

Kauwspieren

P.H. van Spronsen

Deel V. Geometrie van de kauwspieren en schedelmorfologie

Samenvatting. Onderzoek naar de relatie tussen de functie van het kauwstelsel en de grote variatie in de gelaatshoogte heeft een nieuwe impuls gekregen door het beschikbaar komen van beeldvormende technieken zoals computertomografie en Magnetic Resonance Imaging (MRI). Deze technieken maken *in vivo*-onderzoek naar de grootte en de positie van de kauwspieren mogelijk. Met behulp van MRI is recentelijk vastgesteld dat de grootte van kauwspieren van individuen met een excessief lang aangezicht tot 30% kleiner is dan die van normale individuen. Normale en long-face-individuen hebben daarentegen een vrijwel identieke kauwspieroriëntatie. Het is bekend dat de maximale bijtkracht van long-face-individuen ongeveer de helft bedraagt van die van normale individuen. De verschillen in spiergrootte tussen beide groepen kunnen deze observatie slechts ten dele verklaren. De kauwspieren van long-face en normale individuen genereren waarschijnlijk een verschillende kracht per eenheid van spierdwarsdoorsnede, hetgeen mogelijk duidt op een verschil in spiervezelsamenstelling.

SPRONSEN PH VAN. Kauwspieren. Deel V. Geometrie van de kauwspieren en schedelmorfologie. Ned Tijdschr Tandheelkd 1997; 104: 373-6.

Uit de vakgroep Orthodontie van het Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA).

Trefwoorden:
Kauwspieren – Schedelmorfologie – Long-face-syndroom

Datum van acceptatie: 16 juni 1997.

Adres: Dr. P.H. van Spronsen,
ACTA, Louwesweg 1,
1066 EA Amsterdam.

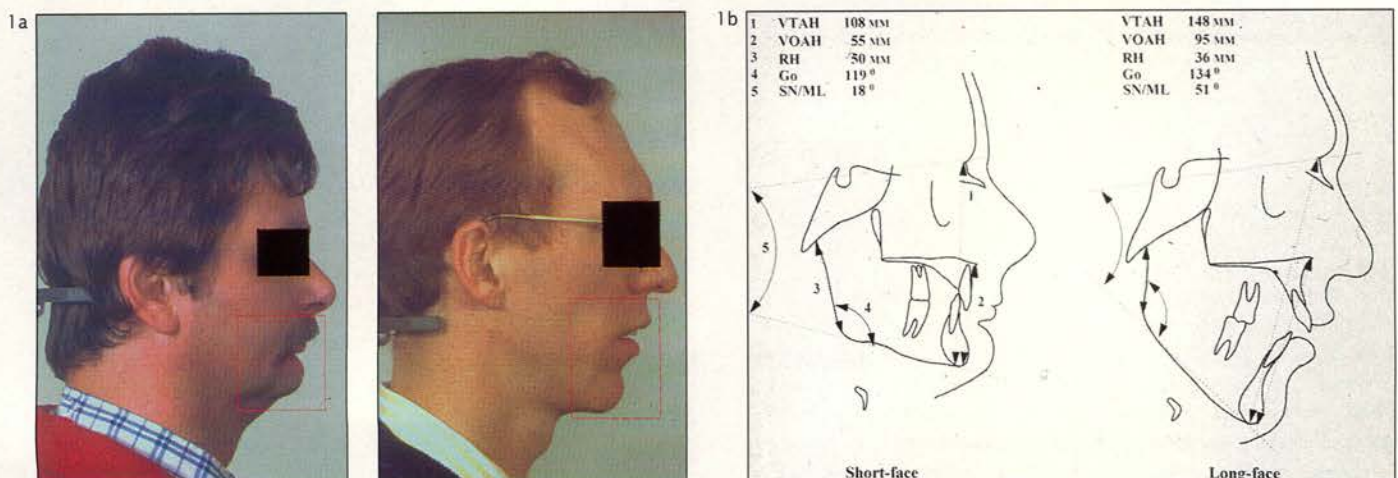
1 Inleiding

Als tijdens de groei en de ontwikkeling van het craniofaciale complex de coördinatie tussen de zich ontwikkelende schedelcomponenten (zoals bot en kraakbeen) en de 'zachte' weefsels (zoals onder andere hersen- en spierweefsel) tekortschiet, kan een afwijkend groeipatroon optreden. Algemeen wordt aangenomen dat de kauwspieren een belangrijke rol vervullen in de craniofaciale groei. Tot op heden is het echter onduidelijk of de functie van de kauwspieren bepalend is voor de vorm van de schedel of *vice versa*. De krachten die de kauwspieren tijdens de groei op de schedel uitoefenen zijn niet alleen afhankelijk van de spiergrootte, weergegeven door de fysiologische dwarsdoorsnede, maar ook van de richting en de positie van de spieren ten opzichte van het kaakgewricht en van de intrinsieke eigenschappen van het spierweefsel.

2 Variatie in verticale schedeldimensies

De morfologie van het craniofaciale complex wordt gekenmerkt door een grote variatie in vooral de verticale dimensies.

Afb. 1. Profielopnamen (A) en tracings van laterale schedelfoto's (B) van een short-face (links) en een long-face (rechts). De morfologische verschillen tussen long-face en short-face morfologie zijn vooral aanwezig onder het spinavlak en hangen sterk samen met de morfologie van de mandibula. VTAH = voorste totale aangezichtshoogte; VOAH = voorste onderste aangezichtshoogte; RH = hoogte ramus mandibulae; Go = gonionhoek; SN/ML = mandibulaire lijn.



droom lager te zijn.⁴ Op grond van het bovenstaande wordt verondersteld dat de kauwspieren van personen met het long-face-syndroom relatief zwak zijn. Wetenschappelijk onderzoek naar het kauwstelsel van long-face-personen is zinvol omdat zowel orthodontische als gecombineerde orthodontisch-chirurgische behandelingen van deze groep patiënten vaak moeizaam verlopen en veelal een teleurstellende stabiliteit vertonen.

3 Etiologie

In een simpel statisch model van de menselijke schedel heeft Brodie beschreven hoe de balans van het craniofaciale complex op de wervelkolom wordt gehandhaafd door de activiteit van diverse spiergroepen zoals de pre- en postvertebrale spieren, de kaaksluiters en de supra- en infrahyoïdale spieren.⁵ Harmonieuze craniofaciale groei is alleen dan mogelijk als de groei en de ontwikkeling van zowel de spiergroepen als van de diverse schedelcomponenten gecoördineerd verloopt. Volgens dit model zou het short-face-syndroom kunnen ontstaan indien er bijvoorbeeld sprake is van relatief sterke kaaksluiters, die de groei van het gelaat in verticale richting belemmeren (afb. 2). Omgekeerd zal dan bij personen met zwakke kaaksluiters of met sterke kaakopeners een relatief lang gelaat kunnen ontstaan.

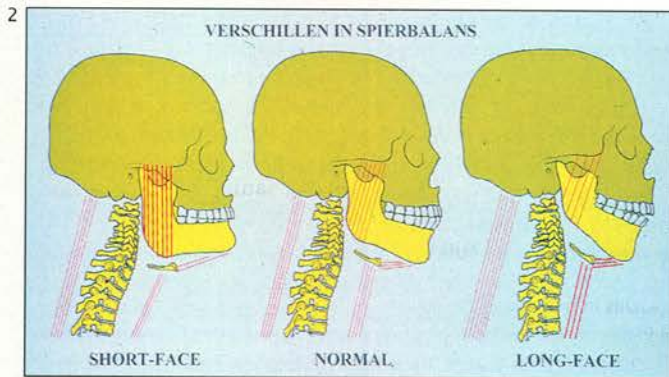
Een meer dynamisch concept over het ontstaan van het long-face-syndroom is beschreven in de 'soft tissue stretching theory' van Solow en Kreiborg.⁶ In deze theorie wordt een relatie gelegd tussen obstructie van de ademweg en de positie van het hoofd op de cervicale wervelkolom. Door een wijziging in de activiteit van diverse spiergroepen treedt extensie van het hoofd op, waardoor een adequate ademweg wordt

gehandhaafd. Bij dit proces worden door passieve rekking ('stretching') van kauwspieren, mimische spieren en huidweefsel krachten overgebracht op het periost en de onderliggende skeletale weefsels. Bij een langdurige obstructie van de ademweg zal uiteindelijk 'remodelling' van het botweefsel en dus een verandering in schedelmorfologie kunnen optreden.

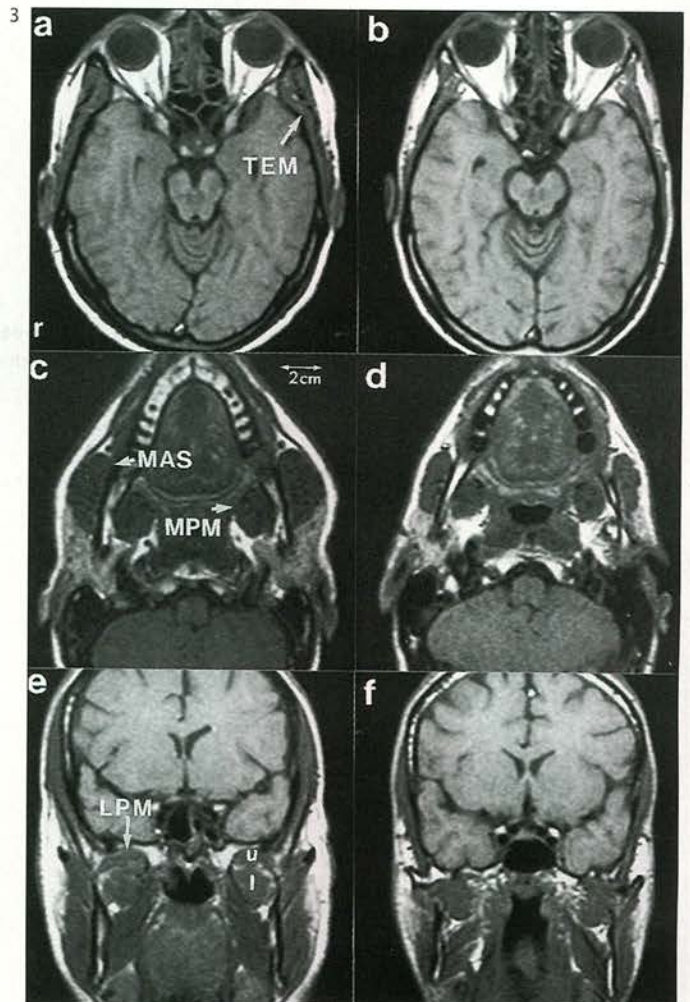
De geringere kracht die de kauwspieren van personen met het long-face-syndroom zouden kunnen genereren, kan duiden op kleinere spieren,³ maar ook op een in biomechanisch opzicht minder gunstige positie van de spieren ten opzichte van het kaakgewricht.⁷ Immers, een spier waarvan de werklijn ten opzichte van het occlusievlak schuin verloopt en tevens dicht bij het kaakgewricht is gesitueerd, zal bij een gelijke contractiekracht een kleinere bijkracht genereren dan een spier met een verticaal verlopende werklijn die verder van de gewricht verwijderd is en dus een grotere momentarm heeft (zie deel III in deze serie).⁸ De geringere sterkte van de kauwspieren bij het long-face-syndroom kan ook verband houden met een geringere intrinsieke spiersterkte, bijvoorbeeld door een andere spiervezelsamenstelling (zie deel II in deze serie).⁹ Er bestaan namelijk aanwijzingen dat de kauwspieren van individuen met het long-face-syndroom een relatief hoog percentage type I-vezels bevatten.¹⁰

4 In vivo-onderzoek van de geometrie van de kauwspieren

Gedurende decennia was vergelijkend onderzoek naar het kauwstelsel van personen met een afwijkende schedelmorfologie alleen mogelijk door het meten van de maximale bijkracht



Afb. 2. Een hypothetisch model van de etiologie van short-face- en long-face-schedelmorfologie. Tijdens de groei zullen verschillen in posturale activiteit en/of sterkte van de diverse functionele spiergroepen (kaaksluiters en -openers, pre- en postvertebrale spieren, supra- en infrahyoïdale spieren) de balans van het craniofaciale complex op de cervicale wervelkolom beïnvloeden, hetgeen wellicht leidt tot een short-face (links), normaal (midden) of een long-face-groei patroon (rechts).



Afb. 3. MRI-scans van de kauwspieren van een individu met een long-face- en een normale schedelmorfologie. a) m. Temporalis, normaal; b) m. temporalis, long-face; c) m. masseter en m. pterygoideus medialis, normaal; d) m. masseter en m. pterygoideus medialis, long-face; e) m. pterygoideus lateralis, normaal; u = LPM caput superior; l = LPM caput inferior; f) m. pterygoideus lateralis, long-face. Tem = m. temporalis; mas = m. masseter; mpm = m. pterygoideus medialis; LPM = m. pterygoideus lateralis.

en de elektromyografische activiteit (EMG) van de kauwspieren. Het beschikbaar komen van niet-invasieve beeldvormende technieken zoals computertomografie (CT) en MRI heeft *in vivo*-onderzoek naar de grootte en de oriëntatie van de menselijke kauwspieren mogelijk gemaakt.¹¹⁻¹⁶ Vooral MRI is zeer geschikt, onder andere omdat uitgebreide series opnamen gemaakt kunnen worden, waardoor de kauwspieren driedimensionaal gereconstrueerd kunnen worden. Hiermee kan van elke spier de dwarsdoorsnede en de positie worden bepaald. De dwarsdoorsnede is een maat voor de fysiologische dwarsdoorsnede en derhalve voor de maximale spierkracht (zie deel I in deze serie).^{17, 18} Zo is onder andere gebleken dat de variatie van de MRI-dwarsdoorsneden van de kaaksluiters 60% van de variatie van de maximale bijtkracht kan verklaren.^{15, 19}

Met behulp van CT en MRI zijn bij volwassen proefpersonen met een normale schedelmorfologie de relaties bestudeerd tussen de dwarsdoorsneden van de kauwspieren en de schedelvorm.¹¹⁻¹³ Uit deze onderzoeken is gebleken dat zowel de grootte van de kauwspieren als de schedelmorfologie een sterke variatie vertonen, maar dat de onderlinge samenhang tussen de spiergrootte en de schedelvorm zwak is. De grootte van de kaaksluiters blijkt alleen samen te hangen met enkele transversale schedelmaten, maar met geen enkele verticale schedelmaat.

5 Kauwspiergeometrie van normale en long-face-individueen

Relaties tussen vorm en functie zijn soms duidelijker aantoonbaar indien individuen met een sterk afwijkende verticale schedelmorfologie in het onderzoek betrokken worden. Onlangs zijn de grootte en de positie van de kauwspieren van 35 volwassen individuen met een normale schedelvorm vergeleken met de schedelvorm van 13 individuen met het long-face-syndroom.²⁰ MRI-afbeeldingen van de dwarsdoorsneden van de kauwspieren van een persoon met een long-face en een individu uit de controlegroep zijn afgebeeld in afbeelding 3. Botweefsel en lucht worden in MRI-scans zwart afgebeeld, vetweefsel is wit, terwijl hersen-, bind- en spierweefsel in diverse grijstinten wordt weergegeven. Personen met een

Tabel 1. Gemiddelde dwarsdoorsneden (cm²) en standaarddeviaties (SD) van de kauwspieren van 35 normale en 13 long-face-volwassenen.

	Normaal gemid. (SD)	Long-face gemid. (SD)	Vershil (%)
TEM-A	2,75 (0,6)	2,39 (0,5)	15,0
TEM-P	2,40 (0,7)	2,04 (0,7)	14,0
MAS	4,75 (0,9)	3,53 (0,5)	29,5
MPM	3,20 (0,5)	2,57 (0,5)	21,8
LPM	4,17 (0,6)	3,69 (0,5)	12,2
DIG-A	1,19 (0,2)	1,22 (0,2)	2,5

TEM = m. temporalis, A = pars anterior; P = pars posterior; MAS = m. masseter; MPM = m. pterygoideus medialis; LPM = m. pterygoideus lateralis; DIG-A = m. digastricus venter anterior.

long-face hebben veel kleinere kauwspieren dan personen met een normale schedel. De verschillen tussen de normale en de long-face-groep zijn het meest uitgesproken voor de m. masseter en de m. pterygoideus medialis (tab. 1). De m. temporalis en de m. pterygoideus lateralis verschillen minder sterk terwijl de m. digastricus in de normale en long-face-groep een vrijwel gelijke doorsnede heeft.

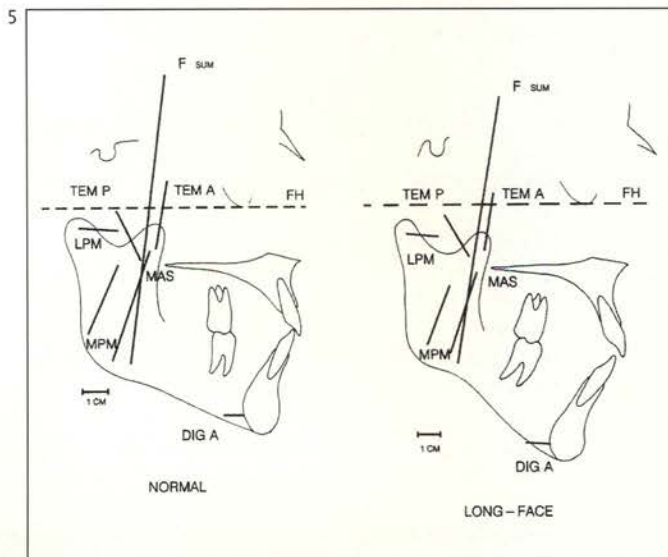
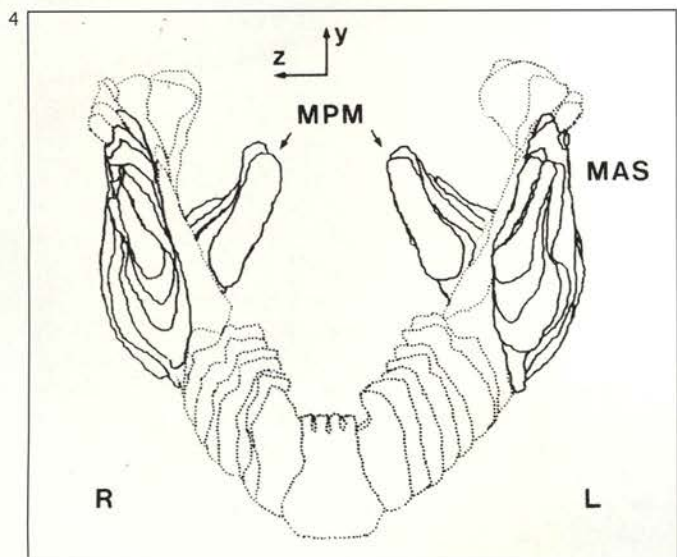
Afbeelding 4 toont een reconstructie van de mandibula, de m. masseter en de m. pterygoideus medialis in het frontaal vlak. Met behulp van zo'n reconstructie kan de richting en de positie van de spierwerklijn ten opzichte van het kaakgewricht worden bepaald. Vastgesteld werd dat de kauwspieren van personen met een long-face-syndroom en individuen met een normale schedel een vrijwel identieke positie hebben (afb. 5).²³ De hypothese dat de kauwspieren van individuen met het long-face-syndroom in biomechanisch opzicht een minder gunstige positie hebben, wordt derhalve niet ondersteund.

6 Long-face-morfologie: oorzaak of gevolg van zwakkere kauwspieren?

Met behulp van eenvoudige biomechanische berekeningen waarin bovenstaande gegevens met betrekking tot de positie van de kauwspieren zijn betrokken, is aangetoond dat de varia-

Afb. 4. Een reconstructie van de mandibula, de m. masseter, de m. pterygoideus medialis in frontaal aanzicht.

Afb. 5. Grafische representatie van een normale en long-face-mandibula met de gemiddelde positie van de kauwspieren weergegeven in het sagittale vlak. De lengte van de vectoren zijn afgebeeld op basis van de berekende fysiologische dwarsdoorsneden. De positie van de kauwspieren van long-face- en normale personen verschilt nauwelijks, met uitzondering van de werklijn van de m. digastricus anterior die bij long-face-personen schuiner, meer craniaalwaarts van de mandibula naar het os hyoideum loopt.



tie in kauwspiergrootte de verschillen in maximale bijtkracht tussen long-face en normale individuen slechts voor de helft kan verklaren.²³ Waarschijnlijk genereren de kauwspieren van long-face-individuen een kleinere kracht per cm² spierdwarsdoorsnede. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door een relatief hoog percentage type I spiervezels in de kauwspieren van long-face-personen.¹⁰ Wellicht speelt een sterkere remming van de kaaksluiters door de activiteit van parodontale mechanoreceptoren (zie deel VIII in deze serie),^{21,24} het mandibulaire periost of misschien zelfs het kaakgewricht een rol.²² Het blijkt dat het mandibulaire corticale bot van long-face-individuen circa 20% dunner is vergeleken met dat van normale individuen. De relatief fragiele long-face-mandibula zal door tractie van de kauwspieren sneller kunnen deformeren waardoor de mechanoreceptoren mogelijk eerder geactiveerd worden.

De omvang van de kauwspieren van personen met het long-face-syndroom is kleiner (kwantitatief aspect), maar ze hebben waarschijnlijk ook een verminderde intrinsieke sterkte (kwalitatief aspect). De combinatie van beide aspecten suggereert een achterblijven in de ontwikkeling van de kauwspieren. Het extreem verticale long-face-groei patroon gaat meestal gepaard met een weinig stabiele occlusie (open beet, cross bites!) hetgeen de werkomstandigheden en dus de *recruter*ing van de kauwspieren in negatieve zin zal beïnvloeden. Het is dan ook waarschijnlijk dat de zwakkere kauwspieren bij het long-face-syndroom eerder een aanpassing dan een oorzaak van de excessieve verticale groei zijn. Deze veronderstelling wordt gesteund door het feit dat de maximale bijtkracht bij kinderen met een long-face en normale kinderen vrijwel gelijk is,²⁵ terwijl daarentegen de bijtkracht van volwassenen met het long-face-syndroom slechts de helft bedraagt van die van personen met een normale schedelvorm.³ Het long-face-groei patroon (vorm) is dus waarneembaar voordat een reductie in bijtkracht (functie) kan worden gemeten.

Literatuur

- 1 Schendel SA, Eisenfeld J, Bell WH. The long face syndrome: vertical maxillary excess. *Am J Orthod* 1976; 70: 398-408.
- 2 Opdebeeck H, Bell WH. The short face syndrome. *Am J Orthod* 1978; 73: 499-511.
- 3 Proffit W, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal- and long-face adults. *J Dent Res* 1983; 62: 566-71.
- 4 Møller E. The chewing apparatus: an electromyographic study of the action of the muscles of mastication and its correlation to facial morphology. *Acta Phys Scand* 1966; 69: (suppl.) 280.
- 5 Brodie AG. Anatomy and physiology of head and neck musculature. *Am J Orthod* 1950; 36: 831-44.
- 6 Solow B, Kreiborg S. Soft-tissue stretching: a possible control factor in craniofacial morphogenesis. *Scand J Dent Res* 1977; 85: 505-7.

- 7 Throckmorton GS, Finn RA, Bell WH. Biomechanics of differences in lower facial height. *Am J Orthod* 1980; 77: 410-20.
- 8 Koolstra JH. Kauwspieren. Deel III. Mechanische werking van de kauwspieren. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1997; 104: 302-5.
- 9 Weijs WA. Kauwspieren. Deel II. De functionele eigenschappen van kauwspiervezels. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1997; 104: 210-3.
- 10 Boyd SB, Gonyea WJ, Finn RA, Woodard CE, Bell WH. Histochemical study of the masseter muscle in patients with maxillary excess. *J Oral Maxillofac Surg* 1984; 42: 75-83.
- 11 Weijs WA, Hillen B. Correlations between the cross-sectional area of the jaw muscles and craniofacial size and shape. *Am J Phys Anthropol* 1986; 70: 423-31.
- 12 Hannam AG, Wood WW. Relationships between the size and spatial morphology of human masseter and medial pterygoid muscles, the craniofacial skeleton and jaw biomechanics. *Am J Phys Anthropol* 1989; 80: 429-45.
- 13 Spronsen PH van, Weijs WA, Prah-Andersen B, Valk J, Ginkel FC van. Relationships between jaw muscle cross-sections and craniofacial morphology in normal adults, studied with magnetic resonance imaging. *Eur J Orthod* 1991; 13: 351-61.
- 14 Koolstra JH, Eijden TMGJ van, Spronsen PH van, Weijs WA, Valk J. Computer assisted estimation of lines of action of human masticatory muscles reconstructed *in vivo* by means of magnetic resonance imaging of parallel sections. *Arch Oral Biol* 1990; 35: 549-56.
- 15 Sasaki K, Hannam AG, Wood WW. Relationships between the size, position, and angulation of human jaw muscles and unilateral first molar bite force. *J Dent Res* 1989; 68: 499-503.
- 16 Spronsen PH van, Koolstra JH, Ginkel FC van, Weijs WA, Valk J, Prah-Andersen B. Relationships between the orientation and moment arms of the human jaw muscles and normal craniofacial morphology. *Eur J Orthod* 1997: in press.
- 17 Eijden TMGJ van. Kauwspieren. Deel I. Functionele anatomie van de kauwspieren. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1997; 104: 175-7.
- 18 Weijs WA, Hillen B. Relationship between the physiological cross-section of the human jaw muscles and their cross-sectional area in computer tomograms. *Acta Anat* 1984; 118: 129-38.
- 19 Spronsen PH van, Weijs WA, Prah-Andersen B, Valk J, and Ginkel F van. Comparison of jaw muscle bite force cross-sections obtained by means of magnetic resonance imaging and high resolution CT-scanning. *J Dent Res* 1989; 68: 1765-70.
- 20 Spronsen PH van, Weijs WA, Valk J, Prah-Andersen B, Ginkel FC van. A comparison of jaw muscle cross-sections of long-face and normal adults. *J Dent Res* 1992; 71: 1279-85.
- 21 Linden RWA. Periodontal mechanoreceptors and their functions. In: Taylor A, red. *Neurophysiology of the jaws and teeth*. London: Mac-Millan press Ltd., 1990.
- 22 Thilander B. Innervation of the temporomandibular joint capsule in man. *Trans Roy Sch Dent* 1961; 7: 1-67.
- 23 Spronsen PH van, Weijs WA, Valk J, Prah-Andersen B, Ginkel FC van. A comparison of jaw muscle orientation and moment arms of long-face and normal adults. *J Dent Res* 1996: 1372-80.
- 24 Glas HW van der, Bosman F, Bilt A van der. Kauwspieren. Deel VIII. Reflexen in het kauwstelsel. Hoe sturen wij de onderkaak zonder erbij na te denken? *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1998; 105: in press.
- 25 Proffit W, Fields HW. Occlusal forces in normal- and long-face children. *J Dent Res* 1983; 62: 571-4.

Summary

MASTICATORY MUSCLES AND CRANIOFACIAL VERTICAL DIMENSIONS

Key words: Masticatory muscles – Long face syndrome

Studies focussed on the interactions between masticatory function and the variation in craniofacial height have received an important impetus by the availability of non-invasive imaging techniques like CT and MRI. These techniques allow for *in vivo* determination of the cross-sectional area and spatial orientation of the human jaw muscles. In recent MRI studies it has been established that the jaw muscles of long-face subjects are up to 30% smaller than those of normal individuals, while the position of the muscles was fairly comparable in both groups. The maximum bite force of long-face subjects is roughly half that of normals. The observed variation of the *in vivo* data of normal and long-face jaw muscle geometry does explain only half of the difference in their average maximum bite force. The jaw muscles of long-face and normal subjects are presumably different with respect to their force generating capacity per unit of cross-sectional area, which may be attributed to a different muscle fiber type composition.