak gebruikt om een kwalitatieve indruk te verkrijgen van het bewegen in het sagittale vlak van de (benige) structuren van de halswervelkolom en het hoofd. Tot de problemen, die kwantitatief onderzoek van het bewegen niet goed mogelijk maakt behoren, enerzijds onvoldoende scherpte van de beelden op film (of video) om de contouren nauwkeurig genoeg te markeren, anderzijds is de hoeveelheid te markeren contouren zo groot, dat de positie bepaling van de contouren zeer tijdrovend is, waardoor tevens de kans op onjuist markeren groot is. Hierdoor is de kans op fouten bij de berekening van bewegingsparameters groot.

In ons onderzoek gebruikten we een 105 mm. spot film camera (4 beelden per seconde), eveneens röntgencinematografie genoemd, om de werkelijk uitgevoerde beweging vast te leggen.

Met de röntgencinematografische en markeringstechniek die in dit onderzoek is gebruikt, is het wel mogelijk de posities van de contouren per filmbeeld voldoende nauw-

keurig te bepalen.

Per filmbeeld worden 40 punten ingenomen. Wanneer er van wordt uitgegaan dat een röntgenfilm gemiddeld 40 beelden bevat, houdt dit in dat per film 1600 punten moeten worden ingenomen. Van tien door ons onderzochte personen zijn 58 films vervaardigd. In dit onderzoek zijn dus 92800 punten gemarkeerd en in de computer ingevoerd. In de door ons ontwikkelde positie berekeningsmethode worden fouten bij het markeren automatisch gecorrigeerd. Alleen met een techniek, zoals door ons gebruikt is, is het vastleggen van de posities van de benige structuren en berekenen van bewegingsparameters mogelijk.

Voor gebruik van een registratie- en berekeningstechniek bij patiëntenonderzoek is het noodzakelijk dat men in een redelijk korte tijd over betrouwbare gegevens beschikt. Met onze techniek heeft men inderdaad binnen ongeveer één uur de beschikking over de waarden van de gewenste bewegingsparameters.

Met de techniek is een aantal parameters van de beweging in het sagittale vlak van de halswervelkolom en het hoofd van tien klachtenvrije personen bepaald. De intra- en interindividuele variabiliteit is vastgelegd, om te onderzoeken welke parameters geschikt zouden kunnen zijn om de beweging in het sagittale vlak van de kolom te objectiveren.

Als bewegingsparameters van de werkelijk uitgevoerde beweging zijn bepaald: totale en segmentale bewegingsomvang, de positie van de segmentale rotaties, de intrasegmentale vervorming en de bewegingsvolgorde en richting. De definitie van dergelijke begrippen kan afhangen van de methode die gebruikt is om ze te parametriseren. Daarom wordt van elke parameter in dit onderzoek een definitie gegeven, deze wijkt soms af van de tot dusver geformuleerde bepalingen.

Parameters welke met statische röntgenfoto's en met röntgencinematografie te bepalen zijn:

De bewegingsomvang

De bewegingsomvang wordt doorgaans gedefinieerd als het verschil in rotatiestand tussen twee benige structuren op röntgenfoto's van de extreme posities in het sagittale vlak van de halswervelkolom en het hoofd. Het maximale verschil in rotatiestand tussen twee benige structuren wordt door ons niet altijd gevonden op de röntgenbeelden van de twee extreme standen van de halswervelkolom (vergelijkbaar met functiefoto's). Daarom wordt hier bewegingsomvang gedefinieerd als het verschil tussen de stand op het filmbeeld waarop de twee benige structuren het meest in retroflexie staan en die stand waarop ze het meest in anteflexie staan. Dit kunnen dus standen op filmbeelden tussen de extreme posities van de halswervelkolom zijn. De aldus bepaalde waarden voor de bewegingsomvang tonen, evenals die uit de literatuur, een grote spreiding. Het is derhalve onmogelijk om aan deze parameter in de praktijk bruikbare "normaalwaarden" te ontfenen.

M.b.t. de intraindividuele variabiliteit van de bewegingsomvang waren geen gegevens bekend. In dit onderzoek zijn de waarden bepaald op drie meetmomenten. Er blijkt met name in het craniale en het caudale deel een grote intraindividuele variabiliteit te bestaan m.b.t. de segmentale bewegingsomvang. Ook voor een gegeven patient/proefpersoon zijn dus geen normaalwaarden, respectievelijk uitgangswaarden ter beoordeling van het beloop van een proces of een therapeutisch effect, te destilleren.

De positie van de segmentale rotatieas

Deze wordt tot nu toe bepaald aan een beperkt aantal statische posities van de halswervelkolom van het bewegingstraject in het sagittale vlak. Voor de positie van deze as wordt een grote interindividuele variabiliteit per segmentaal niveau opgegeven. Er ontstaat een verzameling van assen die in een groot gebied liggen wanneer deze aan foto's van kleinere trajecten binnen het gehele be-

wegingstraject wordt bepaald; een polode is niet te construeren. Dit wordt veroorzaakt door een ongunstige verhouding tussen de nauwkeurigheid waarmee de contouren op röntgenfoto's tot nu toe kunnen worden gemarkeerd en de wijze waarop constructie van een dergelijke as plaatsvindt. Deze parameter is tot nu toe dan ook ongeschikt om veranderingen in het bewegen objectief vast te leggen.

In ons onderzoek zijn de posities van de assen van beweging bepaald van de werkelijk uitgevoerde beweging. Tussen aansluitende beelden uitgerekend, levert dit ook een verzameling ver uit elkaar liggende assen op. Daarom is het ook met onze methode van innemen niet mogelijk een, binnen aanvaardbare grenzen reproduceerbare, polode te construeren. Om deze reden is door ons per segment van elke röntgenfilm het gemiddelde bepaald van de posities van assen van rotatie per segment gebruikmakend van zoveel mogelijk niet aansluitende filmbeelden. Deze "gemiddelde" positie is wel goed reproduceerbaar. Voor deze "gemiddelde" positie geldt ook dat bij deze tien proefpersonen, per segment, een veel kleinere interindividuele spreiding bestaat dan tot nu toe beschreven is voor de as van rotatie bepaald aan twee extreme posities van de halswervelkolom. Bovendien is er nauwelijks enige intraindividuele spreiding. Nader onderzoek is vereist om na te gaan of de ligging van de gemiddelde as van rotatie toegepast kan worden als norm waarmee gevonden posities zinvol kunnen worden vergeleken.

Intrasegmentale vervorming

Een andere parameter die gebruikt kan worden om veranderingen in het bewegen te registreren, de vervorming van de discus intervertebralis, is tot nu toe alleen kwantitatief bepaald aan functiefoto's. Röntgencinematografisch is waargenomen dat in segmenten, waarvan wordt verondersteld dat de discus intervertebralis niet normaal is, afwijkend wordt bewogen. In de door ons onderzochte groep personen komen deze vormen van bewegen echter ook voor. De aanwezigheid

van een dergelijke vervorming van de discus intervertebralis hoeft dus niet op pathologie in de discus te wijzen. In de door ons onderzochte personen is **wel** vastgesteld dat in de craniale disci meer gegleden wordt dan gekanteld en dat dit in de caudale segmenten andersom is. Tevens is vastgesteld dat normaliter de verhouding tussen kantelen en glijden aan de ventrale zijde van de discus intervertebralis niet veel van die in de aansluitende segmenten verschilt. De grootste verplaatsingen aan de ventrale zijde worden gevonden in de segmenten (C4-C5) en (C5-C6). Gezien de foutenmarge van de gebruikte methode zijn geen uitspraken te doen over de intraindividuele variabiliteit. De absolute verplaatsingen, vooral aan de ventrale zijde van de disci intervertebrales tonen een grote interindividuele spreiding.

Parameters welke alleen met röntgencine-matografie te bepalen zijn:

De volgorde van bijdragen

Hierover zijn tot nu toe nauwelijks kwalitatieve en geen kwantitatieve gegevens bekend. Een groot aantal fenomenen van deze volgorden zijn voor alle onderzochte personen gelijk.

Zowel een anteflexie als een retroflexie tussen de maximale retroflexiepositie en "bending" anteflexiepositie van de halswervelkolom wordt gestart en afgesloten in het caudale deel van de halswervelkolom. De beweging wordt nimmer gestart of afgesloten in het mid-cervicale deel.

In ons onderzoek is tevens gebleken dat de volgorde van segmentale bijdragen in het craniale en het caudale deel van de halswervelkolom constant is. Tevens is de volgorde tussen de bijdragen van het craniale deel en het caudale deel aan de beweging van de gehele halswervelkolom constant. Dit geldt ook voor de bijdrage van het mid-cervicale deel van de kolom t.o.v. het caudale deel. Er is **geen** constante volgorde gevonden waarin de segmenten bijdragen in het blok (C2-C5) evenals voor de volgorde tussen het blok (C0-C2) en het blok (C2-C4). Uit een modelana-

lyse is de constante volgorde van de bijdragen in het craniale deel van de halswervelkolom verklaarbaar.

Inversie

Aan het einde van de "bending" anteflexie van de halswervelkolom vindt altijd in het blok (C0-C2) retroflexie plaats. Tijdens een retroflexie van de halswervelkolom vindt tijdens de retroflexiebijdrage in het segment (C1-C2) altijd anteflexie in het segment (C0-C1) plaats. Deze bewegingen worden door ons inversie genoemd. Dit is een ander fenomeen dan de inversie in het segment (C0-C1) die bij een deel van de klachtenvrije personen op functiefoto's is waargenomen. De door ons bestudeerde inversie is een retrograde beweging; de inversie die wordt bepaald door de vergelijking van twee functiefoto's berust weliswaar op deze beweging, maar is statisch gedefinieerd. De beweging treedt ook in het traject tussen een "middenstand" van de halswervelkolom en een maximale "bending" anteflexie veel vaker op dan hij aan de eindstanden nog gevonden kan worden.

Op functiefoto's kan inversie, zoals deze tijdens een werkelijk uitgevoerde beweging plaatsvindt, in het segment (C0-C1) en/of in het segment (C1-C2) gemist worden.

Overigens berust inversie in het craniale deel van de halswervelkolom tijdens retroflexie op een ander fenomeen dan inversie tijdens anteflexie van de halswervelkolom. Uit een model van de halswervelkolom is dit verklaarbaar.

Ook in het caudale deel van de halswervelkolom kan inversie als een normaal verschijnsel worden beschouwd. Het vindt dan plaats in het segment (C6-C7) en, alhoewel minder vaak, in het segment (C5-C6). Indien in het caudale deel van de halswervelkolom inversie optreedt vindt dit plaats in het traject tussen de beide bijdragen van dit deel in de richting van de beweging.

Voortzetting van het onderzoek

1. Verdere modelvorming van het bewegen van de halswervelkolom:

Het besproken model waarvan volgorden van bewegen en de mogelijkheid tot inversie hoog in de halswervelkolom zijn afgeleid, zal moeten worden vervolmaakt. Het is onze verwachting dat het ook mogelijk is om voor de andere regionen genoemde volgorden te voorspellen. Tot de gegevens die aan dergelijke modelvorming ten grondslag zullen moeten liggen behoort voldoende informatie over het gebruik van spierweefsel tijdens de onderzochte bewegingen. Dit kan mogelijk worden ontleend aan electromyografische onderzoek. Daarnaast zal macroscopisch anatomisch onderzoek in de nek van de werkelijke verhoudingen tussen spierweefsel, collageen bindweefsel rond de benige structuren en die benige structuren zelf, een steviger basis voor dergelijke modelvorming moeten geven dan met de tot nu toe bekende gegevens mogelijk is.

Het verdient aanbeveling om, naast een mechanisch model, numerieke modellen voor verscheidene elementen van de halswervelkolom te ontwikkelen. Een numeriek model kan dan scherpere hypothesen genereren over aspecten van de beweeglijkheid van de halswervelkolom. Deze zijn onderhevig aan verificatie met behulp van de bovengenoemde experimentele technieken.

2. Objectieve verificatie van diagnostiek van fysisch-diagnostisch segmentaal bewegingsonderzoek in de halswervelkolom en therapie-evaluatie.

De techniek die in dit proefschrift wordt besproken, levert de mogelijkheid een aantal parameters objectief, onafhankelijk van de onderzoeker/behandelaar, te bepalen. Dit kan plaatsvinden aan de hand van de "normaalwaarden" van de hiervoor genoemde bewegingsparameters bij klachtenvrije personen en de verkregen informatie over intralen interindividuele variabiliteit. Onderzocht kan worden of bij patiënten met pijnklachten of klachten van bewegingsbeperking van de halswervelkolom c.q. klachten in de zin van

"een gevoel dat anders bewogen wordt" andere waarden voor de genoemde bewegingsparameters voorkomen.

Achtergrond voor de verwachting dat bij patiënten met neklachten andere waarden zullen worden gevonden zijn:

- Veranderingen in weke delen gaan gepaard met een verandering in spanningsdoorleiding c.q. vervorming.

- Veranderingen in de gewrichtsvlakkvorm en/of het gewrichtskraakbeenoppervlak veroorzaken wijziging van bewegingsrichting c.q. toename van wrijving in de gewrichten. Deze vormveranderingen gaan met pijnklachten gepaard.

- Pijn in de regio van een gewricht gaat gepaard met een ander gebruik van die gewrichtsregio in de keten halswervelkolom.

Tevens kan onderzocht worden of na een behandeling die tot vermindering van de klachten leidde, deze waarden dan weer gelijk zijn aan die bij de klachtenvrije personen.

Gegeven dat de bewegingsomvang in de craniale en caudale delen van de halswervelkolom ongeschikte parameters oplevert, kunnen de volgende vragen een basis zijn voor verder onderzoek in groepen patiënten met een bepaald klachtenpatroon:

- Kan het bepalen van de maximale verplaatsing en de verhouding tussen kantelen en glijden in een discus intervertebralis t.o.v. van de waarden in de aansluitende segmenten aanwijzingen geven over de aanwezigheid van een niet-normale discus ?

- * Verondersteld kan worden dat de ratio glijden : kantelen verandert bij discus-pathologie of bij veranderde stand van de facetgewrichten.

- Is het bepalen van de positie van de gemiddelde as van rotatie wel een geschikte parameter ?

- * De verwachting is dat de gemiddelde as van rotatie in andere gebieden van de projectie van het wervellichaam terecht komt bij een discus-lesie of bij abnormale facetgewrichten.

- Is de volgorde van bijdragen van de segmenten binnen blokken en van blokken aan de gehele halswervelkolom tijdens een ante-

flexie en een retroflexie beweging een waardevolle parameter bij diagnostiek en/of therapie-evaluatie van patienten met klachten van de nek ?

* In geval van pathologie (gewrichtsvlakken of weke delen) kan pijn ontstaan tijdens het bewegen. Dit kan tot andere blok- of segmentale bewegingsvolgorden of inversie-gedrag leiden. Inversie kan afwezig of verminderd zijn of in andere bewegings-trajecten of andere segmenten optreden.

Een der ontwikkelingen in de moderne geneeskunde is dat het verkrijgen van kwantitatieve gegevens meer en meer op de voorgrond komt. Deze vormen een basis voor een geobjectiveerde diagnostiek en leveren de mogelijkheid het beloop van een proces, en de invloed van therapeutische maatregelen daarop, te kwantificeren. Bovendien is deze "clinimetrie" een voorwaarde om de prognos-

tiek met name ook in de voorspelling van het te verwachten eindniveau, respectievelijk de resterende stoornis of beperking, bij patienten te beheersen. Van de chemische diagnostiek wordt reeds lang verwacht dat die objectieve standaarden levert waarmee individuele waarden op zinvolle wijze kunnen worden vergeleken. De fysische diagnostiek, met name van het bewegingsapparaat, is tot dusver in veel geringere mate in staat aan dergelijke verwachtingen te voldoen. Een eerste vereiste is de ontwikkeling van geïjkt meetgerei, waarmee valide gegevens over relevante eigenschappen kunnen worden verkregen. Het is onze hoop dat de hier beschreven methode om een aantal functionele eigenschappen in afhankelijkheid van de morfologie van de halswervelkolom te beschrijven, een bijdrage aan bovenbedoelde ontwikkeling zal blijken.