

Oorspronkelijke bijdragen

Kauwspieren

Deel VII. Kauwspieren en kauwen. Hoe krijgen wij ons voedsel klein?

A. van der Bilt
F. Bosman
H.W. van der Glas

Samenvatting. Kauwen heeft tot doel het vaste voedsel te verkleinen en te vermengen met speeksel, zodat het gereed gemaakt wordt om door te slikken. De mate van voedselverkleining hangt af van verschillende factoren, zoals de kauwkracht opgewekt door de kauwspieren, de kauwbaan, die tot stand komt door een precies geregeerde aansturing van de kauwspieren, en de morfologische kenmerken van de kauwvlakken. De kauwbeweging komt tot stand door een precies gedoseerde hoeveelheid spieractiviteit van de verschillende kauwspieren. Uit experimenten blijkt dat de spieractiviteit die nodig is om het voedsel te breken uit twee delen bestaat: een anticiperend deel en een door de voedselweerstand opgewekt deel. Anticiperende spieractiviteit wordt waargenomen wanneer de proefpersoon voedselweerstand verwacht. De spieractiviteit die door de voedselweerstand wordt opgewekt, begint ongeveer 25 milliseconde nadat het voedsel wordt geraakt, terwijl de hoeveelheid van deze spieractiviteit evenredig toeneemt met de voedselweerstand. Dit deel van de spieractiviteit wordt gestuurd via sensorische informatie uit het kauwstelsel.

Uit de vakgroep Mondziekten,
Kaakchirurgie en
Bijzondere Tandheelkunde van de
Universiteit Utrecht.

Trefwoorden: Kauwen –
Neuromusculaire sturing – EMG

Datum van acceptatie: 24 juli 1997.

BILT A VAN DER, BOSMAN F, GLAS HW VAN DER. Kauwspieren. Deel VII. Kauwspieren en kauwen. Hoe krijgen we ons voedsel klein? Ned Tijdschr Tandheelkd 1998; 105: 4-6.

Adres: Dr. A. van der Bilt,
UU, postbus 80.037,
3508 TA Utrecht.

1 Inleiding

Een betrekkelijk geringe spieractiviteit is voldoende om tijdens het kauwen kaakbewegingen te maken. Veel meer spieractiviteit is nodig voor het daadwerkelijk verkleinen van het voedsel (Ottenhoff *et al*, 1992; Van der Bilt *et al*, 1995). Algemeen wordt aangenomen dat een zogenaamde 'centrale-patroongenerator', gelegen in de hersenstam, zorgt voor de ritmische beweging van de kaak tijdens het kauwen. Dierproeven hebben aangetoond dat wanneer men het gebied waar de centrale-patroongenerator is gelokaliseerd, elektrisch stimuleert, dit open-dicht bewegingen van de kaak tot gevolg heeft. De spieractiviteit is echter tijdens dit fictieve kauwen veel kleiner dan de spieractiviteit tijdens normaal kauwen. Om normaal kauwen te bewerkstelligen moet de spieractiviteit groot genoeg zijn om het voedsel te kunnen verbrijzelen. De centrale-patroongenerator alleen is hiertoe niet in staat. Er is extra spieractiviteit nodig. Deze extra spieractiviteit heeft voortdurend bijsturing nodig, omdat de hoeveelheid voedsel tussen de kiezen van kauwslag tot kauwslag zal variëren. Ook de hardheid van het voedsel zal onder inwerking van het speeksel veranderen.

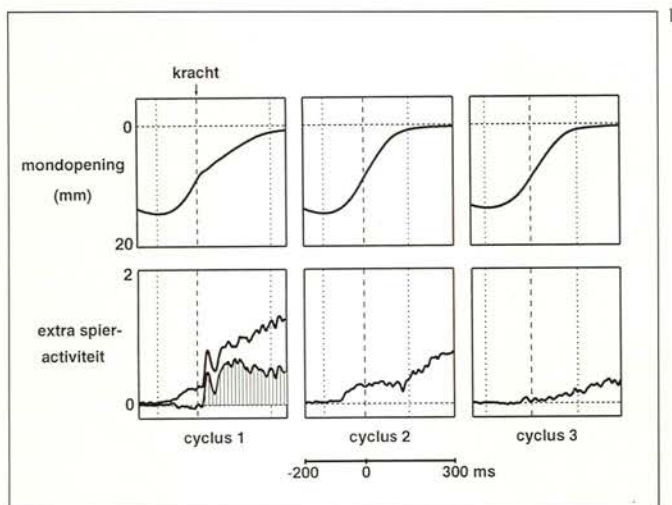
2 Perifere sensoren

De sturing van de extra spieractiviteit geschiedt met behulp van informatie die afkomstig is van perifere sensoren. Hierbij spelen onder andere parodontale mechanoreceptoren en spierspoeltjes een belangrijke rol (zie deel VIII in deze serie) (Van der Glas *et al*, in press). De mechanoreceptoren zijn in staat om informatie te verschaffen aan het zenuwstelsel over de grootte en het tijdstip van de voedselweerstand, terwijl de spierspoeltjes de positie en de snelheid van de kaak kunnen detecteren. De rol die perifere sensorische informatie speelt bij de besturing van de kaak tijdens het kauwen werd recente-

lijk onderzocht bij konijnen (Lavigne *et al*, 1987; Morimoto *et al*, 1995). Tijdens corticaal opgewekte ritmische bewegingen van de kaak werden staafjes van kunststof tussen de molaren geplaatst. De dikte en de hardheid van de staafjes werd gevarieerd (Morimoto *et al*, 1995). De spieractiviteit nam toe wanneer een staafje tussen de molaren geplaatst werd en de spieractiviteit was groter naarmate de staafjes dikker en harder waren. De experimenten werden herhaald na uitschakelen van de sensibele nervus alveolaris inferior en maxillaris. Hierdoor werd dus de informatie van de parodontale mechanoreceptoren buitengesloten. Kauwkracht en spieractiviteit namen nog steeds toe naarmate er staafjes van grotere hardheid werden gebruikt. De vuurfrequentie van de spierspoeltjes tijdens de sluitfase bleek toe te nemen wanneer staafjes van grotere hardheid werden gebruikt. De verklaring hiervoor is dat de hardheid van de staafjes kennelijk werd gedetecteerd door de spierspoeltjes (Morimoto *et al*, 1995). De totale hoeveelheid extra spieractiviteit nam af na het uitschakelen van de mechanoreceptoren (Lavigne *et al*, 1987; Morimoto *et al*, 1995). De conclusie van deze onderzoeken is dat spierspoeltjes en mechanoreceptoren een belangrijke rol spelen bij het sturen van de spieractiviteit van de sluitspieren bij het overwinnen van voedselweerstand (Lavigne *et al*, 1987; Morimoto *et al*, 1995).

3 Extra spieractiviteit

Een directe manier om de hoeveelheid extra spieractiviteit te bepalen die nodig is voor het verkleinen van voedsel, zou zijn een proefpersoon kauwbewegingen te laten maken zonder voedsel in de mond. Vervolgens zou onverwacht en abrupt voedsel in de mond geplaatst moeten worden. Ook het omgekeerde experiment is denkbaar, waarbij een proefpersoon op voedsel kauwt dat plotseling uit de mond genomen zou worden. De aanpassing van de hoeveelheid extra spieractiviteit aan de gewijzigde omstandigheden zou informatie kunnen



Afb. 1. Mondopening en extra spieractiviteit tijdens het sluiten van de kaak. In cyclus 1 wordt het sluiten tegengewerkt door een externe kracht, terwijl in cycli 2 en 3 deze kracht niet meer aanwezig is. Verticale streeplijn: begin kracht; verticale stippellijnen: begin en einde van de sluitbeweging.

verschaffen over de mate waarin de spieractiviteit van te voren geprogrammeerd is (feed forward) en in welke mate perifere informatie van de sensoren de spieractiviteit beïnvloedt (feed back). Een dergelijk experiment is natuurlijk niet uitvoerbaar, maar voedselweerstand kan wel gesimuleerd worden door een uitwendige kracht op de onderkaak uit te oefenen tijdens het kauwen. In een experiment van Ottenhoff *et al* (1992) maakten proefpersonen ritmische open-dichtbewegingen met de kaak. Een elektrische spoel in een magneetveld zorgde voor een uitwendige kracht, die tijdens het sluiten de onderkaak tegenwerkte. De spoel kon kracht uitoefenen op de onderkaak door middel van een staaf en een op de tandboog passend bit. Op deze manier werd voedselweerstand gesimuleerd. Op onverwachte momenten kon al dan niet een externe kracht het sluiten van de kaak tegenwerken. Uit dit onderzoek bleek dat de extra spieractiviteit die nodig is om het voedsel te verkleinen, is opgebouwd uit twee componenten: een anticiperend deel (feed forward) en een perifeer geïnduceerd deel (feed back). In afbeelding 1 zijn de mondopening en de extra spieractiviteit weergegeven voor drie kauwcycli: de eerste met de externe kracht en de twee daarop volgende cycli zonder kracht. Anticiperende spieractiviteit wordt waargenomen in open-dicht cycli waarin de kracht wordt verwacht. Deze activiteit is waarneembaar zodra de sluitfase begint, dus nog voordat de uitwendige kracht aanwezig is. De proefpersoon weet dat de kracht overwonnen moet worden en stelt zich daar bij voorbaat op in. De extra spieractiviteit die in de tweede cyclus in afbeelding 1 is te zien, is anticiperende activiteit. In deze cyclus was immers geen externe kracht meer aanwezig, terwijl de proefpersoon wel een kracht verwachtte. In de volgende cyclus (cyclus 3) weet de proefpersoon dat er geen kracht meer komt en er is dan ook geen anticiperende spieractiviteit meer. Het bleek dat de hoeveelheid anticiperende spieractiviteit groter was wanneer de proefpersoon een grotere uitwendige kracht verwachtte. Het gedeelte van de extra spieractiviteit dat optrad als gevolg van de uitwendige kracht, het zogenaamde perifeer geïnduceerde deel, begon gemiddeld 25 milliseconde na aanvang van de kracht. Deze spieractiviteit is het directe antwoord op de door perifere sensoren (spier-spoeltjes en mechanoreceptoren) waargenomen verstoring van de kaakbeweging die door de uitwendige kracht teweeg wordt gebracht. In afbeelding 1 is de door de kracht opgewekte spieractiviteit weergegeven in cyclus 1 in het gearceerde

gedeelte. Het daarboven gelegen niet-gearceerde gedeelte is de geanticiperde spieractiviteit. Variatie in de mondopening waarbij de externe kracht begint, bleek geen invloed te hebben op de latentie van 25 milliseconde tussen het begin van de kracht en het begin van de door de kracht opgewekte spieractiviteit. Hieruit concludeerden de auteurs dat het moment van het eerste voedselcontact tijdens kauwen ervoor zorgt dat extra spieractiviteit met een zeer korte latentie wordt opgewekt (Ottenhoff *et al*, 1992; Van der Bilt *et al*, 1995). De hoeveelheid door het voedsel opgewekte spieractiviteit neemt evenredig toe met de voedselweerstand. Echter, de extra spieractiviteit heeft een maximum dat is gebaseerd op voorafgaande informatie over de voedselweerstand. Op deze wijze wordt voorkomen dat te veel spieractiviteit wordt gegenereerd wanneer de kiezen een onverwacht grote kracht ondervinden, zoals in het klassieke geval van het steentje in het krentenbrood. Het blijkt bij een normaal tempo van open-dichtbewegingen (60 cycli per minuut) dat de hoeveelheid spieractiviteit, die het gevolg is van de externe kracht, ongeveer twee keer zo groot is als de hoeveelheid geanticiperde spieractiviteit. Bij een sneller bewegingstempo verschuift de balans ten gunste van de geanticiperde spieractiviteit: de beweging wordt meer ballistisch (Van der Bilt *et al*, 1995).

4 Kauwen en kaakbewegingen

Tijdens het kauwen verandert vast voedsel van grootte en van samenstelling. De deeltjes waaruit de voedselbrok bestaat, zullen kleiner worden, terwijl ook de consistentie van het voedsel onder invloed van de werking van het speeksel zal veranderen. Ten gevolge van deze veranderingen in het voedsel verandert ook de sensorische informatie van de receptoren. De duur en de vorm van de kauwbeweging wordt hierdoor beïnvloed. Uit experimenteel onderzoek, waarbij de beweging van de kaak werd geregistreerd, is gebleken dat de maximum mondopening van opeenvolgende kauwcycli afneemt gedurende het kauwen op voedsel (Lucas *et al*, 1986; Van der Bilt *et al*, 1991). Niet alleen de maximale mondopening verandert tijdens het kauwproces, maar ook de mondopening waarbij het voedsel voor het eerst door de kiezen wordt geraakt. Dit moment van voedselcontact kan worden bepaald uit de afremming van de kaak (Van der Bilt *et al*, 1991). In de beginfase van het kauwproces neemt de mondopening behorend bij dit eerste voedselcontact af als functie van het aantal kauwslagen. Deze afname kan geheel verklaard worden uit de afname van de gemiddelde deeltjesgrootte van het voedsel. Echter, in een latere fase van het kauwproces neemt de mondopening die bepaald wordt uit de afremming van de kaak niet verder af en is dan groter dan de gemiddelde deeltjesgrootte. Dit kan er op duiden dat de voedseldeeltjes gestapeld tussen de kiezen liggen. Een toename in de aangeboden hoeveelheid voedsel heeft een toename in de maximale mondopening tijdens het kauwen tot gevolg, terwijl ook de duur van de kauwcyclus groter wordt. Uit een onderzoek waarbij verschillende hoeveelheden kauwgom werden aangeboden bleek dat zowel de maximale mondopening als de mondopening bij het eerste voedselcontact evenredig toenam met de hoogte van de kauwgombolus (Van der Bilt *et al*, 1991).

5 Kauwen en gebitstatus

Het kauwvermogen van een persoon hangt onder andere af van de kauwkracht, de bewegingsbaan en de morfologie van de kauwvlakken. De mate van verkleining van het voedsel is een graadmeter voor het objectieve kauwvermogen. Het

kauwvermogen kan worden gekwantificeerd door personen op een gestandaardiseerd testvoedsel te laten kauwen (Olthoff *et al*, 1984; Bosman *et al*, 1993; Van der Bilt *et al*, 1994). Als testvoedsel is zowel natuurlijk (pinda's, wortels e.d.) als kunstmatig (bijv. siliconen rubber) voedsel gebruikt. Na kauwen wordt het verkleinde voedsel gezeefd en gewogen. Er blijkt een grote samenhang te bestaan tussen de gebitstatus en de mate van verkleining van het voedsel (Van der Bilt *et al*, 1994). Het kauwvermogen van een groep patiënten met een onvolledig gebit, gemiddeld 5,8 ontbrekende (pre)molaren, bleek significant kleiner te zijn dan dat van een controlegroep van proefpersonen met een volledige dentitie. Het aantal kauwslagen dat nodig is om de begingrootte van het voedsel (8 kubusjes Optosil met een ribbe van 8 mm) te halveren bedroeg voor de patiënten gemiddeld 58, terwijl de personen uit de controlegroep hiervoor maar 16 kauwslagen gebruikten. Na restauratieve behandeling van de patiënten, waardoor het aantal ontbrekende (pre)molaren afnam van 5,8 tot 2,7, nam het kauwvermogen significant toe. De behandelde patiënten hadden nu gemiddeld nog maar 29 kauwslagen nodig om het voedsel tot de helft van de begingrootte te kauwen. Weliswaar is dat nog steeds een groter aantal kauwslagen dan bij de controlegroep, maar de patiënten hadden ook na behandeling nog geen volledige dentitie. Het kauwvermogen van mensen met een volledige gebitsprothese is nog weer kleiner dan dat van de patiënten met een onvolledige dentitie. Gemiddeld hebben gebitsprothesedragers meer dan vier keer zoveel kauwslagen nodig als dentate personen om een zelfde mate van voedselverkleining te verkrijgen (Slagter *et al*, 1993). Niet alleen naar het objectieve kauwvermogen is veel onderzoek gedaan, maar ook het subjectieve kauwvermogen is uitgebreid onderzocht (Witter *et al*, 1990). Met behulp van vragenlijsten is vastgelegd hoe een persoon zijn eigen kauwvermogen beoordeelt. Er bestaat echter heel weinig onderzoek waarin het objectief en subjectief gemeten kauwvermogen met elkaar vergeleken worden. Uit het bovengenoemde onderzoek waarbij gebitsrehabilitatie plaatsvond, bleek dat er geen samenhang bestaat tussen de objectief gemeten verandering in het kauwvermogen en de door de personen aangegeven verandering (Van der Bilt *et al*, 1994). Gebitsrehabilitatie zal in het

algemeen tot een verbetering van het kauwvermogen leiden. Het is echter onvoorspelbaar in welke mate deze verbetering van het kauwvermogen door de persoon gewaardeerd zal worden.

Literatuur

- BILT A VAN DER, GLAS HW VAN DER, OLTHOFF LW, BOSMAN F. The effect of particle size reduction on the jaw gape in human mastication. *J Dent Res* 1991; 70: 931-937.
- BILT A VAN DER, OLTHOFF LW, BOSMAN F, OOSTERHAVEN SP. Chewing performance before and after rehabilitation of postcanine teeth in man. *J Dent Res* 1994; 73: 1677-1683.
- BILT VAN DER A, OTTENHOFF FAM, GLAS HW VAN DER, BOSMAN F, ABBINK JH, WEIJNEN FG. Neuromuscular control of simulated chewing in humans. In: Brain and oral functions. Morimoto T, Matsuya T, Takada K (red.). Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1995; 125-140.
- BOSMAN F, BILT A VAN DER, GLAS HW VAN DER, OLTHOFF LW, SLAGTER AP. Kauwen: een verkleinend probleem. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1993; 100: 16-19.
- GLAS HW VAN DER, BOSMAN F, BILT A VAN DER. Reflexen in het kauwstelsel. Hoe sturen wij de onderkaak zonder erbij na te denken? *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1998; in press.
- LAVIGNE G, KIM JS, VALIQUETTE C, LUND JP. Evidence that periodontal pressoreceptors provide positive feedback to jaw closing muscles during mastication. *J Neurophysiol* 1987; 58: 342-358.
- LUCAS PW, OW RKK, RITCHIE GM, CHEW CL, KENG SB. Relationship between jaw movement and food breakdown in human mastication. *J Dent Res* 1986; 65: 400-404.
- MORIMOTO T, NAKAMURA O, OGATA K, ET AL. Autoregulation of masticatory force during fictive mastication in the anesthetized rabbit. In: Morimoto T, red. Brain and oral functions. Amsterdam: Elsevier, 1995: 115-124.
- OLTHOFF LW, BILT A VAN DER, BOSMAN F, KLEIZEN HH. Distribution of particle sizes in food comminuted by human mastication. *Arch Oral Biol* 1984; 29: 899-903.
- OTTENHOFF FAM, BILT A VAN DER, GLAS HW VAN DER, BOSMAN F. Peripherally induced and anticipated elevator muscle activity during simulated chewing in humans. *J Neurophysiol* 1992; 67: 75-83.
- SLAGTER AP, BOSMAN F, BILT A VAN DER. Comminution of two artificial test foods by dentate and edentulous subjects. *J Oral Rehabil* 1993; 20: 159-176.
- WITTER DJ, CRAMWINCKEL AB, ROSSUM GMJM, KÄYSER AF. Shortened dental arches and masticatory ability. *J Dent* 1990; 18: 185-189.

Summary

MASTICATION AND MASTICATORY SYSTEM. HOW DO WE 'CRUSH' OUR FOOD?

Keywords: Mastication – Neuromuscular control – EMG

One of the functions of the masticatory system is to prepare food for swallowing by crushing it into small pieces to be moistened with saliva. The degree of fragmentation of the food particles depends on factors like the chewing force generated by the closer muscles, the jaw movement, and the morphological aspects of the teeth. The jaw movement is the result of a precise neuromuscular control of the various chewing muscles. Experimental research showed that the muscle activity needed to crush the food particles exists of two components: an anticipating component and a component evoked by the food resistance. The anticipating muscle activity is observed only if food resistance is expected. The muscle activity evoked by the food starts on average 25 ms after food contact. The amount of peripherally induced muscle activity linearly increases as a function of the food resistance. This part of the muscle activity is controlled by sensory information of the masticatory system.