

Botgroeistimulatie met pulserende elektromagnetische velden (PEMF) bij gestoorde fractuurgenezing

W.P.J. Fontijne¹ en P.C. Konings²

¹ Afdeling Orthopedie, Academisch Ziekenhuis Rotterdam - Dijkzigt

² Medisch student, Erasmus Universiteit, Rotterdam

INLEIDING

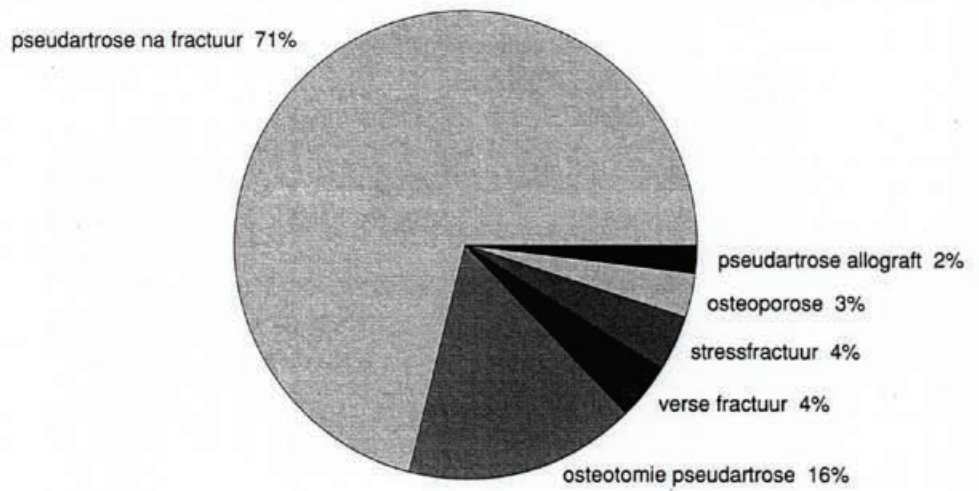
Elektrostimulatie bij vertraagde botgenezing werd voor het eerst gebruikt in het begin van de negentiende eeuw.¹ Fukada beschreef in 1953 dat bot onder mechanische stress elektrische potentialen produceert. Hierna werd door Fukada & Yasuda (1957); Basset & Becker (1962) en Friedenberg & Brighton (1966) aangetoond dat osteogenese door elektromagnetische golven te beïnvloeden was.²⁻⁴ Het bleek dat zich rond de kathode callusweefsel vormde. Friedenberg meldde in 1971 een succesvolle behandeling van een pseudartrose van de mediale malleolus met elektromagnetische stimulatie.⁵

De 'Pulsed Electromagnetic Field' (PEMF)-techniek waarbij, binnen een zich ritmisch voortbewegend magnetisch veld, een elektrische stroom wordt opgewekt, werd door Basset e.a. voor het eerst klinisch toegepast bij een congenitale tibia pseudartrose.⁶ Nadien is deze behandeling bij grote groepen patiënten met een pseudartrose gebruikt als alternatief voor de bekende chirurgische technieken. Tot op heden zijn in de literatuur zes gecontroleerde patiëntenonderzoeken verschenen, waarvan drie dubbelblind, waarin het positieve effect van elektromagnetische stimulatie bij de behandeling van een tibia pseudartrose wordt aangetoond.⁷⁻¹² Hierbij wordt een succespercentage van ongeveer 85% voor de nonunion en van 65% voor de congenitale pseudartrose genoemd. In een overzichtsartikel vergeleken Gossling e.a. het resultaat van de conservatief behandelde tibia pseudartrose met behulp van elektromagnetische stimulatie met een aantal operatieve behandelingen.¹³ Zij kwamen tot de conclusie dat het resultaat van beide behandelingen gelijkwaardig was maar dat de operatieve behandeling duurder was en meer risico's met zich meebracht.

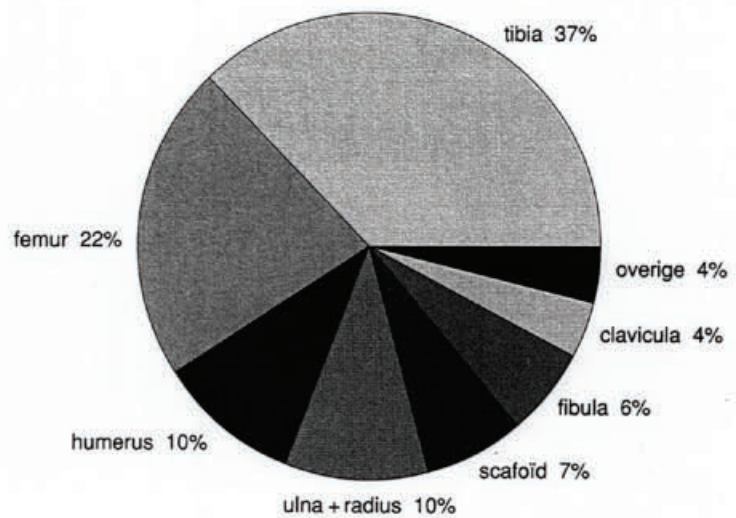
Per jaar worden in de Nederlandse ziekenhuizen zo'n 5000 patiënten behandeld met een onderbeenbreuk. Bij ongeveer 14,5% is er sprake van een delayed union en bij 5% leidt de behandeling tot een pseudartrose.¹⁴ Uit de cijfers van SIG-zorginformatie 1991 bleek dat destijds in totaal 2200 patiënten in Nederland behandeld werden in verband met een tibia pseudartrose. Ondanks de bewezen voordelen van elektromagnetische stimulatie bij de behandeling van een pseudartrose hebben Nederlandse ziektekostenverzekeraars nooit aanleiding gezien om deze behandeling op te nemen in de ziektekostenverzekering. Dit heeft geleid tot voortdurende discussies tussen ziektekostenverzekeraars en medische specialisten. Deze voortdurende discussie bracht het gevaar met zich mee dat de medische specialisten aan de operatieve behandeling, al dan niet terecht, hun voorkeur zouden geven. Mede op verzoek van de Nederlandse Ziekenfondsraad hebben wij retrospectief de patiënten onderzocht die in Nederland met pulserende elektromagnetische velden zijn behandeld.

MATERIAAL EN METHODEN

Van 1992 tot 1996 zijn in 31 ziekenhuizen in Nederland 179 patiënten behandeld met een botgroeistimulator door middel van pulserende elektromagneti-



Figuur 1. Indicaties voor botgroei-stimulatie met behulp van PEMF in Nederland (n=139).



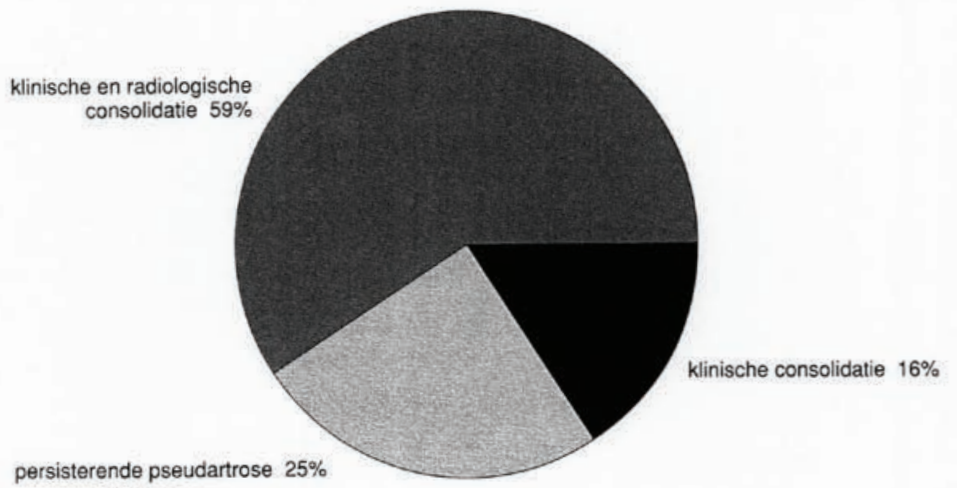
Figuur 2. Lokalisatie van de pseudartrose behandeld met PEMF.

sche velden. Retrospectief werden van 139 patiënten (78%) de medische dossiers en röntgenfoto's teruggevonden en, na informed consent van patiënt en behandelende arts, bestudeerd. De groep bestond uit 80 mannen en 59 vrouwen. De gemiddelde leeftijd ten tijde van het onderzoek was 39 jaar (7-85). Bij 71% was sprake van een pseudartrose na een fractuur, bij 16% van een pseudartrose na een osteotomie aan de onderste extremiteit (fig. 1).

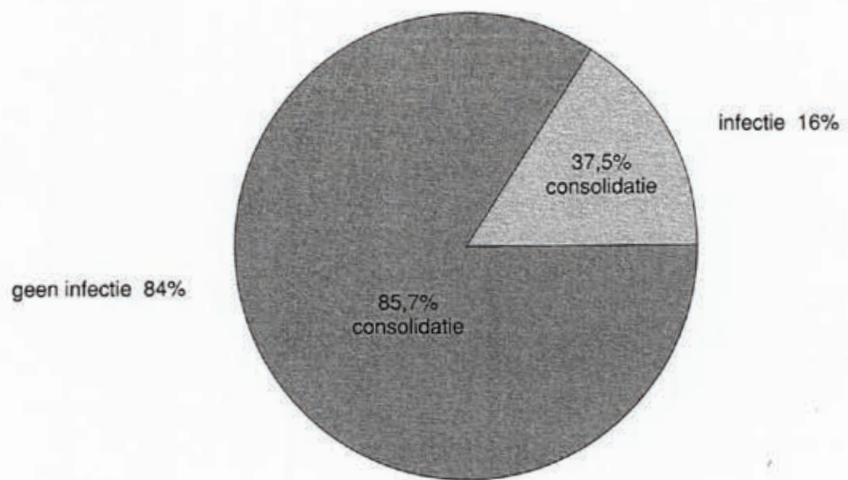
In meer dan de helft van de gevallen was de pseudartrose gelokaliseerd in de onderste extremiteit (tibia 37%; femur 22%) (fig. 2).

In 52% van de gevallen was er een atrofische pseudartrose, in 46% een hypertrofische pseudartrose en in 2% een pseudartrose met een botdefect van meer dan 1 centimeter.

Bij de beoordeling van de resultaten werd onderscheid gemaakt tussen klinische en röntgenologische consolidatie.¹¹ Exclusiecriteria voor behandeling met PEMF bij een pseudartrose zijn het bestaan van een diep infect, een pseudartrosespleet van 1 centimeter of meer, een synoviale pseudartrose, patiënten met een pacemaker en zwangerschap. De inclusiecriteria zijn een bestaande pseudartrose en immobilisatie van de pseudartrose (gips, bestaande interne c.q. externe fixatie) tijdens de behandeling met PEMF.



Figuur 3. Percentage klinische en radiologische consolidatie van de pseudartrose na PEMF-behandeling.



Figuur 4. Invloed van een actieve infectie bij een pseudartrosebehandeling met PEMF op het consolidatiepercentage.

RESULTATEN

De gemiddelde tijdsduur van de PEMF-behandeling was 14 weken (11-17). In 75% van de gevallen was na het beëindigen van de PEMF-behandeling sprake van een klinisch geconsolideerde pseudartrose (fig. 3).

Bij 16% was toen nog geen röntgenologische consolidatie aanwezig. Een halfjaar na de PEMF-behandeling was ook bij al deze patiënten röntgenologische consolidatie van de pseudartrose opgetreden. Bij een kwart van de patiënten bleek de pseudartrose nog te bestaan. Het consolidatiepercentage na PEMF-behandeling in relatie met de lokalisatie van de pseudartrose is in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1. Consolidatiepercentage na PEMF-behandeling in relatie met de lokalisatie van de pseudartrose.

tibia	71,4%
femur	70,0%
humerus	61,5%
ulna + radius	84,6%
scafoïd	88,8%
fibula	100%

Bij de hypertrofische pseudartrose was in 88,8% van de gevallen volledige consolidatie opgetreden, bij de atrofische pseudartrose was dit 63,9% en bij de pseudartrose met een botdefect van meer dan 1 cm trad bij geen van de patiënten consolidatie op. Het consolidatiepercentage bij de tibiapseudartrose was 71,4%. Er bestond een significant verschil in consolidatiepercentage bij de aan- of afwezigheid van een diep infect, 37,5% versus 85,7% (fig. 4).

DISCUSSIE

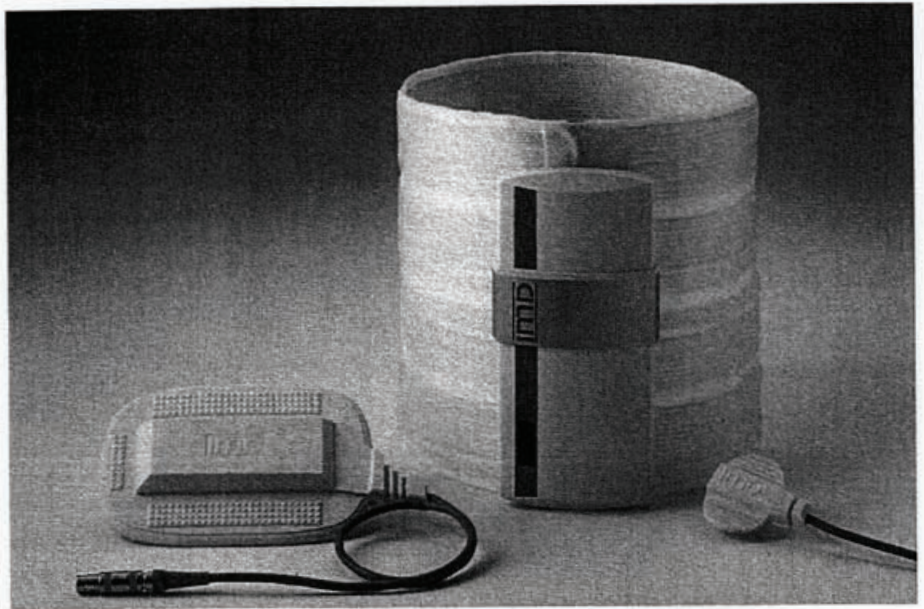
Botgroeistimulatie door middel van pulserende elektromagnetische velden bij pseudartrose heeft in dit onderzoek in 75% van alle gevallen tot volledige consolidatie geleid. Dit succespercentage lijkt laag in vergelijking met de literatuur, maar het gaat hier om een retrospectief onderzoek met een diversiteit aan lokalisaties, voorafgaande chirurgische behandelingen en behandelende specialisten.

Tevens bleek dat de in- en exclusiecriteria niet altijd nauwkeurig werden gehanteerd. Dit laatste kan het beste geïllustreerd worden bij de tibiapseudartrose. Bij 14 van de 49 tibiapseudartrose (28,6%) trad geen consolidatie op. Bij 8 van de 49 patiënten (16,3%) bestond een actief diep infect ten tijde van de PEMF-behandeling, en bij 3 patiënten bleek een botdefect van de tibia van meer dan 1 cm aanwezig. Als deze patiënten op basis van genoemde exclusiecriteria buiten het onderzoek werden gelaten, steeg het consolidatiepercentage van 71,4% naar 86,8%, hetgeen overeenkomt met percentages uit de literatuur.^{7-9,11-13}



Figuur 5a. 18-jarige patiënte met een 1 jaar bestaande tibia pseudartrose na een correctie-osteotomie van een in een abnormale stand genezen congenitale tibia pseudartrose.

Figuur 5b. Drie maanden na stoppen van de PEMF-behandeling.



Figuur 6.

In 1972 publiceerde de Deen Jörgensen voor het eerst over de toepassing van elektromagnetische stimulatie bij patiënten met een crurisfractuur.¹⁵ Globaal vond hij een verkorting van de consolidatietijd van ongeveer 30% bij niet-gecompliceerde crurisfracturen. Experimenten waarbij de invloed van elektromagnetische stimulatie op botgenezing bij fracturen werd bestudeerd zijn grotendeels uitgevoerd op dieren.^{16,17} Zonder uitzondering zijn de resultaten van deze proeven binnen de aanbevolen marges gunstig. Er treedt versnelling op van de vorming en rijping van callus, die zich uit in een snellere toename van de fractuurstijfheid. Het is dus aannemelijk dat elektromagnetische stimulatie ook een gunstig effect zal vertonen op de consolidatie bij fracturen van lange pijpbeenderen.

De ontwikkeling van de lichte, draagbare PEMF-apparaat (fig. 6) heeft het mogelijk gemaakt deze niet-invasieve behandeling op eenvoudige en patiënt-vriendelijke wijze toe te passen. Uitgebreide dieronderzoeken en klinische toepassingen hebben tot nu toe geen schadelijke effecten laten zien van PEMF. Gezien het ontbreken van prospectief gerandomiseerd dubbelblind onderzoek van het gebruik van PEMF bij fracturen tot nu toe, kan alleen worden vastgesteld dat bij de behandeling van een pseudartrose met PEMF in een hoog percentage consolidatie optreedt die vergelijkbaar is met de operatieve behandelingen, mits de in- en exclusiecriteria strikt gevolgd worden. Mede op basis van dit onderzoek is door de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport besloten om de botgroeistimulator type PEMF met ingang van 1 januari 1999 op te nemen in het hulpmiddelenpakket.

LITERATUUR

- 1 Uhl RL. The use of electricity in bone healing. *Orth Rev* 1989;18:1045-50.
- 2 Fukada E, Yasuda I. On the piezoelectric effects of bone. *J Phys Soc Japan* 1957;12:1158-62.
- 3 Bassett CAL, Becker RO. Generation of electric potentials by bone in response to mechanical stress. *Science* 1962;137:1063.
- 4 Friedenber ZB, Brighton CI. Bioelectric potentials in bone. *J Bone Joint Surg* 1966;48A:915-23.
- 5 Friedenber ZB, Harlow MC, Brighton CT. Healing of non union of the medial malleolus by means of direct current. A case report. *J Trauma* 1991;11:883.
- 6 Bassett CAL, Caulo BSN, Kort I. Congenital pseudoarthrosis of the tibia: Treatment with Pulsing Electromagnetic fields. *Clin Orthop* 1981;154:136-49.
- 7 Haas WG de, Beaupré A., Cameron H., English E. The Canadian experience with pulsed magnetic fields in the treatment of ununited tibial fractures. *Clin Orthop Rel Res* 1986;208:55-8.
- 8 Bassett CAL, Mitchell SN, Gaston SR. Treatment of ununited diaphyseal fractures with

- pulsing Electromagnetic fields. *J Bone Joint Surg* 1981;63A:511-23.
- 9 Barker AT, Dixon RA, Sharrard WJW, Surcliff ML. Pulsed magnetic fields therapy for tibial nonunion. *Lancet* 1984;I:994-6.
 - 10 Dunn A, Rush GA. Electrical stimulation in treatment of delayed union and nonunion of fractures and osteotomies. *South Med J* 1984;77:1530-4.
 - 11 Sharrard WJW. A double blind trial of pulsed Electromagnetic fields for delayed union of tibial fractures. *J Bone Joint Surg* 1990;72B:347-55.
 - 12 Scott S, King JB. A prospective double blind trial of electrical capacitive coupling in the treatment of nonunion of long bones. *J Bone Joint Surg* 1994;76A:820-6.
 - 13 Gossling HR, Bernstein RA, Abott I. Treatment of ununited tibial fractures: a comparison of surgery and Pulsed Electromagnetic Fields (PEMF). *Orthopaedics* 1992;15:711-9.
 - 14 Fractuurstatistiek van het GAK. 1982-1985:103-4.
 - 15 Jørgensen TE. The effect of electric current on the healing time of crural fractures. *Acta Orthop Scand* 1972;43:421-37.
 - 16 Goh JCH, Bose K, Hang YK Effects of electrostimulation on the biomechanical properties of fracture healing in rabbits. *Clin Orthop Rel Res* 1988;233:268-73.
 - 17 Pienkowski D, Pollack SR, Brighton CT, Griffith NJ. Low-Power Electromagnetic stimulation of osteotomized rabbit fibulae. A randomized, blinded study. *J Bone Joint Surg* 1994;76A:489-01.