

# Tussen happen en slikken

## Fysiologie van het kauwproces

**Samenvatting.** Bij de mens zijn de kauwbewegingen nagenoeg cyclisch en voornamelijk verticaal. De precieze beweging hangt af van vele factoren, onder andere de hoeveelheid en de consistentie van het voedsel en de morfologie van de oclusale vlakken. De kauwkrachten variëren bij normaal functioneren tussen de 10 en 50 N. De kauwbewegingen en de kauwkracht zijn het resultaat van een gecoördineerd patroon van spieractiviteiten. Het basispatroon vindt z'n oorsprong in een zogenaamde centrale patroon-generator, gelokaliseerd in de hersenstam. Het kauwvermogen voor vast voedsel kan men karakteriseren door de mate van deeltjesverkleining te bepalen. De regeling van de precieze timing en de intensiteit van de spieractiviteit die nodig is om het voedsel te verbrijzelen, wordt gestuurd via sensorische informatie uit het kauwstelsel. Tijdens het kauwen speelt de tong een belangrijke rol in het transport van het voedsel. 'Hoe' is nog goeddeels onbekend.

BOSMAN F. Tussen happen en slikken. De fysiologie van het kauwproces. Ned Tijdschr Tandheelkd 1995; 102: 438-40.

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

Trefwoorden: Voeding - Kauwen

Datum van acceptatie: 24 augustus 1995.

Adres: Prof.dr. F. Bosman,  
vakgroep MZK/BT,  
postbus 80.037, 3508 TA Utrecht.

### 1 Inleiding

Kauwen is niet de eerste schakel in het voedingsgedrag van de mens. Voorafgaand immers aan het eigenlijke nuttigen van het voedsel wordt een keuze gemaakt wat er wordt gegeten en daarna wordt het voedsel voorbereid. Deze activiteiten doen een beroep op vaardigheden en creativiteit, tenzij men het voedsel laat bereiden. Hoewel het verleidelijk is ook over de rituelen van het bereiden van de maaltijd en het nuttigen daarvan te schrijven, zullen we ons beperken tot de fysiologische bezigheid die in deze bijdrage centraal staat: *het kauwen*.

Het doel van kauwen is het voedsel te verkleinen en te vermengen met speeksel en het zo gereed te maken voor het proces van spijsvertering. Bij het verkleinen van het voedsel gaat het om de mechanische interactie tussen de gebitselementen en het voedsel. Kaakbewegingen, manipulatie van het voedsel door de tong en krachtsuitoefening op het voedsel spelen daarbij een rol, evenals de morfologie van de oclusale vlakken en de mechanische eigenschappen van het voedsel. Het is dan ook niet verwonderlijk dat een aantal meetbare grootheden van het kauwproces veel onderlinge variabiliteit vertoont. Toch zijn enkele karakteristieken te geven.

### 2 Kauwbewegingen

Kauwen bestaat uit een opeenvolging van openings- en sluitbewegingen en heeft een cyclisch karakter. Een kauwcyclus wordt meestal omschreven als de periode tussen twee opeenvolgende kenmerkende posities van de onderkaak, bijvoorbeeld maximale opening of sluitpositie. De cyclusduur ligt meestal tussen de 0,8 en 1,5 seconden.

Registratie van de kauwbeweging in het frontale vlak van een aan de onderkaak verbonden infrarood lampje, net voor de incisieven, laat een grote mate van variabiliteit zien (afb. 1). Kauwzijde, consistentie van het voedsel, grootte van de spijsbrok, positie van de brok in de mondholte enz. spelen een rol bij de totstandkoming van de baan. Het algemene beeld is dat de openingsbeweging een lichte laterale component heeft naar de niet-kauwzijde (contralateraal). Voor de omslag van openen naar sluiten verschijnt een ombuiging naar de kauwzijde (ipsilateraal). Deze wordt sterker doorgezet in de sluitbeweging. Het tweede deel van de sluitfase wordt in de Angelsaksische literatuur vaak de 'power stroke' of 'power phase'

genoemd. In die fase wordt er kracht uitgeoefend op het voedsel. Deze fase eindigt in de oclusale fase, dat is het deel van de beweging waarin elementen van onder- en bovenkaak contact maken en langs elkaar glijdend de positie van maximale oclusie bereiken. Daarna begint de cyclus opnieuw.

Onderzoek waarbij registraties van de verticale beweging als functie van tijd werden bestudeerd, laat zien dat de sensorische informatie betreffende de bolusconsistentie en -grootte van invloed is op de cyclusduur.<sup>1,2</sup> Zo is geconstateerd dat de cyclusduur toeneemt bij een grotere voedselbolus en bij harder voedsel.<sup>2,3</sup> Met betrekking tot de maximale mondopening tijdens kauwen kan men verwachten dat deze groter is naarmate de voedselbolus groter is. Tijdens opeenvolgende cycli zal met verkleinen van de voedselbolus ook de maximale mondopening afnemen.<sup>4,5</sup> In ieder geval blijkt uit dit soort onderzoek dat een complex systeem van informatie vanuit het kauworgaan de uiteindelijke bewegingen mede beïnvloedt.

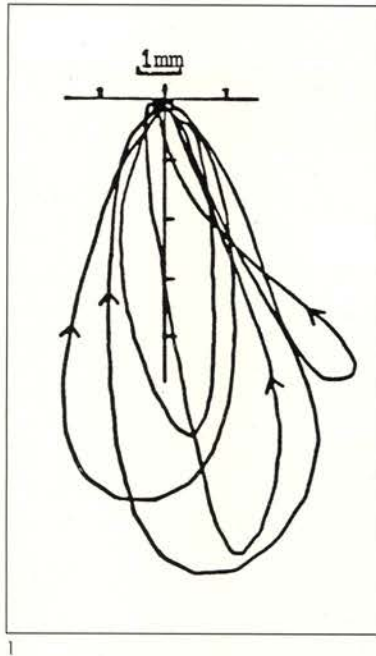
### 3 Kauwkrachten

Over kauwkrachten is aanzienlijk minder bekend dan over kauwbewegingen. Dat is te wijten aan het feit dat tot nu toe geen relatief eenvoudige methode is ontwikkeld om deze krachten tijdens de normale functie te registreren. Het inbouwen van kracht-transducers in een kroon of een brug is technisch niet eenvoudig en gebeurt betrekkelijk weinig. Registraties over meerdere kauwcycli zijn zeldzaam.<sup>6</sup> Daarbij moet men zich wel afvragen of de registraties bij zo'n restauratie een getrouw beeld geven van de krachten op een natuurlijk element.

Het vastleggen van de spierkracht met behulp van elektro-myografie (EMG) geeft nog zoveel methodologische problemen dat betrouwbare kwantitatieve resultaten nog niet kunnen worden vermeld. De gegevens die er wel zijn, geven aan dat de kauwkracht tijdens normale functie varieert tussen 10 en 50 N, waarbij uitschieters naar aanzienlijk hogere waarden, bijvoorbeeld 100 N, zeker kunnen voorkomen. Deze waarden worden ondersteund door onderzoek naar de 'hardheid' van voedsel zoals wortel, koolraap en kaas. Blokjes van deze materialen werden in een *in vitro*-experiment verbrijzeld en de benodigde kracht vastgelegd.<sup>7</sup> Hoe het kauwstelsel precies en zo ongemerkt met de diversiteit aan consistentie van de verschillende voedingsmiddelen omgaat, is niet duidelijk.



Afb. 1. Bewegingsbanen van de onderincisieven in het frontale vlak tijdens kauwen. De pijlen geven de richting aan waarin de banen worden doorlopen.



Afb. 2. Vereenvoudigd schema van het neuromusculaire circuit dat bij het kauwen is betrokken.<sup>10</sup>

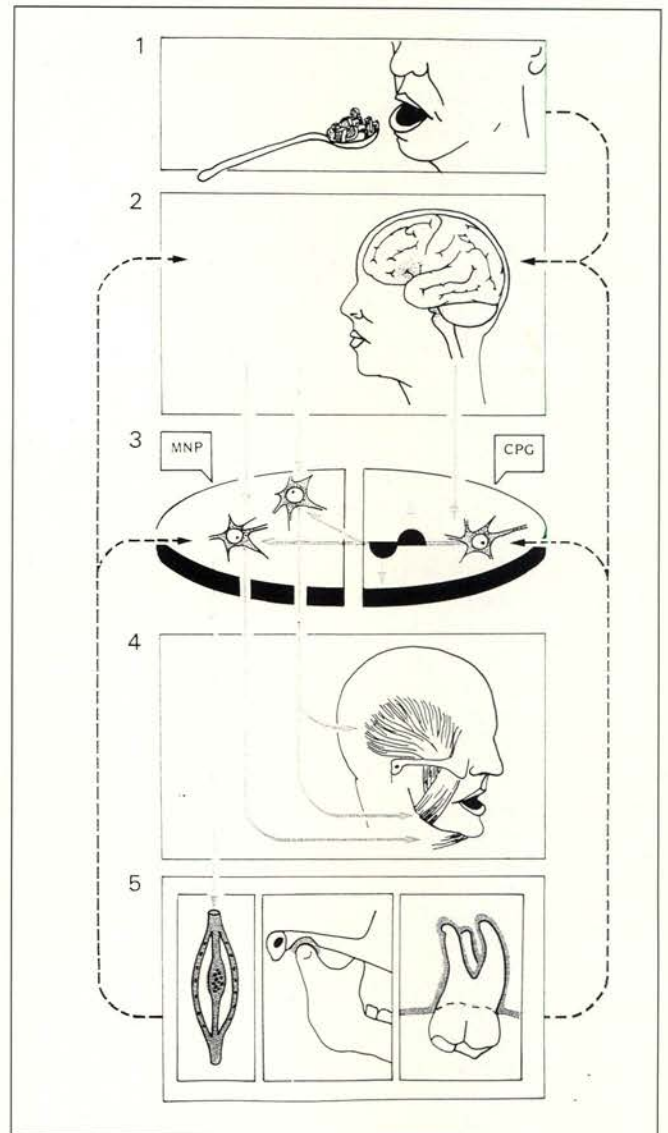
1. De intentie tot kauwen.
2. De hogere delen van het zenuwstelsel (o.a. de cortex) die signalen naar de hiërarchisch lagere structuren zenden en zo de kauwactiviteit aansturen.
3. De motorneuronen-poel (MNP) van de sluit- en de openerspiers. Deze worden geactiveerd of in hun activiteit geremd door de signalen uit de hogere delen en door signalen uit de centrale patroon-generator (CPG). Deze laatste, in de hersenstam gelegen, neuronale structuur activeert cyclisch de motorneuronen van de sluit- en openerspiers.
4. Belangrijke spieren die bij het kauwen zijn betrokken: de m. masseter, m. temporalis en de m. digastricus.
5. Sensorische informatie is afkomstig van de spierspoeltjes (links), van de gewrichtsreceptoren (midden) en van de mechanoreceptoren in het parodontium en de mucosa. Deze informatie wordt doorgegeven aan de hogere en de lagere delen van het zenuwstelsel.

#### 4 Kauwvermogen

Zoals eerder gezegd, heeft het kauwen tot doel het voedsel te verkleinen. De mate waarin dit gebeurt, kan voor voedseldeel-tjes worden bepaald door de mate van verkleining van die deeltjes vast te stellen. Dit vindt plaats door na een zeker aantal kauwcycli de deeltjes te verzamelen en met een zeefkolom naar grootte te sorteren. De mediane deeltjesgrootte en de variatie in grootte blijken geschikte maten om de verdeling te karakteriseren. Als maat voor het kauwvermogen wordt gebruikt de mate waarin de mediane grootte afneemt als functie van het aantal kauwcycli.<sup>89</sup> Ook in de bijdrage van Slagter elders in dit nummer komt één en ander nader aan de orde.

#### 5 Neuromusculaire aspecten van het kauwen

De variabiliteit in opeenvolgende kauwbanen en het kunnen omgaan met een grote diversiteit aan voedselconsistentie en -vorm hebben onderzoekers de overtuiging gegeven dat informatie uit het kauwstelsel, d.w.z. uit spieren, gewricht, parodontium, mucosa en tong, een belangrijke rol spelen. Aan de andere kant is bekend dat kauwbewegingen bewust kunnen worden ingezet, beëindigd of veranderd. Dus ook hogere delen van het zenuwstelsel zullen een betrokkenheid hebben bij het kauwen. De exacte gang van zaken is niet bekend, maar



2

onderzoek heeft wel het één en ander aan het licht gebracht.

Bij gelijktijdige registratie van kaakbewegingen en EMG valt op dat de bewegingen een tamelijk constant ritme vertonen, de activiteit van de sluitspiers gedurende de eerste, snelle fase van het sluiten beperkt is en zij deze activiteit snel opbouwen na contact tussen voedsel en gebitselementen. Deze extra spieractiviteit is nodig om tegen de weerstand van het voedsel in de mond te kunnen sluiten. Een vereenvoudigd schema van het bij het kauwen betrokken neuronale circuit is weergegeven in afbeelding 2.<sup>10</sup>

Waar de basisactiviteit van de spieren afkomstig kan zijn van een centrale patroon-generator (CPG), is er geen onderzoek dat aanleiding geeft te veronderstellen dat de extra spieractiviteit vanuit hetzelfde circuit wordt gestuurd. De vraag is of de extra spieractiviteit het resultaat is van een anticiperend mechanisme of van directe informatie van sensoren in het kauwstelsel. In het eerste geval zal de extra spieractiviteit moeten zijn voorgeprogrammeerd op basis van uit vorige kauwslagen verkregen informatie die moet worden doorgegeven om de intensiteit van de extra spieractiviteit in de actuele kauwslag aan te passen. In het tweede geval zal de sensore informatie uit de actuele kauwslag zodanig moeten zijn, dat de extra spieractiviteit op het goede tijdstip aanwezig is en van voldoende intensiteit om de actuele weerstand te overwinnen. In alle gevallen moet er echter sprake zijn van adequate informatie over afmetingen en consistentie van de te kauwen spijsbrok. Dit aspect is onderzocht bij konijnen. Hierbij werden de open-



sluitbewegingen onverwacht tegengegaan door een hard voorwerp tussen de antagonistische elementen te plaatsen en werd de reactie bestudeerd.<sup>11, 12</sup> Ook werd onderzoek verricht bij gezonde proefpersonen bij wie tijdens cyclische open-sluitbewegingen in de sluitfase een externe tegenwerkende kracht werd aangebracht die de voedselweerstand simuleerde.<sup>13</sup> Beide soorten experimenten wijzen op het belang van de prikkeling van bepaalde receptoren in de actuele kauwslag voor de sturing van de extra spieractiviteit. Een ruwe schatting leert dat ongeveer 30% van deze activiteit een gevolg is van anticipatie en dat 70% van de total activiteit tot stand komt door directe en acute informatie van de sensoren in het kauwstelsel.

## 6 Receptoren in het kauwstelsel

De receptoren die mogelijk een rol spelen bij de terugkoppeling zijn de gewrichtsreceptoren, de spierspoeltjes en de mechanoreceptoren in parodontium en mucosa. Van de receptoren in het kaakgewricht is weinig bekend over hun functie bij de sturing van spieractiviteit.

Spierspoeltjes zijn aanwezig in de sluitspieren, niet in de openers. Deze receptoren geven informatie over de lengte van de spier en de snelheid waarmee deze zich wijzigt. Door middel van het gamma-systeem is hun gevoeligheid instelbaar. Het zijn de receptoren die o.a. verantwoordelijk zijn voor de kaak-reekreflex.

Van de mechanoreceptoren in het parodontium is bekend dat zij een signaal afgeven als functie van grootte en richting van krachten op de gebitselementen. Grote, plotselinge krachten kunnen via deze receptoren leiden tot de kaak-openingsreflex, een beschermend mechanisme tegen te grote krachten. Bij de kauwfunctie kunnen ze exiterend werken op de sluitspieren.<sup>14</sup>

## 7 Functie van de tong

De tong is opgebouwd uit de intrinsieke tongspieren. Activiteit van deze spieren zorgt voor vormveranderingen van de tong. De extrinsieke tongspieren zorgen voor de grote bewegingen zoals protrusie, retractie en laterale bewegingen. Tijdens het kauwen heeft de tong naast de smaakfunctie als belangrijkste taak bij te dragen aan het transport van het voedsel. De tong brengt het voedsel op de gebitselementen zodat het vermalen kan worden. Ook is de tong in staat het voedsel tegen het palatum en/of de elementen te drukken, waardoor zacht voedsel geplet wordt. Over de wijze waarop de betrokken tongmusculatuur wordt gestuurd, is weinig bekend. Dat er coördinatie met het sturen van de kauwspieren plaatsvindt, is wel duidelijk, al blijkt het maar uit het geringe aantal keren dat iemand op de tong bijt tijdens kauwen, terwijl het geen kunst is de tong tussen de elementen te plaatsen.

Nadat het voedsel voldoende verbrijzeld is en de benodigde vermenging met speeksel heeft plaatsgevonden, wordt door de tong de voedselbolus naar dorsaal geplaatst en begint het slikproces. De daarbij betrokken spieractivaties hebben hun eigen aansturing. Deze problematiek valt buiten het bestek van deze bijdrage.

## 8 Slot

Samenvattend kan worden gesteld dat het kauwen een activiteit is die voornamelijk 'automatisch' verloopt, waarbij een complex samenspel tot stand komt van diverse spieren, geregeld door diverse delen van het zenuwstelsel. Er bestaat al veel kennis van dit proces, maar er bestaan nog veel aspecten aan het kauwen waarvan weinig tot niets bekend is en die wetenschappelijk onderzoek vereisen.

## Literatuur

- 1 Ahlgren J. Masticatory movements in man. In: Anderson DJ, Mathews B, red. Mastication. Bristol: Wright, 1976.
- 2 Thexton A, Hiimeae KM, Crompton AW. Food consistency and bite size as regulators of jaw movement during feeding in the cat. *J Neurophysiol* 1980; 44: 456-74.
- 3 Horio T, Kawamura Y. Effects of texture of food on chewing patterns in the human subject. *J Oral Rehabil* 1989; 16: 177-83.
- 4 Jemt T, Karlsson S, Hedegård B. Mandibular movements of young adults recorded by intraorally placed light emitting diodes. *J Prosthet Dent* 1979; 42: 669-73.
- 5 Lucas PW, Ow RKK, Ritchie GM, et al. Relationship between jaw movement and food breakdown in human mastication. *J Dent Res* 1986; 65: 400-4.
- 6 Boever J de. Radiotelemetrische en elektromyografische studie van de functionele occlusale krachten. Gent: Rijksuniversiteit, 1975. Academisch proefschrift.
- 7 Olthoff LW, Bilt A van der, Boer A de, et al. Comparison of force-deformation characteristics of artificial and several natural foods for chewing experiments. *J Texture Studies* 1986; 17: 275-89.
- 8 Olthoff LW, Bilt A van der, Bosman F, et al. Distribution of particle sizes in food comminuted by human mastication. *Arch Oral Biol* 1984; 29: 899-903.
- 9 Bosman F, Bilt A van der, Glas HW van der, et al. Kauwen: een verkleinend probleem. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1993; 100: 16-9.
- 10 Olthoff LW. Comminution and neuromuscular mechanisms in human mastication. Utrecht: Rijksuniversiteit, 1986. Academisch proefschrift.
- 11 Lavigne G, Kim JS, Valiquette C, et al. Evidence that periodontal pressure receptors provide positive feedback to jaw-closing muscles during mastication. *J Neurophysiol* 1987; 58: 342-58.
- 12 Morimoto I, Inoue T, Masuda Y, et al. Sensory components facilitating jaw-closing muscle activities in the rabbit. *Exp Brain Res* 1989; 76: 424-40.
- 13 Ottenhoff FAM, Bilt A van der, Glas HW van der, et al. Peripherally induced and anticipated elevator muscle activity during simulated chewing in humans. *J Neurophysiol* 1992; 67: 75-83.
- 14 Linden RWA. Periodontal mechanoreceptors and their functions. In: Taylor A, red. Neurophysiology of the jaws and teeth. Hong Kong: The McMillan Press Ltd, 1990.

## Summary

### BETWEEN BITING AND SWALLOWING. PHYSIOLOGY OF MASTICATION

Key words: Diet – Mastication

Masticatory movements in man are almost cyclic and mainly vertical. The precise movements depend on many factors, such as the amount of food, its consistency and the morphology of the occlusal planes. In normal function chewing forces range from 10 to 50 N. For solid food the chewing performance can be characterized by determining the particle size of the comminuted food. Chewing movements and chewing forces result from a coordinated pattern of muscle activities. The basic pattern results from a central pattern generator in the brain stem. The control of the precise timing and intensity of the muscle activity necessary for comminuting the food is a result of anticipation and of sensoric information from the masticatory system. During chewing the tongue plays an important role in transporting the food.