



# De mythe van de optimale kracht

E.J. van Leeuwen  
J.C. Maltha

Orthodontische tandverplaatsing verloopt altijd volgens een bepaald stramien. Er zijn vier fases te onderscheiden. Tijdens de laatste, lineaire fase migreert de tand door het bot. Het ligt voor de hand te denken dat de migratiesnelheid dan gerelateerd is aan de grootte van de kracht of de druk die in het parodontale ligament wordt opgebouwd. Over de grootte van de optimale druk is geen consensus. Adviezen in de literatuur lopen uiteen van 2 tot 30 KPa. Uit dierexperimenteel onderzoek blijkt dat er een grote krachtenreeks is waarbinnen de krachtgrootte niet uitmaakt. De dosisresponsrelatie blijkt alleen geldig voor veel lagere krachten dan die normaal in de praktijk worden gebruikt.

LEEUWEN EJ VAN, MALTHA JC. De mythe van de optimale kracht. Ned Tijdschr Tandheelkd 2000; 107: 135-137.

## Inleiding

Orthodontische tandverplaatsing is een biologische reactie van de dentoalveolaire weefsels op opzettelijk aangebrachte externe krachten. Deze krachten induceren tandverplaatsing die volgens een vast 'ritueel' verloopt. Pilon et al (1996) beschrijven vier verschillende fases (afb. 1). De eerste fase is de initiële verplaatsing en is hoofdzakelijk het gevolg van de compressie van het parodontale ligament. De tweede fase, waarin ogenschijnlijk weinig gebeurt, wordt geassocieerd met de hyalinisatie van het parodontale ligament. In de derde fase komt remodellering van het bot op gang en zal het element zich met toenemende snelheid gaan verplaatsen. De vierde fase, ook wel de lineaire fase genoemd, is de laatste fase. Als de kracht constant gehouden wordt, zal het element met een min of meer constante snelheid verplaatsen zolang de kracht actief blijft. De biologische processen die hieraan ten grondslag liggen, worden elders in dit themanummer besproken (Maltha en Van Leeuwen, 2000).

Mechanische orthodontische therapieën zouden dus rekening moeten houden met de mogelijkheden en beperkingen van dit biologische systeem. Een aantal gerenommeerde behandelingsfilosofieën ontleent zijn bestaansrecht aan het 'voorspelbare' en 'controleerbare' gedrag van elementen onder invloed van bepaalde orthodontische krachten. Zo kent de Begg-therapie het begrip 'differential force'. Door het selectief gebruik van kleine of zeer grote krachten, wordt beoogd de mate van tandverplaatsing te beïnvloeden. Bij het sluiten van het extractiediasteem van een onderpremolair gebruikt men bijvoorbeeld kleine reciproke krachten met het doel de cuspidaat naar distaal verplaatsen, maar de molaar niet naar mesiaal. De geringe kracht geeft wel een biomechanische respons bij de cuspidaat maar is te klein om de grotere molaren te laten verplaatsen. Bij zeer grote krachten daarentegen zal het parodontale ligament van de cuspidaat hyaliniseren, waardoor het element vrijwel niet verplaatst. De kracht is echter wel goed om de molaar in beweging te zetten. Zo zou de cuspidaat als verankeringspijler kunnen dienen bij het naar mesiaal verplaatsten van de molaar. Dergelijke theorieën zijn echter niet gebaseerd op onderzoek onder gestandaardiseerde omstandigheden, maar op

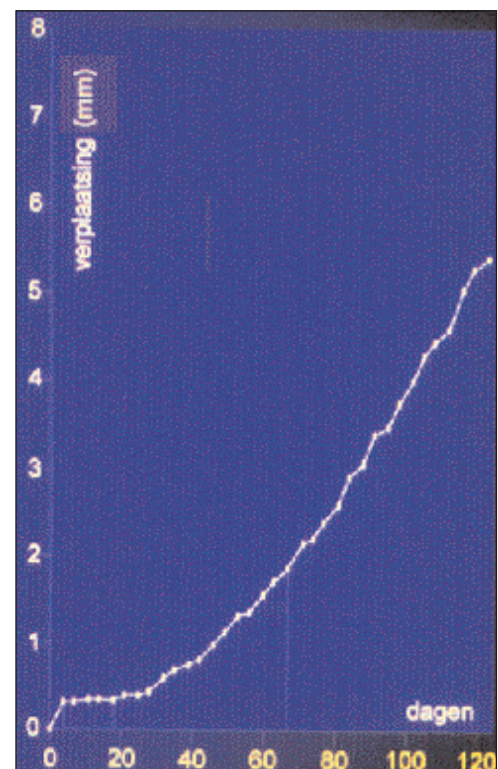
klinische empirie. Er bestaat nog steeds geen consensus over de wijze waarop elementen het meest efficiënt kunnen worden verplaatst. De vraag is hoe de snelste tandverplaatsing kan worden verkregen zonder dat onomkeerbare schade wordt toegebracht aan de tandwortel, het alveolaire bot of het parodontale ligament. Pas de laatste paar jaar is hierin op basis van dierexperimenteel onderzoek meer inzicht gekomen.

## De optimale kracht volgens de literatuur

Grofweg kunnen twee verschillende vormen van tandverplaatsing worden onderscheiden: bodily en tippende tandverplaatsing. Tijdens bodily tandverplaatsing is de druk gelijkmatig over het worteloppervlak verdeeld. Tijdens tippende tandbewegingen kantelt een element rond zijn weerstandspunt. Hierdoor is de druk cervicaal en apicaal vele malen hoger dan ter hoogte van het weerstandspunt en de verdeling van de druk over het parodontale ligament is moeilijk controleerbaar (afb. 2).

De cellulaire respons die verantwoordelijk is voor de alveolaire botbouw, en dus de mate van tandverplaatsing, is gerelateerd aan de drukverandering of vervorming (strain) in het parodontale ligament en het omringende alveolaire bot. En die is weer afhankelijk van de

**Afb. 1. Voorbeeld van een tijd-verplaatsingscurve van een tand waarop continu een kracht van een constante grootte wordt uitgeoefend. De overgang tussen de vier fases van tandverplaatsing is met verticale lijnen aangegeven.**



## Samenvatting

Trefwoorden:

- Orthodontie
- Tandverplaatsing
- Krachtgrootte

Uit de afdeling Orthodontie en Orale Biologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen.

Datum van acceptatie: 1 januari 2000.

Adres:

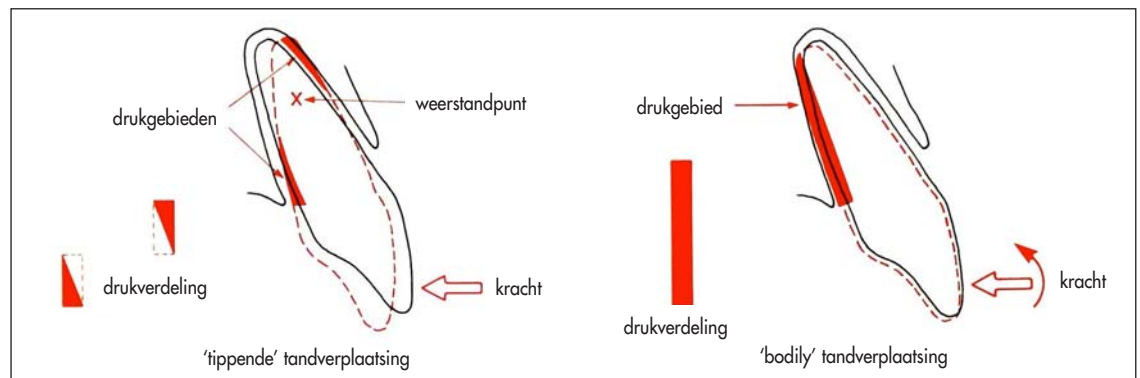
Dr. J.C. Maltha

KUN

Postbus 9101

6500 HB NIJMEGEN

Afb. 2. Schematische tekening van de verschillen in drukverdeling in het parodontale ligament bij tippende en bodily tandverplaatsing. (Met toestemming overgenomen uit Proffit en Fields, 2000, pag. 304.)



gebruikte kracht, de afmetingen van het worteloppervlak en de mechanische eigenschappen van het parodontale ligament.

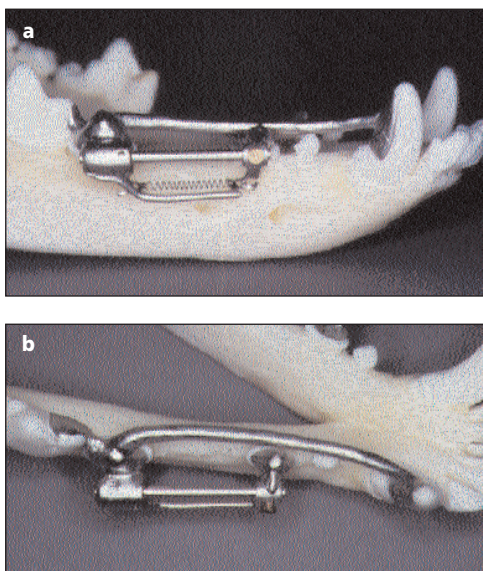
In het verleden zijn ruwe schattingen gemaakt over de druk die door orthodontische krachten in het parodontale ligament gegenereerd wordt door orthodontische krachten in relatie met tandverplaatsing. Meer dan 45 jaar geleden concludeerden Smith en Storey (1952) en Storey en Smith (1952) dat niet een enkele specifieke kracht, maar een reeks van krachten tot de maximale snelheid van tandverplaatsing kon leiden. Krachten beneden de ondergrens van deze reeks zouden geen of heel weinig verplaatsing geven en krachten boven de bovengrens zouden de tandverplaatsing juist weer vertragen. Een zelfde relatie tussen de druk in het parodontale ligament en de snelheid van tandverplaatsing werd beschreven door Boester en Johnston (1974) en Quinn en Yoshikawa (1985). Er is echter geen consensus over de grootte van deze optimale drukreeks. In de literatuur loopt het advies over de optimale druk uiteen van 2 tot 30 KPa (KPa = KiloPascal; 1 Kpa, 10 g/cm<sup>2</sup>).

periode van drie maanden kan de tweede premolaar naar distaal worden verplaatst. De tandverplaatsing vindt plaats langs een geleide-as van 2 mm dik. In dit robuuste systeem kunnen de gebitselementen vrijwel frictieloos bodily worden verplaatst door gebruik te maken van een speciale kunststof coating in de geleidelagers (afb. 3).

De orthodontische kracht wordt geleverd door Sentalloy 'closed coil springs' (firma GAC). Het geheugenmetaal Sentalloy geeft na activering een constante kracht af, ook al wordt de veer korter tijdens het experiment. Pilon et al (1996) gebruikten krachten van 50, 100 en 200 cN (1 cN = ± 1 gram), wat neerkomt op een druk van ongeveer 10, 20 of 40 KPa. Het bleek dat er binnen deze reeks van krachten geen verschil was in de snelheid waarmee tanden verplaatsten in de lineaire fase. Er was echter wel een groot verschil in de snelheid van tandverplaatsing tussen de verschillende honden.

Afb. 3. Orthodontische apparatuur gebruikt in experimenten met honden. De tweede premolaar wordt naar distaal (= links) verplaatst).

- a. Lateraal aanzicht.
- b. Occlusaal aanzicht.



### Tandverplaatsingsonderzoek in beagle honden

Gestandaardiseerd (dierexperimenteel) onderzoek naar de relatie tussen orthodontische kracht en tandverplaatsing kan meer inzicht verschaffen in de fysiologie van tandverplaatsing, en daardoor een beter fundament leveren voor orthodontische therapieën. Omdat praktische en ethische bezwaren dergelijk onderzoek in patiënten onmogelijk maken, is bij de afdeling Orthodontie en Orale Biologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen een dierexperimenteel hondenmodel ontwikkeld. In dit model is het mogelijk onder gecontroleerde omstandigheden elementen bodily te verplaatsen. Hiertoe wordt de derde premolaar in de onderkaak geëxtraheerd en na een inhelings-

### How low can we go?

De minimale kracht waarbij een tweede premolaar van een hond nog verplaatst kon worden bleek dus nog lager te zijn dan 50 cN. Van Leeuwen et al (1999) waren de eersten die met krachten van 10 en 25 cN gingen werken. Dit zijn zeer kleine krachten (2 velletjes A4 wegen al 10 gram), die een druk veroorzaken van ongeveer 2 of 5 KPa. Het bleek dat er over de gehele experimentele groep een significant verschil bestond tussen beide krachten, wat op een dosisresponsrelatie in deze lage krachtenreeks kan duiden. Maar ook hier werden grote individuele verschillen gevonden. Bij sommige honden was de snelheid van tandverplaatsing bij 10 en 25 cN gelijk en het lijkt er dus op dat voor deze honden het traject waarbij een dosisresponsrelatie optreedt beneden 10 cN ligt, en dat er bij een kracht van 10 cN al een plafond bereikt is, waarna een toename van kracht geen invloed meer heeft op de snelheid van tandverplaatsing. Dus hetgeen patiënten nog wel eens roepen: "Span de zaak maar lekker strak aan want dan gaat het sneller", lijkt dus niet te werken.

Hoe ver de kleine krachten van 10 en 25 cN afliggen van wat gangbaar is in de klinische praktijk moge blijken uit het feit dat bij het sluiten van een extractiediaasteem van een premolaar met een 'elastic chain' al snel een kracht van 500 cN op de individuele elementen wordt gezet. De vraag is dus of een dergelijke grote kracht wel noodzakelijk is voor een effectieve verplaatsing.

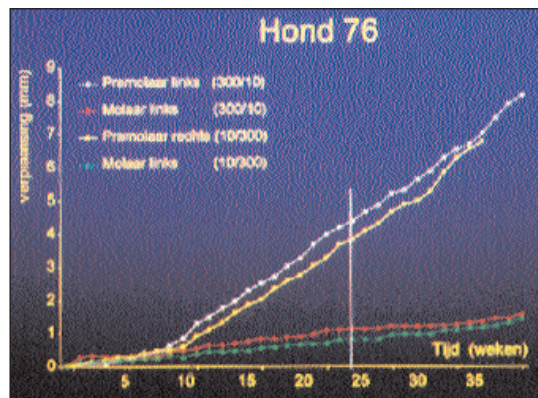
Omdat het mechanisch vrijwel niet mogelijk is om

krachten lager dan 10 cN te gebruiken is, het experimentele model van de beagle hond uitgebreid naar de eerste molaar. Het worteloppervlak van dit element is ongeveer tien keer zo groot als dat van een premolaar. Bij een kracht van 10 cN komt de effectieve druk in het parodontale ligament van de molaar dus overeen met de druk in het parodontale ligament van een premolaar wanneer deze met een kracht van 1 cN zou worden belast, dus ongeveer 0,2 Kpa. In de nieuwe experimentele opzet is ter plaatse van het extractiediaasteem een implantaat geplaatst en reciprook werd met dezelfde kracht de premolaar naar distaal en de molaar naar mesiaal verplaatst. Bij dit experiment werd in een kaakhelft gestart met 10 cN en in de andere kaakhelft met 300 cN. Halverwege het experiment werden de krachten omgedraaid. Wat 10 cN was werd 300 cN en visa versa. Voorlopige verwerking van de gegevens leverde de grafiek in afbeelding 4 op.

Opvallend is dat zelfs met een zeer geringe constante kracht van 10 cN grote elementen als de eerste ondermolaren verplaatsen. Het lijkt voor de premolaar noch voor de molaar iets uit te maken of het element met 10 of met 300 cN wordt belast. Anders zou de hellingshoek van de grafiek moeten veranderen bij de krachtwisseling. De elementen links en rechts verplaatsen even snel, maar premolaren verplaatsen in dit experiment altijd sneller dan de molaren. Dit lijkt niet goed te verklaren met een eenvoudige dosisresponsrelatie, maar een mogelijke verklaring zou gevonden kunnen worden in de lokale botmorfologie. De premolaren zitten in een deel van de onderkaak dat meer spongieus bot bevat dan het molaargebied waar dikker corticaal bot aanwezig is. Dit zou gevolgen kunnen hebben voor de snelheid waarmee de turnover van het bot kan plaatsvinden.

### Bestaat er een optimale kracht?

Het lijkt erop dat er geen universele optimale kracht (of druk) bestaat om tanden te verplaatsen. De grote biologische verschillen tussen individuen leiden ertoe dat bij sommige individuen premolaren met 25 cN sneller verplaatsen dan in andere gevallen met 100 cN. Per individu lijkt echter wel degelijk een optimale kracht of liever gezegd een hele reeks van krachten te bestaan. Voor iedere patiënt is er een minimum kracht waarboven tandverplaatsing mogelijk is. Bij verhoging van de kracht wordt al snel het optimale gebied bereikt. Verdere verhoging van de kracht heeft geen invloed op de snelheid van tandverplaatsing, maar



Afb. 4. Tijd-verplaatsingscurve van een hond waarbij reciprook krachten zijn uitgeoefend op de premolaar en de molaar. Initiële krachten: links 300cN, rechts 10 cN. Op het aangegeven tijdstip (zie verticale lijn) zijn de krachten gewisseld.

eventueel wel op negatieve effecten die samenhangen met langdurige hyalinisatie. Tevens neemt het ongemak voor de patiënt bij deze hogere krachten sterk toe. Klinisch worden onbewust vaak krachten gebruikt die aanzienlijk hoger zijn dan strikt noodzakelijk.

Het werken met standaard behandelingsprotocollen lijkt op basis de experimentele resultaten niet aanbevelenswaardig. De cellen in het parodontale ligament en in het omringende alveolaire bot trekken zich niets van deze orthodontische protocollen aan. Het gaat om de biomechanische resultante op cellulair niveau en de individueel bepaalde mogelijkheden voor cellulaire reacties. En of een bepaalde kracht of drukverandering nu geleverd wordt via het strait wire-concept, een tip-edge of Begg-bracket, of door simpel spatelbijten maakt voor de cellen niet uit. Verder onderzoek naar het effect van biomechanische veranderingen op celgedrag kan mogelijk wel bijdragen tot effectievere, individueel ingestelde, behandelingen met beperking van negatieve bijwerkingen.

### Literatuur

- BOESTER C, JOHNSTON L. A clinical investigation of the concepts of differential and optimal force in canine retraction. *Angle Orthod* 1974; 44: 113-119.
- MALTHA JC, LEEUWEN EJ VAN. De biologische basis van orthodontische tandverplaatsing. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2000; 107: 130-134.
- LEEUWEN EJ VAN, KUIJPERS-JAGTMAN AM, MALTHA JC. Tooth movement with light continuous and discontinuous forces in beagle dogs. *Eur J Oral Sci* 1999; 106: 1-8.
- PILON JJGM, KUIJPERS-JAGTMAN AM, MALTHA JC. Magnitude of orthodontic force and rate of bodily tooth movement, an experimental study in beagle dogs. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996; 110: 16-23.
- PROFFIT WR, FIELDS HW. *Contemporary orthodontics*. St. Louis: Mosby Inc., 2000, pag. 304.
- QUINN R, YOSHIKAWA DA. Reassessment of force magnitude in orthodontics. *Am J Orthod* 1985; 88: 252-260.
- SMITH R, STOREY E. The importance of force in orthodontics: The design of cuspid retraction springs. *Aust J Dent* 1952; 56: 291-304.
- STOREY E, SMITH R. Force in orthodontics and its relation to tooth

## The myth of the optimal force

Orthodontic tooth movement always follows the same pattern. Four phases can be distinguished. During the last phase, the linear phase, the tooth moves through the alveolar bone. One could assume that the rate of tooth displacement is related to the magnitude of the force or to the pressure in the periodontal ligament. No consensus exists on the optimal pressure for orthodontic tooth movement. In literature pressures are advocated, ranging from 2 to 30 KPa. Animal experiments show that a large range of force magnitudes results in an equal rate of tooth movement. A dose-response relation is only feasible when forces are used which are far below those used in an everyday practice.

### Summary

Key words:

- Orthodontics
- Tooth displacement
- Force magnitude