

Kauwspieren

Deel IV. De kauwspieren werken niet homogeen

T.M.G.J. van Eijden¹
N.G. Blanksma²

Samenvatting. De m. temporalis en de m. masseter kunnen door hun complexe bouw een groot aantal, soms tegengestelde, mechanische effecten teweegbrengen. Spiervezels en sarcomeren in deze spieren ondergaan bij bewegingen van de onderkaak verschillende lengteveranderingen. Hierdoor ontstaan er intramusculaire verschillen in de capaciteit om te verkorten en om kracht te produceren. Daarnaast kan, afhankelijk van de gewenste motorische taak, het zenuwstelsel de grootte en de richting van de spierkracht variëren door selectieve aansturing van relatief kleine spierdelen. Het voorste deel van de m. temporalis en het gehele oppervlakkige en diepe deel van de m. masseter zijn geschikt om grote krachten te produceren, bijvoorbeeld bij- en kauwkrachten. Het achterste deel van de m. temporalis en het voorste en het achterste diepe deel van de m. masseter lijken betrokken bij de fijne regulatie van kaakbewegingen en krachten in zijdelingse (laterotrusie) en voor-achterwaartse richting (pro- en retrusie).

Uit ¹de vakgroep Functionele Anatomie van het Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA) en ²de vakgroep Tandheelkunde van de faculteit Geneeskunde van de Rijksuniversiteit Groningen.

Trefwoorden: Kauwspieren – Heterogeniteit – Spierarchitectuur – Elektromyografie

Datum van acceptatie: 15 mei 1997.

EIJDEN TMGJ VAN, BLANKSMA NG. Kauwspieren. Deel IV. De kauwspieren werken niet homogeen. Ned Tijdschr Tandheelkd 1997; 104: 348-50.

Adres:
Prof.dr. T.M.G.J van Eijden,
ACTA, Meibergdreef 15,
1105 AZ Amsterdam.

1 Inleiding

De kauwspieren hebben een complexe driedimensionale bouw met relatief grote aanhechtingsoppervlakken. Daardoor bestaan er binnen de spieren regionale verschillen in lengte, positie en richting van de spiervezels en in de fysiologische dwarsdoorsnede van verschillende spierdelen. De functionele consequentie hiervan is dat tijdens kaakbewegingen de spiervezels en de sarcomeren ongelijke lengteveranderingen ondergaan waardoor spierdelen niet dezelfde krachten en verkortingen kunnen produceren. Daarnaast hebben elektromyografische studies aangetoond dat kauwspieren vaak niet als een geheel door het zenuwstelsel geactiveerd worden, maar dat, in samenhang met de uit te oefenen motorische taak, spierdelen selectief aangestuurd kunnen worden. Hierdoor kan de mechanische werking van een spier gevarieerd worden. Selectieve aansturing suggereert tevens dat spierdelen gespecialiseerd zijn in het uitvoeren van bepaalde functies.

Dit artikel richt zich op de heterogene bouw en de aansturing van de m. temporalis en de m. masseter en op de functionele consequenties hiervan. Voor meer algemene gegevens over de relatie tussen spierbouw en spierfunctie en de biomechanica van het kauwstelsel wordt verwezen naar de delen I en III in deze serie.^{1,2} Voor intramusculaire verschillen in spiervezeltypen wordt verwezen naar deel II in deze serie.³

2 De m. temporalis

2.1 Anatomie

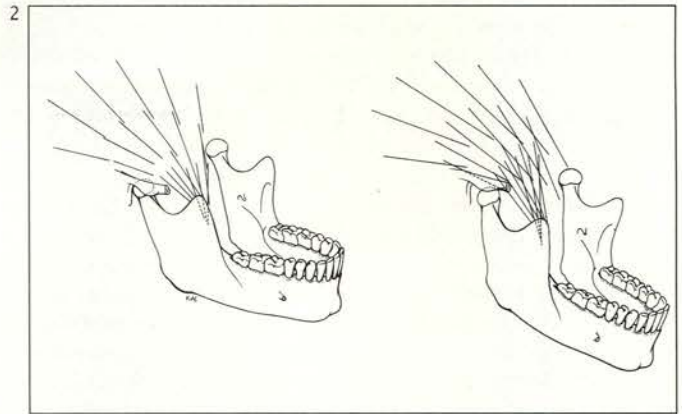
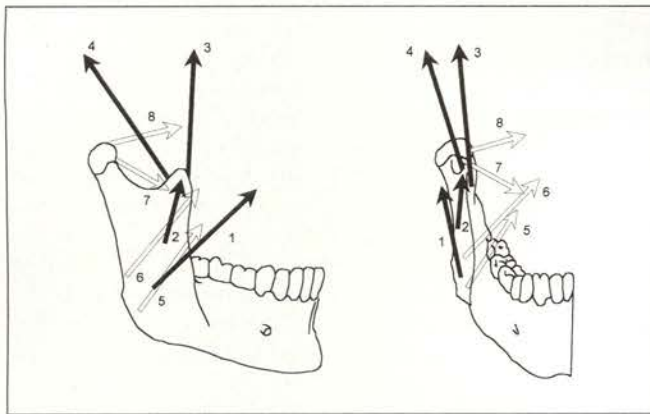
De m. temporalis is in zijaanzicht min of meer waaivormig. In anatomieboeken wordt de spier, meestal nogal arbitrair door een verticale lijn die door de punt van de processus coronoideus loopt, in een voorste en een achterste deel verdeeld. Beide delen verschillen in dikte, het voorste deel (fysiologische dwarsdoorsnede: 7,7 cm²) is dikker en daardoor krachtiger dan het achterste deel (fysiologische dwarsdoorsnede: 5,6 cm²). Ook hun trekrichting is verschillend (afb. 1). De voorste temporalis trekt hoofdzakelijk in verticale richting met een kleine voorwaartse en zijwaartse component. De achterste temporalis trekt schuin naar achteren en ook wat meer naar lateraal. De voorste temporalis (momentarm: 2,7 cm) ligt verder van het kaakgewricht af dan de achterste temporalis (momentarm: 1,3 cm) en heeft daardoor mechanisch gezien

een gunstiger positie om spierkracht om te zetten in bij- of kauwkracht.

Het overgrote deel van de spiervezels hecht aan de laterale zijde van de schedel. De meeste vezels hechten direct aan het schedelbot, met uitzondering van een aantal vezels dat via kleine peesjes achter de orbita en boven de zogenaamde crista infratemporalis is aangehecht. Bij de aanhechting aan de mandibula bevat de spier een min of meer platte, waaivormige peesplaat die als aanhechting dient voor de meeste spiervezels. Deze peesplaat hecht op zijn beurt aan de processus coronoideus en aan de binnen- en voorzijde van de ramus mandibulae. Diep in de spier gelegen spiervezels hechten ook direct, zonder tussenkomst van de peesplaat, aan de binnenzijde van de ramus. Gemiddeld bedraagt de afstand die door spiervezels en peesplaat tussen schedel en mandibula wordt overbrugd circa 5 cm en ongeveer de helft van deze afstand wordt ingenomen door spiervezels. In afbeelding 2 is de positie van een aantal gelijkmatig over de spier verdeelde spiervezels weergegeven, bij een gesloten en geopende onderkaak; de peesplaat is voor de duidelijkheid weggelaten.⁴ Achterin de spier zijn de vezels wat korter dan voorin (achter: 2,2 cm, voor: 2,7 cm). Als de onderkaak geopend wordt, worden de voorste spiervezels veel meer uitgerekt dan de achterste. Dit komt omdat voorin de spier de afstand tot de denkbeeldige rotatie-as groter is dan achterin. Vanzelfsprekend zullen ook de sarcomeren die voor in de spier liggen, meer uitgerekt worden. Hoe groter de lengteveranderingen van de sarcomeren zijn, hoe groter de fluctuaties in maximaal mogelijke spierkracht (zie de lengtekrachtrelatie van de sarcomeren in deel I van deze serie)¹. Met andere woorden: tijdens een sluitbeweging zal de maximaal mogelijke kracht in de voorste temporalis meer variëren dan in de achterste temporalis (afb. 3). Dus, ondanks z'n kleinere dwarsdoorsnede, is de achterste temporalis beter in staat om zijn kracht op een min of meer constant niveau te handhaven.

2.2 Elektromyografisch onderzoek

Uit elektromyografisch onderzoek is gebleken dat de m. temporalis niet als een geheel wordt aangestuurd. Bij diverse motorische taken zijn recruteringstijdstip en/of activatieniveau van de spierdelen niet gelijk. Als bijvoorbeeld aan proefpersonen wordt gevraagd om achtereenvolgens in verschillende richtingen bijtkrachten uit te oefenen, dan blijkt dat de activiteit in de voorste temporalis steeds op een betrek-

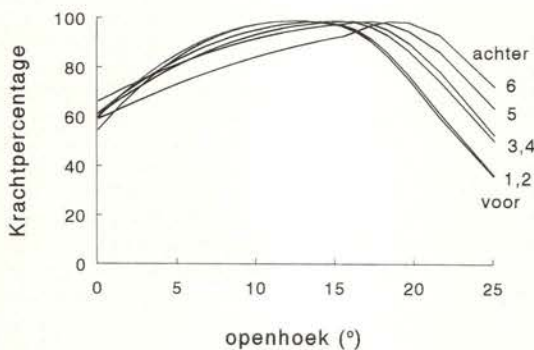


Afb. 1. Globale ruimtelijke posities van werklijnen van een aantal kauwspieren geprojecteerd op het sagittale en frontale vlak; voor de exacte driedimensionale posities wordt verwezen naar de literatuur.⁹ 1: oppervlakkige masseter, 2: diepe masseter, 3: voorste temporalis, 4: achterste temporalis, 5: voorste deel pterygoideus medialis, 6: achterste deel pterygoideus medialis, 7: onderste kop pterygoideus lateralis, 8: bovenste kop pterygoideus lateralis.

Afb. 2. Verschillende spiervezelbundels van de rechter m. temporalis in zijaanzicht bij een gesloten en geopende (25°) onderkaak.

Afb. 3. Maximaal te ontwikkelen kracht, uitgedrukt als percentage van de maximaal mogelijke kracht en weergegeven als functie van de openingshoek van de kaak, van zes verschillende spierdelen van de m. temporalis; spierdeel 1 ligt helemaal voor, spierdeel 6 helemaal achter (zie ook afb. 2).

Hoek-krachtrelatie



kelijk hoog niveau gehandhaafd blijft.³ De activiteit in de achterste temporalis schommelt daarentegen veel sterker en bereikt alleen relatief hoge niveaus bij beten in achterwaartse en zijwaartse richting. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de voorste temporalis vooral de grootte van de uitgeoefende bij- of kauwkracht kan beïnvloeden, terwijl de achterste temporalis meer de richting ervan lijkt te moduleren. Dit past goed bij de bovenbeschreven verschillen tussen beide spierdelen in momentarmenlengte, trekrichting en dwarsdoorsnede. Ook tijdens kauwen wordt de spier niet homogeen geactiveerd.⁶ De voorste temporalis is dan actiever dan de achterste temporalis, zowel aan de werk- als aan de balanszijde. Bovendien wordt de voorste temporalis ook iets eerder gerecruiteerd.

Recent elektromyografisch onderzoek, waarbij op zes verschillende voor-achterwaartse plaatsen draadelektroden in de spier werden aangebracht, heeft aangetoond dat er in voor-achterwaartse richting binnen de spier een nog veel fijnere verdeling in activiteit plaatsvindt.^{7,8} Dus opsplitsing van de m. temporalis in een voorste en een achterste deel is eigenlijk nog te grof en onderschat de mechanische mogelijkheden van de spier die tot stand komen door intramusculaire verschillen in kracht, verkorting en activatie. Door selectieve activatie van relatief kleine spierdelen kan het zenuwstelsel zowel de grootte als de richting van de benodigde spierkracht beter afstemmen op de gewenste motorische taak.

3 De m. masseter

3.1 Anatomie

Traditioneel wordt aan de m. masseter een oppervlakkig en een diep deel onderscheiden. In zijaanzicht is de oppervlakkige masseter min of meer rechthoekig, de diepe masseter meer waaivormig. De oppervlakkige masseter (fysiologische

dwarsdoorsnede: 6,8 cm²) kan bij maximale activatie bijna twee keer zoveel kracht produceren als de diepe masseter (fysiologische dwarsdoorsnede: 3,5 cm²).⁹ Ook hun trekrichting verschilt (afb. 1). De oppervlakkige masseter trekt schuin naar voren en naar lateraal. De krachtresultante van de diepe masseter staat meer verticaal; maar vanwege de waaivorm trekken de achterste vezels naar achteren en de voorste vezels naar voren. De diepe masseter (momentarm: 2,9 cm) ligt dicht bij het kaakgewricht dan de oppervlakkige masseter (momentarm: 3,3 cm) en is daardoor mechanisch wat in het nadeel. Benige aanhechtingspunten zijn de arcus zygomaticus en het os zygomaticum enerzijds en de buitenkant van de ramus mandibulae anderzijds. De spiervezels hechten voornamelijk aan via peesplaten. Gemiddeld wordt de helft van de afstand tussen de benige aanhechtingen overbrugd door peesweefsel, de resterende helft door spiervezels. De spiervezels zijn niet overal even lang. Vóór in de spier zijn ze langer (35%) dan achter en in de oppervlakkige masseter zijn ze gemiddeld 35% langer dan in de diepe masseter. Om dezelfde redenen als beschreven bij de m. temporalis ondergaan de sarcomeren bij bewegingen van de onderkaak verschillende uitrekkingen en verkortingen. Als de onderkaak bijvoorbeeld vanuit een geopende positie gesloten wordt om een transversale as door beide kaakoppjes, verkorten de sarcomeren in de achterste spiervezels veel minder dan in de voorste spiervezels.¹⁰ Uit de lengte-krachtrelatie van de sarcomeren is dan ook eenvoudig te begrijpen waarom bij een sluitbeweging de achterste spierdelen beter in staat zijn om hun kracht op een min of meer constant niveau te handhaven (hetzelfde principe als bij de m. temporalis). Wat voor een sluitbeweging geldt, is evenwel niet van toepassing op andere bewegingen. Wanneer namelijk een laterotrusie van de onderkaak naar de contralaterale zijde wordt uitgevoerd treden juist de grootste lengte- en dus ook krachtsveranderingen op in de achterste spierdelen. Dus ook binnen de m. masseter zijn de sarcomeerlengteveranderingen

ongelijkmatig over de spier verdeeld en de grootte van de intramusculaire verschillen hangt nauw samen met het soort kaakbeweging. De grootte en de richting van de resulterende spierkracht is nooit constant, ook al zouden de verschillende spierdelen even sterk door het zenuwstelsel worden ingezet.

3.2 Elektromyografisch onderzoek

Uit elektromyografisch onderzoek is gebleken dat de twee delen van de masseter min of meer onafhankelijk van elkaar geactiveerd kunnen worden.^{11 12} De oppervlakkige masseter wordt geactiveerd tijdens elevatie, protrusie en contralaterale laterotrusie (d.w.z. bij een laterotrusie naar links is de rechter masseter actief), de gehele diepe masseter bij elevatie. De oppervlakkige masseter wordt eigenlijk altijd homogeen aangestuurd. Dit geldt niet voor de diepe masseter. Deze kan wat dat betreft verder worden verdeeld in een voorste en een achterste deel. Zo blijkt dat tijdens laterotrusiebewegingen het achterste diepe deel eerder wordt gerecruiteerd en meer actief is dan het voorste diepe deel. Bij klemmen op de incisiven is juist het voorste diepe deel meer actief. Tijdens kauwen is de gehele diepe masseter actiever dan de oppervlakkige masseter. Bovendien worden de spierdelen op verschillende tijdstippen gerecruiteerd. Dit blijkt uit een karakteristieke activatiegolf die tijdens de kauwcyclus over beide masseters loopt. De piek van deze golf passeert eerst de oppervlakkige en dan de diepe masseter aan de balanszijde en daarna achtereenvolgens de diepe en oppervlakkige masseter aan de werkszijde. Zowel de oppervlakkige als diepe masseter leveren een belangrijke bijdrage aan de verticale component van de kauwkracht. Daarnaast lijkt de diepe masseter, vooral door de bovenbeschreven activatiegolf, een belangrijke bijdrage te leveren aan de totstandkoming van de laterotrusiecomponent van de kauwbeweging.

4 Conclusie

Spierbouw en spierfunctie hangen nauw samen. Omdat binnen een spier de bouw sterk kan verschillen, wordt bij selectieve aansturing van afzonderlijke spierdelen een groot scala aan

mechanische effecten ontplooid. Omdat spierdelen niet dezelfde positie en trekrichting hebben, verschillen ze in hun mechanisch effect. Bepaalde spierdelen blijken daarom meer geschikt voor de uitoefening van bepaalde taken dan andere spierdelen. Er treedt dus binnen een spier een zekere vorm van specialisatie op. Het substraat voor deze specialisatie wordt geleverd door de mogelijkheid om spierdelen selectief aan te sturen. Dit kan alleen als de motore eenheden binnen een spier relatief kleine gebieden innemen.¹³ Er zijn aanwijzingen dat de motore eenheden, van spierdelen die betrokken zijn bij de fijne regulatie van krachten en bewegingen, zich onderscheiden door hun fysiologische eigenschappen.

Literatuur

- 1 Eijden TMGJ van. Kauwspieren. Deel I. Functionele anatomie van de kauwspieren. Ned Tijdschr Tandheelkd 1997; 104: 175-77.
- 2 Koolstra JH. Kauwspieren. Deel III. Mechanische werking van de kauwspieren. Ned Tijdschr Tandheelkd 1997; 104: 302-5.
- 3 Weijs WA. Kauwspieren. Deel II. De functionele eigenschappen van kauwspiervezels. Ned Tijdschr Tandheelkd 1997; 104: 210-3.
- 4 Eijden TMGJ van, Koolstra JH, Brugman P. Three-dimensional structure of the human temporalis muscle. Anat Rec 1996; 246: 565-72.
- 5 Eijden TMGJ van, Brugman P, Weijs WA, Oosting J. Coactivation of jaw muscles: Recruitment order and level as a function of bite force direction and magnitude. J Biomechan 1990; 23: 475-85.
- 6 Møller E. The chewing apparatus. Acta Physiol Scand 1966; 69: 1-229.
- 7 Blanksma NG, Eijden TMGJ van. Electromyographic heterogeneity in the human temporalis muscle. J Dent Res 1990; 69: 1686-90.
- 8 Blanksma NG, Eijden TMGJ van. Electromyographic heterogeneity in the human temporalis and masseter muscles during static biting, open/close excursions and chewing. J Dent Res 1995; 71: 47-52.
- 9 Eijden TMGJ van, Korfage JAM, Brugman P. Architecture of the human jaw-closing and jaw-opening muscles. Anat Rec 1997; 248: 464-74.
- 10 Eijden TMGJ van, Raadsheer MC. Heterogeneity of fiber and sarcomere length in the human masseter muscle. Anat Rec 1992; 232: 78-84.
- 11 Blanksma NG, Eijden TMGJ van, Weijs WA. Electromyographic heterogeneity in the human masseter muscle. J Dent Res 1992; 71: 47-52.
- 12 Eijden TMGJ van, Blanksma NG, Brugman P. Amplitude and timing of EMG activity in the human masseter muscle during selected motor tasks. J Dent Res 1993; 72: 599-606.
- 13 McMillan AS, Hannam AG. Motor-unit territory in the human masseter muscle. Arch Oral Biol 1991; 36: 827-44.

Summary

HETEROGENEITY OF THE MASTICATORY MUSCLES

Key words: Masticatory muscles – Muscle architecture – Electromyography

The temporalis and masseter muscles have a complex architectural design with large attachment areas. As a consequence, each of these muscles is capable of producing a large number of mechanical effects. In addition, within each muscle the muscle fibres and sarcomeres undergo different excursions during jaw movements. This leads to intramuscular differences in the possible excursion range and the capacity to produce force. Depending on the desired motor task, the nervous system is able to vary both the magnitude and direction of muscle force by selective activation of specific muscle portions. The anterior temporalis and the superficial and deep masseter are capable of generating large forces, e.g. during biting and chewing. The posterior temporalis and the anterior and posterior deep masseter are suited to establish a precise adjustment of forces and movements during laterotrusion and protrusion/retrusion.