

ACHILLESPEESREFLEX en TEMPERATUUR

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE
AAN DE ERASMUS UNIVERSITEIT TE ROTTERDAM,
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS PROF. DR. C.J. VAN DER WEIJDEN
EN VOLGENS BESLUIT VAN HET COLLEGE VAN DEKANEN.
DE OPENBARE VERDEDIGING ZAL PLAATS VINDEN OP
WOENSDAG 13 JUNI 1973, DES NAMIDDAGS TE 3.00 UUR

DOOR

RINSE FRANS WESTERMAN

GEBOREN TE AMSTERDAM

1973

BRONDER-OFFSET B.V. – ROTTERDAM

PROMOTOR: PROF. DR. J. GERBRANDY
COREFERENTEN: PROF. DR. M.W. VAN HOF
PROF. DR. H.A. VALKENBURG

Dit onderzoek werd verricht in de afdeling voor inwendige geneeskunde I van het
Academisch Ziekenhuis Rotterdam-Dijkzigt.

INHOUD

	pag.	
HOOFDSTUK I	INLEIDING	9
	1. Probleemstelling	9
	2. Geschiedenis	9
	3. Meettechniek	10
	4. Selectie van proefpersonen	10
	5. Fysiologische, pathologische en farmaco- logische invloeden	12
	6. Fysiologie van de peesreflex	14
HOOFDSTUK II	MEETOPSTELLINGEN	17
	1. Litteratuur	17
	2. Eigen opstelling	25
	3. Bespreking	26
HOOFDSTUK III	NORMALE REFLEXSNELHEDEN	28
	1. Betrouwbaarheid van de reflexmeting. Keuze van representatieve reflexen in de litteratuur	28
	2. Reflexduur bij normale schildklierfunctie	31
	3. Bespreking	36
HOOFDSTUK IV	INVLOED VAN DE KRACHT VAN DE HAMER- SLAG OP DE DUUR VAN DE ACHILLESPEES- REFLEX. ASYMMETRIE VAN DE REFLEX	37
	1. Litteratuur	37
	2. Onderzoek	38
	3. Bespreking	39

	pag.
HOOFDSTUK V	
BETEKENIS VAN LICHAAMSMATEN VOOR DE DUUR VAN DE ACHILLESPEESREFLEX	43
1. Litteratuur	43
2. Onderzoek	43
3. Eventuele relatie tussen reflexduur en links- dan wel rechtshandigheid	45
4. Bespreking	45
HOOFDSTUK VI	
INVLOED VAN DE TEMPERATUUR VAN DE KUITSPIER OP DE ACHILLESPEESREFLEX	50
1. Litteratuur	50
2. Onderzoek	52
a. Veranderingen van de temperatuur van de kuitspier	52
b. Relatie tussen kuitspier-temperatuur en achillespeesreflex	55
c. Invloed van passief toegediende warmte ("warm-water-proef")	57
d. Invloed van spierarbeid ("fietsproef")	59
e. Invloed van intermitterende arbeid	62
f. Conclusie over de resultaten van a tot en met e	67
g. Invloed van stralingswarmte	68
3. Bespreking	75
HOOFDSTUK VII	
DE ZENUWGELEIDINGSTIJD TIJDENS THERMISCH ONDERZOEK VAN DE ACHILLESPEESREFLEX	79
1. Inleiding	79
2. Methode van onderzoek	80
3. Uitkomsten	80
4. Bespreking	83
HOOFDSTUK VIII	
AANVULLEND ONDERZOEK BETREFFENDE DE VERANDERLIJKHEID VAN DE ACHILLESPEES- REFLEX	84
1. Inleiding	84

	pag.
2. Invloed van de maaltijd op de reflexduur	85
3. Nogmaals de betrouwbaarheid van de reflexmeting	88
4. De snelheid van de achillespeesreflex in een reeks reflexen	91
 HOOFDSTUK IX	
METING VAN DE ACHILLESPEESREFLEX BIJ STOORNISSEN IN DE SCHILDKLIERFUNCTIE	101
1. Afgrenzing van de reflختijden bij patienten ten opzichte van die bij normale proefpersonen. De meest representatieve reflex	101
2. Bepaling van reflexduur en serumthyroxine tijdens behandeling van hypothyreoïdie	109
 SAMENVATTING	113
 SUMMARY	117
 LITTERATUUR	121

HOOFDSTUK I

INLEIDING

1. PROBLEEMSTELLING

De tegenwoordig mogelijke bepaling van schildklierhormoon in het bloed is een vooruitgang in de diagnostiek van schildklierziekten, maar de uitkomst van deze bepaling dekt niet altijd de klinische situatie. De uitvoering is kostbaar en vereist een laboratorium van hoge kwaliteit.

Er blijft behoefte bestaan aan betrekkelijk eenvoudige onderzoeksmethoden voor de schildklierfunctie. Dit was aanleiding na te gaan waarom de in de laatste twintig jaar herhaaldelijk opdoemende meting van de achillespeesreflex als maat voor de schildklierfunctie zo verschillend gewaardeerd werd. Het verschijnsel van verandering van de reflexduur in relatie tot veranderingen in het niveau van de stofwisseling is interessant omdat de reflexboog beschouwd kan worden als een van de eindorganen voor de werking van het thyroxine. Het streven was wetmatigheden waaraan de achillespeesreflex gehoorzaamt vast te leggen en zo mogelijk de klinische bruikbaarheid van deze reflex als functieproef voor de schildklier te verbeteren.

2. GESCHIEDENIS

Het is reeds een eeuw bekend dat bij het myxoedeem de peesreflexen vertraagd verlopen (50, 91). In 1924 werd al een opstelling gebruikt om de isotone achillespeesreflex te meten bij een patient met myxoedeem (23). Na behandeling van de ziekte bleek de reflex minder traag te verlopen. Deze waarneming werd door anderen bevestigd in 1936 (31). Ook werd bij een

myxoedeem-patient het verloop van de biceps-brachiireflex gevolgd (51).

In 1951 onderzochten Lambert c. s. een en ander meer systematisch (68). Er werd een zoveel als mogelijk isometrische achillespees-contractie opgewekt. Hun meetopstelling was echter omslachtig. Een opleving in het onderzoek ontstond na 1958 toen twee goed bruikbare meetapparaten in omloop waren gekomen: de fotomotograaf van Gilson (46) en de kinemometer van Lawson (69). Meting van de isotone achillespeesreflex werd nu goed mogelijk. De vervolgens ontstane literatuur bleef tegenstrijdig en ook wel eens wat oppervlakkig.

Dat de betekenis van de achillespeesreflex als diagnostisch hulpmiddel bij de bepaling van stoornissen in de schildklierfunctie omstreden is gebleven blijkt uit tabel I. De tegenstrijdigheid in deze uitkomsten kan veroorzaakt zijn door verschillen in meettechniek, door verschillen in selectie van de proefpersonen en door fysiologische, pathologische en farmacologische invloeden.

3. MEETTECHNIEK

Wat betreft de meettechniek is vooral de gebruikte apparatuur van belang. Hierover volgt een nadere uiteenzetting in hoofdstuk II. Verreweg de meeste onderzoeken zijn uitgevoerd met òf het apparaat van Lawson òf dat van Gilson. Daarom is aannemelijk dat de uiteenlopende resultaten vermeld in de literatuur niet in de eerste plaats te wijten zijn aan de gebruikte registratiemiddelen.

4. SELECTIE VAN PROEFPERSONEN

De selectie van de onderzochte personen is zeer verschillend uitgevoerd. Sommigen selecteerden de patienten omdat de diagnose boven alle twijfel vaststond. Grensgevallen werden daarbij uitgesloten (69, 78, 107). In één reeks werden vele van de patienten gekozen voor de proef omdat de verwijzende arts meende dat hun reflexen zichtbaar vertraagd verliepen (99). In een grote reeks (Rives c. s. 1965) werd een aantal parameters (fysische diagnostiek, grondstofwisseling, aan eiwit gebonden jodium, opname van ^{131}J , serumcholesterol, opname door erythrocyten van met ^{131}J gemerkt triiodothyronine) gebruikt waarmee het niveau van de schildklierfunctie ten slotte werd geschat (98). Op grond van onzekerheid over de diagnose werd

Tabel I

Betrouwbaarheid van de Achillespeesreflex.

jaar- tal	naam	hyperthyreoidie		hyperthyreoidie		meet- methode
		% patienten met normale reflex	totaal aantal patienten	% patienten met normale reflex	totaal aantal patienten	
1951	Lambert c.s.	75	26	23	115	V
1958	Lawson	29	24	6	8?	K
1961	Binswanger	47	17	13	16	D
	de Gennes en Deschamps	30	47	0	14	A
1962	Fogel	19	16	0	16	P
1963	Mann	10	28	0	59	K
	Sherman	23	40	6	50	P
1964	Höfer	88	17	7	14	K
	Klugman	29	24	12	17	P
	Nuttall en Doe	85	20	13	15	K
	Sabeh	88	8	57	14	P
1965	Vulpe	0	21	0	14	P
	Young	60	29	60	23	P
	Duc	15	80	15	65	P
	Miles en Surveyor	48	86	44	32	A
	Rives c.s.	78	195	38	116	K en P
	Robson c.s.	69	26	12	110	D
1966	Abraham	14	44	0	22	K
	Börner	49	39	60	10	S
	Emrich	48	27	0	12	P
	Kieffer	40	60	18	28	M
	Nordyke	7	135	-	-	K
	Tschudi	11	124	24	21	P
	North	23	63	-	-	P
1967	Reinfrank	8	72	28	89	P
	Andersen	50	22	33	6	K
1968	Nuki en Bayliss	62	62	27	42	P
	Visser	25	12	0	6	P
1970	Rinqvist	20	25	20	13	K

P = photomotograaf; K = kinemometer; V = opstelling met verplaatsingsmeter;
D = draaipotentiometer; M = methode van Mouloupoulos; A = andere methode

in dit onderzoek 20% van de patienten uitgesloten. Desniettemin toonden de uitkomsten een vaag onderscheid tussen normalen en patienten bij wie de diagnoses hyper- en hypothyreoïdie waren gesteld. In een andere reeks (Nuki c. s. 1963) werden overeenkomstige criteria gebruikt (eiwitgebonden jodium, opname van ^{131}J , triiodothyronine-suppressieproef, thyrotrophine-stimulatieproef, veranderingen in serumcholesterol, en electrocardiogram als reactie op behandeling met thyroxine, voortgezette klinische observatie en resultaat van de therapie) (88). Hier moest 5% van de patienten buiten beschouwing blijven op grond van een niet zekere diagnose. Ook hier waren fysiologische en pathologische reflexen slecht te scheiden.

Zonder nu alle in de litteratuur beschreven selectiemethoden aan te halen, wordt hiermede wel duidelijk dat indien zo nauwkeurig mogelijk met behulp van bekende parameters de schildklierfunctie vastgelegd is, het toch moeilijk bleef op grond van alleen de reflex de patient in te delen bij gezonden of zieken. Afgaande op deze studies lijkt de reflex dan ook een twijfelachtig diagnosticum voor stoornissen in de schildklierfunctie. Een overlapping van pathologische en normale reflexen onderling van de orde zoals in tabel I is niet aanvaardbaar. Op zich is enige overlapping wel acceptabel omdat er immers een vloeiende overgang is tussen normale en pathologische schildklierfuncties, aangezien de diagnose tekort of teveel aan schildklierfunctie in principe niet kwalitatief maar kwantitatief is.

5. FYSIOLOGISCHE, PATHOLOGISCHE EN FARMACOLOGISCHE INVLOEDEN

Fysiologische invloeden

- ras Invloeden berustend op verschillen in ras lijken geen rol te spelen (39, 116).
- geslacht Sommige onderzoekers toonden aan, dat vrouwen een langere reflex hadden dan mannen (60, 62, 35, 39, 95, 115). Anderen bemerkten geen verschil (1, 28, 39, 68, 81, 99, 100, 116). In één onderzoek werd een langere reflex bij mannen dan bij vrouwen beschreven (83). Bij vrouwen werd de invloed van de menstruele cyclus, zwangerschap en puerperium onderzocht. De beide eerste zouden geen invloed op de reflexduur hebben (35, 89, resp. 1, 39, 52, 95, 116). In het puerperium werd een verlenging beschreven (95).

- leeftijd Een toename van de reflexduur met de leeftijd werd in verscheidene onderzoeken aangetoond (19, 28, 60, 63, 85, 87, 88, 95, 113, 115, 120). Een verband tussen leeftijd en reflexduur werd door sommige onderzoekers niet aangetoond (1, 39, 68, 81, 89, 99, 100, 116). Bij bejaarden was de reflex nogal eens niet op te wekken (3, 10).
- lichaams- De houding van Babinski is volgens vrijwel alle schrijvers van
houding groot belang voor het kunnen registreren van de reflex. Wordt de voet te ver buiten de rand van de onderzoekbank gestoken, dan wordt een te lange reflexduur gemeten (115).
- lichaams- Door sommige onderzoekers is een geringe verlenging van de
gewicht reflex bij overgewicht beschreven (17, 28, 63, 115). Door anderen werd deze relatie ontkend (39, 47, 95).

Pathologische invloeden

Verlenging van de reflexduur is waargenomen bij oedeem (1, 51, 115); ischaemie (42); sarcoidose (96); neurolues (109); pernicioze anemie (89); spruw (11); hyperglycaemie (129); meningitis in de acute fase (120); electrolytenstoornissen (64); nierinsufficiëntie met hoog serumkalium (36).

Betreffende diabetes mellitus werd een verlengde reflexduur gemeld (9, 56, 65, 95, 100). Anderen beschreven normale reflexen bij diabetes (1, 67, 115). Spontane hypoglycaemie en insuline-coma-behandeling gaven verkorting van de reflex (37). Myasthenia gravis zou reflexverlenging geven (110). Dit is later niet bevestigd (95). Verscheidene uiteenlopende neurologische afwijkingen (cerebrovasculair accident, M. Parkinson, chorea van Huntington, hernia nucleii pulposi, niet-progressieve spierdystrofie) zouden de reflexduur niet veranderen (39, 107, 116). Schizofrenie zou de reflex verlengen (110). Dit is niet bevestigd (95, 105). Stress en agitatie deden de reflex niet veranderen (37, 39). Ook bij depressie was de reflex normaal (95).

Farmacologische invloeden

Slechts vermeld worden die studies waar sprake was van verantwoord klinisch-farmacologisch onderzoek.

Adrenaline gaf een reflexduur-verkorting (37, 79).

Propranolol verlengde de reflex (79, 117). Tevens ontstond reflexverlenging na gebruik van procainamide, chinidine en reserpine (117). In een eerder onderzoek was een reflexverkorting na reserpine waargenomen (77), maar het is niet zeker of de reserpinetoediening voldoende lang voortgezet was. Intraveneuze toediening van glucose verlengde de reflex (129). Insuline verkortte de reflex (37, 129). Psychofarmaca zouden geen invloed op de reflexduur hebben (105). Hypokaliaemie gepaard met kaliumdepletie verkortte de reflex, kaliumtoediening deed de reflex weer langer worden (20).

6. FYSIOLOGIE VAN DE PEESREFLEX

Pees- (en periostreflexen) berusten op spierrekking. Een slag met de pees- hamer veroorzaakt rekking van de bijbehorende spier met als gevolg een reflexmatige contractie van die spier. De strekreflex bestaat uit twee delen: de fasische strekreflex en de statische strekreflex. De fasische strekreflex komt tot stand gedurende de periode van eigenlijke rek; de statische strekreflex komt tot stand tengevolge van een voortdurend gehandhaafde rek. Bij het opwekken van peesreflexen treden kortdurende rekkingen op, en daarbij staat de fasische strekreflex op de voorgrond. De Achillespeesreflex verloopt over het ruggemergsegment S2. Een aantal eigenschappen van de ruggemergreflex werd in het begin van deze eeuw door Sherrington vastgelegd:

Alle skeletspieren vertonen enigermate strekreflexen.

Rek is de adequate prikkel, maar de gevoeligheid van de receptoren is zo groot dat schudden of trillen ze ook kunnen ontladen.

De "response" is specifiek, de gerekte spier is ook de samentrekkende spier.

De reflex heeft een zeer korte latentie.

De reflexcontractie duurt niet langer dan de rek. Er is geen "na-ontlading" van de motorische zenuwen zoals bij sommige andersoortige reflexen.

De reflex is spinaal; hij blijft ook opwekbaar nadat het ruggemerg gescheiden is van de hogere centra in het centrale zenuwstelsel.

De reflex is het beste ontwikkeld in extensor-spieren.

De exacte tijdsduur van de peesreflexen speelt in de kliniek in het algemeen geen rol. Biemond (1953) vermeldt dat de reflextijd voor elke pees- en periostreflex dezelfde is (0,01 sec.) (10). Bij myografie van de peesre-

flex d. w. z. bij registratie van de actiepotentialen van de spier ontstaat een curve met, volgens Biemond, een tijdsduur van 0,30 sec. Het neurogene deel van de reflexduur kan bestudeerd worden door o. m. de geleidingssnelheid in perifere zenuwen te meten. Helmholtz (1850) deed dit voor het eerst (bij de kikvors en later bij de mens). Hij registreerde het verschil in latentieperiode tot spiercontractie na achtereenvolgens twee punten van een zenuw te hebben geprikkeld. De geleidingssnelheid kan niet uit een enkele latentiebepaling afgeleid worden, want deels is de latentie tussen zenuw en spier het gevolg van de vertraging, die op de neuromusculaire overgang plaatsvindt. Om de geleidingssnelheid in bijv. een motorische zenuw te berekenen is het daarom nodig twee latente perioden te verkrijgen, één van een proximale en één van een distale plaats langs de zenuw. Aftrekken van de distale van de proximale latente periode levert de geleidingstijd langs het zenuwsegment tussen de twee prikkelplaatsen. Door ook nog de lengte van dit zenuwsegment te meten, kan de geleidingssnelheid berekend worden; deze is in de orde van grootte van 50 - 60 m/sec. (Lenman 1969) (75).

Reflectoire potentialen

Indien een perifere zenuw geprikkeld wordt en een opgewekte potentiaal afgeleid wordt van de bijbehorende spier, is het soms mogelijk een tweede potentiaal te registreren die later verschijnt dan de aanvankelijke reactie. Terwijl de latente periode van de eerste "response" afneemt naarmate de prikkel-electrode dichterbij de spier gebracht wordt, kan bij de tweede potentiaal het omgekeerde het geval zijn zodat de latentie toeneemt naarmate de prikkel dichterbij de spier afgegeven wordt. Dit wijst er op dat de prikkel van de late potentiaal eerst over enige afstand in proximale richting moet gaan alvorens naar distaal geleid te worden om de spier te activeren. In sommige gevallen is de latente periode van de late potentiaal lang genoeg voor de prikkel om heen en weer naar en van het ruggemerg geleid te zijn alvorens een spinale reflex te activeren.

Er zijn verscheidene van deze late potentialen bekend. In de nervi ulnares en medianes (en in de meeste andere perifere zenuwen van bovenste en onderste extremiteiten), kan tot ongeveer 30 msec. na een sterke prikkel een late potentiaal opgewekt worden. Deze late potentiaal heeft een beduidend kleinere amplitude dan de direct opgewekte potentiaal of M-golf en heet F-golf.

Indien de nervus tibialis posterior geprikkeld wordt kan een late potentiaal opgewekt worden van de musculus triceps surae die anders is dan de F-golf. Het is een potentiaal met een lage drempelwaarde, en hij verschijnt voordat de prikkel sterk genoeg is om de M-golf op te wekken. Na een maximum amplitude neemt de potentiaal in grootte af terwijl de prikkelsterkte toeneemt, zodanig dat bij een supramaximale prikkel de potentiaal gewoonlijk ontbreekt. Deze potentiaal is in 1918 door Hoffmann beschreven en staat bekend als H-golf. De latentie van deze H-reflex wordt door Lenman (1969) (75) opgegeven te liggen tussen 26,5 en 34,0 meter/seconde (gemiddelde 29,8 meter/sec., standaarddeviatie 1,8). Deze latentie is vergelijkbaar met die van de F-golf, maar in tegenstelling tot de F-golf kan de H-golf niet van andere zenuwen dan de M. tibialis posterior verkregen worden zonder een of andere vorm van facilitatie. De H-golf is gebleken een ruggemergsreflex te zijn (Magladery, c. s. 1951, cit. Lenman (75)) en is in feite de elektrische homoloog van de achillespeesreflex en is zoals de achillespeesreflex een voorbeeld van een monosynaptische reflex.

HOOFDSTUK II

MEETOPSTELLINGEN

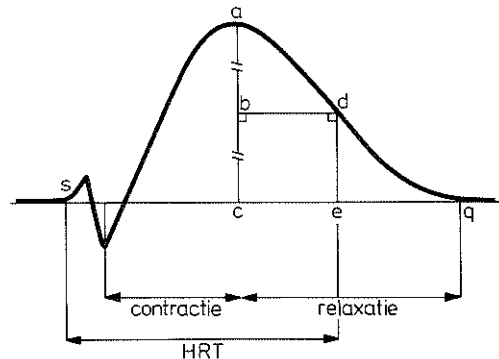
1. LITTERATUUR

Wordt met de percussiehamer de achillespeesreflex op de traditionele manier, dus met vrij beweegbare voet, opgewekt, dan ontstaat een (isotone) spiercontractie. Registratie van de aldus ontstane beweging levert een zogenaamde verplaatsingscurve op (fig. 1). De snelheid vormt wiskundig de eerste differentiatie van de verplaatsing. Het maakt daarom principieel weinig uit of de verplaatsing dan wel de snelheid geregistreerd wordt. Door geschikte elektronische circuits in de meetopstelling aan te brengen zou men van de verplaatsingscurve een snelheidscurve kunnen schrijven en omgekeerd.

Fig. 1.

Verplaatsingscurve van de voet tijdens de isotone achillespeesreflex. Deze curve wordt verkregen met o. a. de fotomotograaf van Gilson.
s = begin van prikkelartefact;
a = punt van maximale contractie;
d = punt waar de relaxatie halverwege is gevorderd.

Het tijdsinterval tussen s en d heet HRT = helft-relaxatie-tijd.



In dit hoofdstuk worden de uit de geraadpleegde literatuur bekende registratiemethoden en de eigen opstelling besproken. Behoudens in de opstel-

ling van Lambert c. s. (1951) (68) is door alle onderzoekers en ook door ons zelf de isotone achillespeesreflex gemeten. In de meeste opstellingen werd een verplaatsingscurve geregistreerd, in enkele een curve van de snelheid.

Een verplaatsingscurve geeft in het geval van de achillespeesreflex de beweging van de voet in de tijd aan. Algemeen wordt door de schrijvers als reflexduur aangenomen het tijdsverloop tussen de toediening van de prikkel en het moment waarop de contractie tot de helft vermindert is: helft-relaxatie-tijd = H.R.T. De HRT werd als maat gekozen door Lambert c. s. (1951) (68). Dit werd nagevolgd door Sherman c. s. (1962/63) (106, 107) en Nuki en Bayliss (1968) (88). Zij allen wezen er op dat bij hypothyreoïdie zowel contractie als relaxatiefase vertraagd zijn. Ook bij het registreren van snelheidscurven werd waargenomen dat bij schildklierfunctiestoornissen contractietijd en relaxatietijd beide veranderlijk zijn ((Lawson (1957) (70), Fogel c. s. (1962) (39) en Miles en Surveyor (1968) (81)).

Nuki en Bayliss vergeleken de HRT met de helft-contractie-tot-helft-relaxatie-tijd in het fotomotogram van Gilson en hierbij bleek de HRT het meest betrouwbaar van de twee te zijn. Om deze reden moet wellicht de dal-tot-top-tijd = "valley-to-peak-time" uit het kinemogram van Lawson ook minder geschikt geacht worden, omdat hierbij eveneens slechts een deel van contractie en relaxatie gemeten worden. Dit terwijl overigens de curve van de kinemometer het voordeel biedt dat hierbij de zenuwgeleidingstijd niet inbegrepen is (Nuttall en Doe 1964) (89). Deze zenuwgeleidingstijd komt namelijk overeen met het tijdsinterval tussen prikkel en mechanische reactie, ook wel reflextijd te noemen (Buller 1963) (16) en deze verandert niet bij schildklierziekten (Lambert 1951) (68). Ondanks dit alles vonden bij vergelijking van kinemometer en fotomotograaf Sherman (1963) (107) en Rives c. s. (1965) (98) geen verschillen van betekenis. Het voornaamste wat hier uit te concluderen valt is dat alle bepalingen weinig nauwkeurig geweest zijn.

De eerste poging om de achillespeesreflex grafisch weer te geven werd gedaan door Chaney in 1924 (fig. 2) (23). Een latje was stevig aan de voetzool verbonden. Aan het uiteinde, dat voorbij de tenen uitstak, was scharnierend een staafje bevestigd. De beweging van het staafje werd via een ballonnetje en rubberslangen pneumatisch overgebracht op een tamboer met een schrijvertje. Dit schrijvertje trok een curve op een beroete trommel. Deze opstelling was de eerste waarmee de verplaatsing van de voet geschreven kon worden.

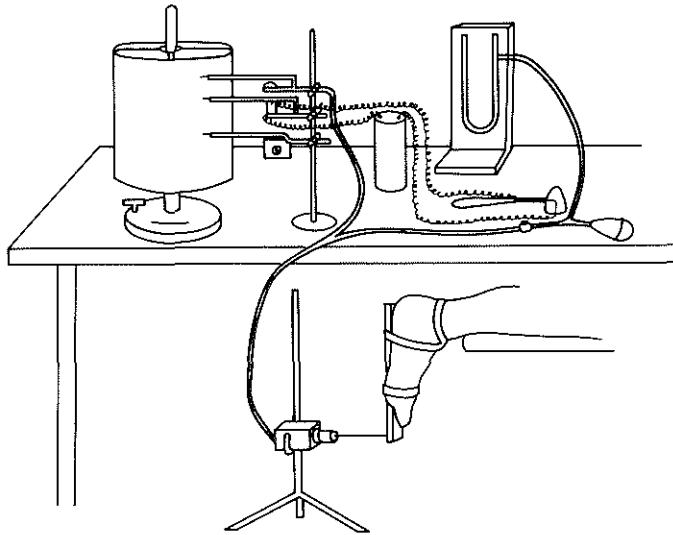


Fig. 2.

Meetopstelling van Chaney.

Lambert (1951) noteerde eveneens de verplaatsing van de voet (fig. 3) (68). De proefpersoon zat met de linkervoet op een vlakke plaat die onder een kleine hoek scharnierend was verbonden met een horizontaal vlak. Het onderbeen stond verticaal. De druk van de bal van de voet op de vlakke plaat werd gemeten door een drukopnemer met een weerstandsdraad. De curven werden fotografisch geschreven met een galvanometer-oscillograaf. Bij deze proef werden voorts gemeten:

1. de kracht van de slag op de pees met behulp van een weerstandsdraad-
versnellingsmeter die aan de percussiehamer bevestigd was;
2. de actiepotionalen van de kuitspier en de temperatuur in de kuitspier
met behulp van een thermokoppel in de punt van een naald.

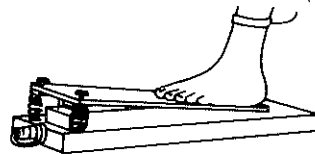


Fig. 3.

Principe van de opstelling van Lambert.

In 1958 beschreef Lawson een apparaat dat hij kinemometer (fig. 4) noemde (69). Uitvoering: een hoefijzermagneet werd met pleisters aan de hiel van de proefpersoon bevestigd. In het veld van deze magneet bevonden zich twee identieke draadspoelen om weekijzeren kernen. Deze spoelen lagen naast elkaar en waren in serie geschakeld. De impuls werd door een electrocardiograaf beschreven. Een beweging van de magneet naar of van de spoelen wekte een electromotorische kracht op die in richting en amplitude varieerde, afhankelijk van de richting en de snelheid van de beweging van de magneet en de afstand tussen magneet en spoelen. Het geregistreerde signaal was maximaal groot van dat deel van de voetbeweging dat evenwijdig liep met de lengte-as van de weekijzeren kernen. De componenten van de voetbeweging in andere vlakken werden - in mindere mate - ook geregistreerd in dezelfde curve. Daarom moest gezorgd worden voor gelijkmatige inductie in de twee spoelen omdat anders verticale en laterale bewegingsartefacten de nauwkeurigheid van de curven verminderden. Dit betekende dat de plaatsing van voet, magneet en inductieklossen ten opzichte van elkaar nauwkeurig luisterde. Dit was een bezwaar voor de reproduceerbaarheid van de proef. De verkregen curve is die van de snelheid van de beweging.

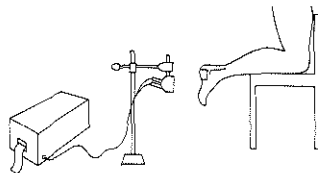


Fig. 4.

Kinemometer van Lawson.

Gilson (1959) maakte gebruik van een foto-electrische cel (fig. 5) (46). Een lichtbron en een fotocel waren zodanig opgesteld dat door de voet een schaduw werd geworpen op de fotocel. Het signaal van de fotocel werd ingevoerd in een electrocardiograaf die de wisselende spanningen, opgewekt door de beweging van de voet op de fotocel, registreerde. Zo ontstond een verplaatsingscurve. Deze opstelling is bekend geraakt als "Photomotograph".

Binswanger c. s. (1961) schreven eveneens een verplaatsingscurve (fig. 6) (11). De beweging van de voet werd door een lichte hefboom, die op de bal van de voet rustte, overgedragen. Het draaipunt van de hefboom deed de as van een draaipotentiometer draaien. Het aldus ontstane spanningsverschil was recht evenredig met de draaiingshoek. De potentiaalschom-

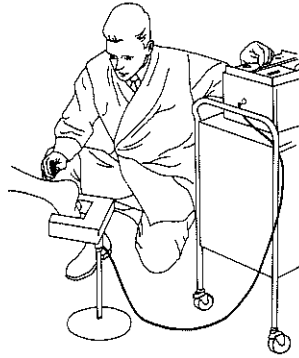


Fig. 5.

Fotomotograaf van Gilson.

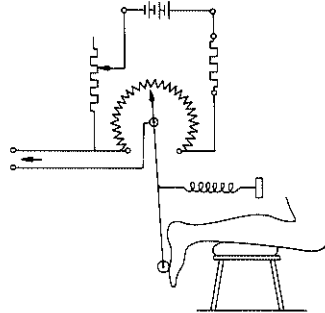


Fig. 6.

Opstelling met draaipotentiometer van
Binswanger.

melingen werden door een directschrijvende electrocardiograaf geschreven.

Sharpe (1961) gebruikte een opstelling waarbij de verplaatsing van een radioactieve stralingsbron geregistreerd werd (104). Een kleine hoeveelheid ^{131}J , deels afgeschermd met lood werd aan de voet bevestigd. De taster was boven de stralingsbron geplaatst in het vlak van contractie en relaxatie, zodat tijdens de plantaire flexie van de voet de bron naar het kristal toe bewoog en tijdens de relaxatie er vanaf. De verkregen curve was een verplaatsingskromme. Een bezwaar was dat de hamerslag niet afgebeeld werd.

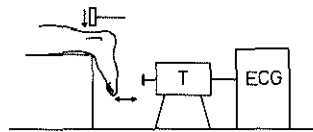
Een andere methode werd gebruikt door Smart en Robson (1963) (111). Uitvoering: de draaiing van het enkelgewricht werd kwantitatief weergegeven door een lineaire verplaatsing op een registrerende galvanometer. Om dit te bereiken werd de draaiing van de enkel gebruikt om de glijder van een potentiometer die onderdeel is van een brug van Wheatstone, te doen bewegen. Een tweede potentiometer in de brug werd gebruikt om aan het begin van de meting de brug spanningsloos te maken. Omdat de spanning tussen de glijders van de twee potentiometers aangeboden werd aan een gelijk-

stroomversterker met een hoge ingangsweerstand, veranderde deze spanning lineair met de uitslag van een van de glijders, mits de andere glijder niet van plaats veranderde. Bij deze opstelling werd de potentiometer zo opgesteld dat de spoel zich in de draaiingsas van het enkelgewricht bevond - namelijk in een lijn die door de mediale en laterale malleoli loopt. Er werd een verplaatsingscurve verkregen.

Durkalec (1964) gebruikte resonantie van hoogfrequente geluidstrillingen voor het registreren van de beweging van de voet (fig. 7) (29). Gebruikt werd een wijziging van de opstelling van Cembala (1949), die ontworpen was voor sphygmografie (22). Hoogfrequente trillingen werden uitgezonden naar het meetobject en naar een detector. De door het meetobject in wisselende mate weerkaatste en lager in frequentie zijnde trillingen werden in de detector opgevangen met een faseverschil ten opzichte van de oorspronkelijke draaggolf. De curve werd weer met een electrocardiograaf geschreven en was weer een verplaatsingscurve.

Fig. 7.

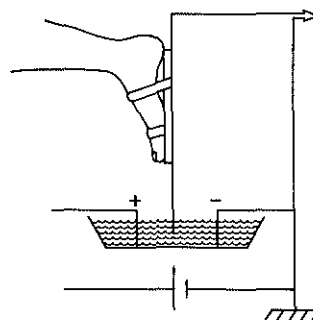
Opstelling van Durkalec.
T = toongenerator en detector.



Moulopoulos (1964) kwam tot een simpele en goedkope opstelling (fig. 8) (82): de draaiing van de voet in het enkelgewricht werd overgedragen aan het einde van een aan de voetzool bevestigde kabel. De kabel bewoog in een elektrisch veld, onderhouden in een zoutoplossing door een 4,5 Volt batterij. De opgewekte potentiaalverschillen werden versterkt en geschreven door een electrocardiograaf. Er ontstond weer een verplaatsingskromme.

Fig. 8.

Moulopoulos' opstelling.



Een opstelling met toepassing van rekstrookjes is beschreven door Fujii en Kimura (1966) (fig. 9) (62): Het vrije uiteinde van een aan de andere zijde gefixeerd buigzaam staafje rustte tegen het laterale deel van de voetzool op 15 cm afstand van de hiel. Tijdens de reflexbeweging boog het stokje en deze beweging werd meegedeeld aan een rekstrookje op het staafje.

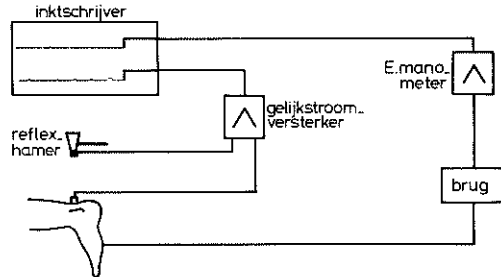


Fig. 9.
Opstelling van Fujii en Kimura.

De hieruit ontstane elektrische impuls werd via een brugschakeling in een versterker ingevoerd en vandaar naar een inkschrijver. Er ontstond een verplaatsingskromme.

Börner, Moll en Romen (1966) gebruikten een inductieve verplaatsingsmeter welke lineair verbonden was met een electrocardiograaf (fig. 10) (12).

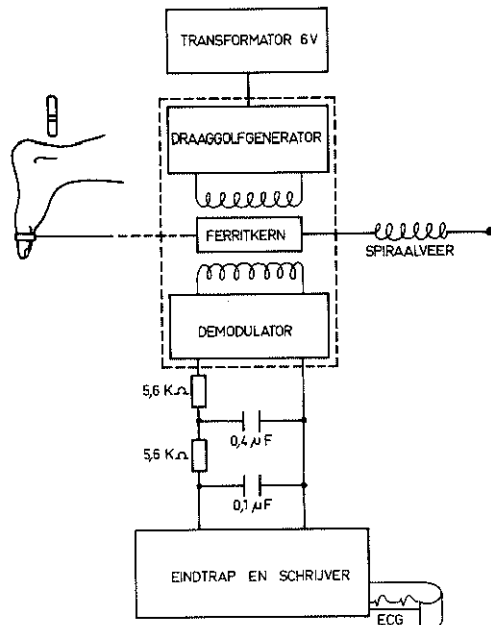


Fig. 10.
Opstelling van Börner c. s.

Door een draad was de voetpunt met de ferrit-kern van de verplaatsingsmeter verbonden. De uitgangsspanning van de verplaatsingsmeter en daarmee de geregistreerde amplitude waren evenredig met de uitslag van de voetpunt.

Hendrika J. Waal-Manning (1969) gebruikte een elegante opstelling met gebruik van een verplaatsingsmeter (fig. 11) (117): De opnemer bestond uit een 360 graden Beckman torsie-potentiometer voor geringe torsie. De as van de potentiometer had voorkeur voor één richting door een spiraalveer. Op de as was een kleine platte draaischijf bevestigd, welke rondgedraaid werd door de trek van een lint. De opnemer werd halverwege het scheenbeen bevestigd en het lint werd aan de rug van de voet dicht bij de tenen vastgemaakt. Het bewegen van de voet werd overgedragen op een lint, waardoor de potentiometer ging draaien en daardoor raakte een gelijkstroombrug uit balans. De elektrische brug leverde een spanning die evenredig was met de beweging van de voet en geschreven werd als de verplaatsingskromme via een inkschrijver. Door een operationele versterker werd tegelijk een snelheidscurve afgeleid uit de verplaatsingskromme en deze werd opgeschreven. Gebruik van een versnellingsmeter aan de hamer maakte dat het tijdsinterval tussen hamerslag en elk willekeurig moment van de reflex kon worden gemeten. De opstelling was ontworpen door Wallis c. s. (1967, 1968) (121, 122).

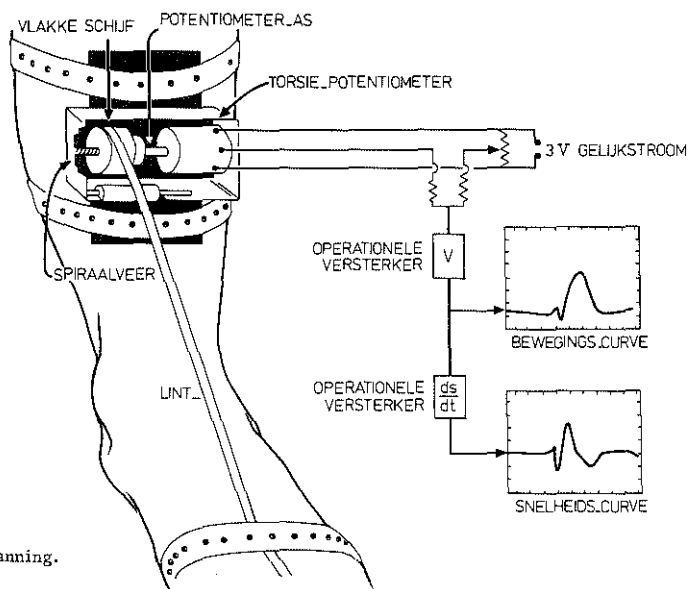


Fig. 11.
Opstelling van Waal-Manning.

Métral c. s. (1970) gebruikte een opstelling gelijkende op de onze, gebruik makende van een lineaire potentiometer (80). Zij droegen er zorg voor dat de spoel van de potentiometer alle standen in de ruimte kon aannemen, om zo de ingewikkelde standsveranderingen van de voet ten gevolge van de verschillende draaiingsassen van enkel en voetgewricht te kunnen volgen. Naar de mening van deze schrijvers kwamen de uitkomsten goed overeen met die van een fotomotograaf.

2. EIGEN OPSTELLING

De proefpersoon zat geknield in de houding van Babinski op een onderzoekbank met de ellebogen gemakkelijk steunende op een krukje en met de voeten over de rand van de onderzoekbank. Loodrecht op de voetzool was het uiteinde van een staafje met een bandje gefixeerd aan het laterale deel van de bal van de voet. Tijdens de door de reflex opgewekte plantaire flexie van de voet werd het staafje weggeduwd, en deze beweging werd scharnierend overgebracht op een op kogellagers rollende wagen met wigvormig einde. De beweging van deze wig werd overgedragen via een op die wig rollend kogellager, bevestigd aan het einde van een om een vast punt scharnierend staafje, naar een potentiometer (fig. 12). Via een eenvoudige elektrische schakeling en de papierschrijver van een electrocardiograaf was het nu mogelijk een verplaatsingscurve te schrijven. Het registratiepapier had een snelheid van 50 mm/sec. (fig. 13). Als regel werd 20 maal achtereenvolgend de reflex opgewekt. De eerste 10 goed leesbare figuurtjes werden gemeten. Als reflexduur werd de HRT aangenomen.

Onder goed leesbaar werd verstaan:

- prikkelartefact en verplaatsingscurve moesten duidelijk te onderscheiden zijn;
- de verplaatsingscurve moest in vloeiende lijn terugkeren tot de basislijn.

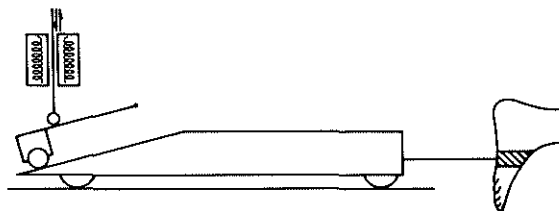


Fig. 12.

Overbrenging van wagen op lineaire potentiometer.

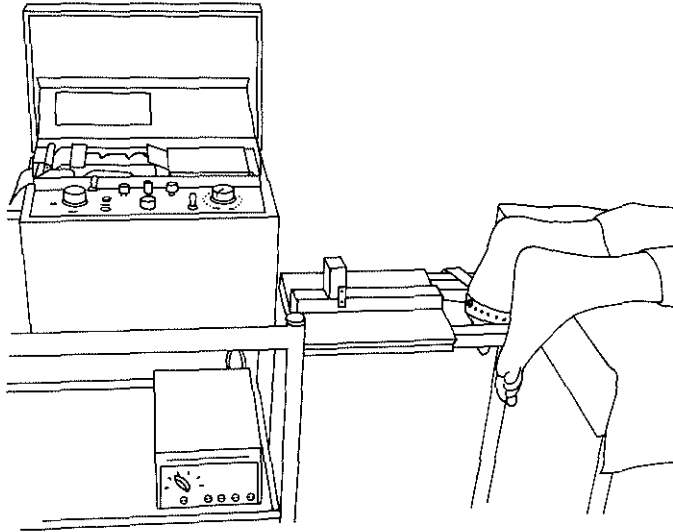


Fig. 13.

Eigen opstelling. In het midden de potentiometer-constructie. Links boven de schrijver. Links onder de later gebruikte thermometer.

De reflexfiguurtjes werden opgemeten met behulp van een lineaal met halve millimeters op de schaalverdeling. Tienden van millimeters werden geschat. Het gemiddelde van 10 figuurtjes werd als één uitkomst gerekend (zie hoofdstuk III).

3. BESPREKING

In dit hoofdstuk zijn de uit de geraadpleegde literatuur bekende registratiemethoden besproken, benevens de eigen opstelling. Behoudens in de opstelling van Lambert (1951) (68) is door alle onderzoekers de isotone achillespeesreflex gemeten. Een deel van de opstellingen registreert een verplaatsingscurve, vrijwel alle overige een curve van de snelheid. Hierbij is te vermelden dat de snelheid wiskundig de eerste differentiatie vormt van de beweging. Door geschikte elektronische circuits in de apparaten te bouwen zou men van de bewegingscurve een snelheidscurve kunnen schrijven en omgekeerd.

Met de eigen opstelling werd een verplaatsingscurve geschreven. Als te meten reflextijd werd in overeenstemming met de meeste literatuur de

helft-relaxatie-tijd = H.R.T. gekozen. Dit is een representatieve maat het-
geen bekend is sinds Lambert in 1951 beschreef hoe bij het myxoedeem zo-
wel contractiefase als relaxatiefase verlengd zijn. In de HRT zijn zowel de
gehele contractiefase alsook het best meetbare deel van de relaxatiefase be-
grepen. Ook is echter in de HRT de latentieperiode tussen hamerslag en
begin van de contractie begrepen; deze periode is bij het myxoedeem niet
verlengd, zoals Lambert aantoonde.

HOOFDSTUK III

NORMALE REFLEXSNELHEDEN

1. BETROUWBAARHEID VAN DE REFLEXMETING. KEUZE VAN REPRESENTATIEVE REFLEXEN IN DE LITTERATUUR.

Vele onderzoekers zagen artefacten in een reeks reflexen en velen ook een wisselend lange reflex hetgeen volgens hen iets met "losmaken" van de spieren te maken kon hebben. Op zeer uiteenlopende wijzen hebben de diverse schrijvers de volgens hen representatieve reflexen gekozen. Er werd door hen altijd geschat welke de best bruikbare reflexfiguur was, nooit berekend. Weissbein en Lawson (1960) sloegen 20 reflexen en kozen de kortste reflex (125). Binswanger (1961) koos het gemiddelde van ten minste 10 reflexen (11). Petajan en Watts (1962) sloegen ten minste 10 reflexen; het gemiddelde van 5 reflexen, met inbegrip van de eerste, werd berekend (93). Hirst (1963) koos de eerste reflex; deze noemde hij basaal (52). Sherman c. s. (1963) sloeg 10-12 reflexen, liet de eerste 3 buiten beschouwing en koos van de overige de meest frequent voorkomende (106). Simpson c. s. (1963) koos 15 artefactvrije reflexen (110). Burt en Stunkard (1964) kozen de kortste van 6 reflexen (17). Vulpe en Martinez (1964) sloegen vele reflexen en kozen hiervan 10 "goede" (116). Nuttall en Doe (1964) sloegen 20 reflexen van elke voet en kozen de "beste" 5 of 6 hiervan (89). Duc en Duc (1965) kozen de eerste reflex (28). Robson c. s. (1965) koos het gemiddelde van 6 reflexen en hield tussen 2 reflexen een tijdsinterval van 15 seconden aan (99). Nordyke (1966) sloeg en gebruikte 5-10 reflexen, geslagen met tussenpozen van enkele seconden (85). Reinfrank c. s. (1967) volstond met 3 "bevredigende" complexen (95). Katz en Robinson (1967) sloegen en ge-

bruikten 10 reflexen links en rechts (60). Marsden c. s. (1968) verwierp de eerste 6 reflexen (79). Andersen (1968) nam van 3-5 reflexen de kortste (3). Verdy c. s. (1968) klopte 20 reflexen en koos dan 5 "bevredigende" complexen (114). Waal-Manning (1969) sloeg 15 tot 20 reflexen en zocht daarvan 10 "bevredigende" uit (117). Visser (1970) koos het gemiddelde van 10 reflexen uit een reeks van ongeveer 40 reflexen waarvan de eerste 9 buiten beschouwing gelaten werden (115). Métral c. s. (1970) verwierp de eerste 10 reflexen en gebruikte daarna 10 tot 15 achtereenvolgende reflexen (80). Ringqvist c. s. (1970) herhaalde de reflexen tot er 8 technisch "bevredigende" waren, 4 van links en 4 van rechts (97). Zamrazil c. s. (1971) registreerde de reflex links en rechts en nam het gemiddelde van 4 reflexen na uitsluiten van de 2 uiterste waarden uit een totaal van 6 reflexen (130).

Eigen onderzoek

Omdat de als representatief beschouwde reflexen zo verschillend gekozen worden, mag men aannemen dat hier een probleem ligt.

Onze eerste oriënterende waarnemingen maakten duidelijk dat de bepaling matig reproduceerbaar was. Dit is te zien aan een vaak geobserveerde proefpersoon (A), bij wie gedurende 29 achtereenvolgende dagen dagelijks ruim 20 reflexen aan elke voet werden opgewekt. In fig. 14 is een tenminste tweetoppige verdeling te zien van de reflexen met rangnummer 1 op verschillende dagen. Kiest men telkens de 10e reflex (bij dit rangnummer is aannemelijk dat de spieren "losgemaakt" zijn) dan is de verdeling niet beter (fig. 15). Het leek daarom nodig te zijn per proef meer dan één meting te verrichten. Omdat vele onderzoekers de reflexen met de laagste rangnummers overslaan, zou men de 9e en de 10e meetbare reflex kunnen beschouwen en de uitkomst middelen. Ook deze procedure levert een meertoppige verdeling (fig. 16). Een voor de hand liggende mogelijkheid is de gemiddelden van de reflexen met rangnummer 1 en 2 te gebruiken. Nu ontstaat een betrekkelijk homogene verdeling (fig. 17) met standaarddeviaties welke van meest kleine omvang zijn. Toch zijn er verscheidene zeer grote standaarddeviaties in deze groep (fig. 18).

Bij kiezen van de gemiddelden van de eerste 10 meetbare figuurtjes, blijken die een nog iets mooiere verdeling met een iets smallere basis te vertonen dan in figuur 17 het geval is (fig. 19). De verdeling van de standaarddeviaties tendeert nu weliswaar niet naar nul, maar is homogeen en

met een maximum tussen 20 en 25 msec. en dit mag een aanvaardbare standaarddeviatie heten (fig. 20). Op grond van deze bevindingen leek het gemiddelde van de eerste 10 goed afleesbare reflexfiguurtjes de meest geslaagde maat. Voor zover niet anders vermeld, vertegenwoordigt in de verdere tekst elke vermelde reflextijd het gemiddelde van 10 reflexen.

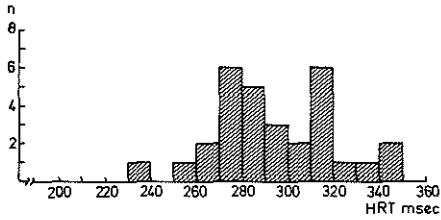


Fig. 14.

Verdeling van reflexen nrs. 1 (proefpersoon A; linker been; 29 achtereenvolgende dagen).

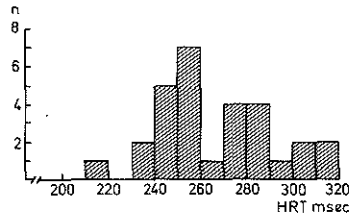


Fig. 15.

Verdeling van de 10e gemeten reflexen (proefpersoon A).

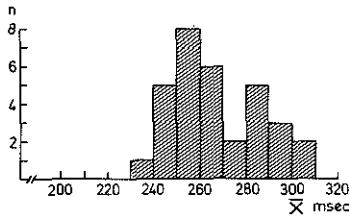


Fig. 16.

Verdeling van de gemiddelden van de 9e en 10e gemeten reflex (proefpersoon A).

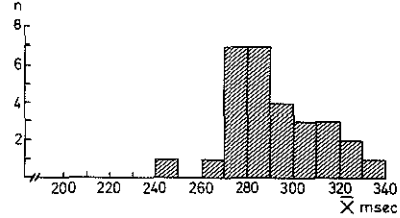


Fig. 17.

Verdeling van de gemiddelden van de 1e + 2e gemeten reflex (proefpersoon A).

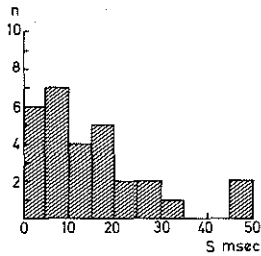


Fig. 18.

Verdeling van de standaarddeviaties (s) van de gemiddelden van de 1e + 2e gemeten reflex (proefpersoon A).

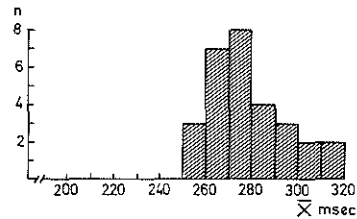
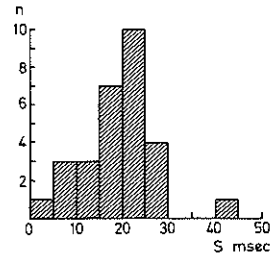


Fig. 19.

Verdeling van de gemiddelden van de eerste 10 gemeten reflexen (proefpersoon A).

Fig. 20.

Verdeling van de standaarddeviaties (s) van de gemiddelden van de eerste 10 gemeten reflexen (proefpersoon A).



Later wordt nog een beschouwing gewijd aan de vraag of deze keuze achteraf gezien nog steeds de beste leek (hoofdstuk 9). Eén belangrijk punt is namelijk dat in de series van "de eerste 10 meetbare reflexfiguurtjes" een verloop leek op te treden in de zin van verkorting van de HRT bij toenemend rangnummer.

Bij nog steeds dezelfde proefpersoon werd als toets tegen verloop de rangtekentoets van Kendall toegepast op 10 steekproeven, met als uitkomsten $S = -30$, respectievelijk -9 , -9 , -27 , -27 , -25 , -42 , -12 , -1 en -13 . Bij een overschrijdingskans van 5% moet bij $n = 10$ de S tenminste 21 bedragen, hetgeen in dit geval betekent dat in slechts 5 van de 10 gevallen een verkorting van HRT bij toenemend rangnummer significant aangetoond kon worden. Een verloop is hiermede dus niet aangetoond.

2. REFLEXDUUR BIJ NORMALE SCHILDKLIJERFUNCTIE

Inleiding

In tabel II is een aantal literatuurgegevens bijeengebracht over normale waarden. Bijna alle aangegeven auteurs gebruikten een fotomotograaf. De volgende tabel (III) levert gegevens over de betekenis van leeftijd en geslacht.

De indruk ontstaat dat het gaat om een onnauwkeurige bepaling. Ongetwijfeld spelen vele factoren een rol, enkele beïnvloedende factoren zijn reeds besproken in hoofdstuk I. Leeftijd en geslacht lijken enige betekenis te hebben: bij hogere leeftijd een langere reflex en ook bij vrouwen een iets langere reflex dan bij mannen. Van belang is verder dat bij sommige proefpersonen een achillespeesreflex niet op te wekken is (Andersen (1968) (3), Biemond (1958) (10)). Geen reflex was opwekbaar door Lambert c. s. (1951) (68) bij 6 van 286 normale personen, en door Sherman c. s. (1963) (106) bij 12 van 255 normale personen en bij 3 van 53 myxoedeempatienten.

Tabel II Normale waarden van de HRT in de litteratuur. HRT in msec.

naam auteur	jaar	aantal personen	\bar{x}	s	statistische spreiding ($\bar{x} \pm 2 s$)	gemeten spreiding
Lambert c.s.	1951	35	340	57	226-454	220-450
Avera en Overholt	1962	13	311			
Fogel c.s.	1963	274	300	37	226-374	230-400
Johnson c.s.	1963	38	248,5	17,0	215-283	200-286
Sherman c.s.	1963	243	310	30	250-370	230-420
Sabeh c.s.	1964	28	299	33	233-365	220-440
Beardwood en Schumacher	1964	50	320	33	256-384	261-380
Fejër en Kun	1964	10	311			
Kissel c.s.	1964	91	310	28	254-366	220-360
Klugman	1964	50	320			250-460
Vulpe en Martinez	1964	141	330			
Miles en Surveyor	1965	131	289	22	245-333	240-340
Linquette c.s.	1965	261	304	21	266-344	220-490
Young	1965	65	279	60	159-399	
Duc en Duc	1965	255	302	31	240-364	220-380
Fankhauser c.s.	1966	54	275	25	225-325	220-320
Emrich en Marongiu	1966	61	300	30	240-360	
Nordyke	1966	893	319			
Glennon en Reinfrank	1966	100	310	30	250-370	
Kiefer c.s.	1966	80	222	18		
Reinfrank c.s.	1967	400	308	35	238-378	240-410
North	1967	332	304	36	232-376	190-430
Nuki en Bayliss	1968	116	310	30-35	240-400	250-380
Saner c.s.	1968	100	278	23	232-324	220-330
Visser	1970	243	287	32	223-351	
Métrai c.s.	1970	>1000				250-335

Tabel III. Litteratuurgegevens over de invloed van leeftijd en geslacht op de reflexduur.

onderzoekers	leeftijd in jaren	aantal personen	totaal		statistische spreiding ($\bar{x} + 2s$)	gemeten spreiding	vrouwen				
			\bar{x} msec HRT	s			aantal personen	\bar{x} msec HRT	s	$\bar{x} + 2s$	
Fogel	5-75	274	-								
Johnson	18-22	38									
Sherman	> 18	243									
Canlorbe	0-1	23	-			185-285					
	1-2	17	-			220-305					
	2-3	20	-			245-316					
	3-4	16	-			260-330					
	4-7	87	-			270-350					
Vulpe en Martinez	16-55	141									
Miles en Surveyor	14-71	131									
Duc	3-13	17	270	23							
	13-25	37	288	29							
	25-40	96	300	28							
	40-55	54	312	29							
	> 50	51	318	29							
Nordyke	0-19	107	294				646	326			
	20-39	369	318								
	40-59	327	322								
	60-79	80	326								
Katz	4-8	271					119	258	30	198-318	
	9-13	257					120	272	11	250-294	
Reinfrank	3-15	101	276	23	230-322	240-350					
	16-64	266	317	31	255-380	250-390					
	65-76	33	334	32	270-400	280-410					
North	afnemng met toenemende leeftijd: 10 msec/decade										
Nuki en Bayliss	11-30	30	300	25							
	31-50	43	310	45							
	51-70	32	330	45							
Tubiana	> 25		276				262	300			
	26-40		293								
	41-55		313								
	< 56		319								
		<u>mannen</u>									
Visser	20-30	25	256	22	212-300		25	263	27	209-317	
	30-40	25	280	22	236-324		23	284	27	230-338	
	40-50	24	282	21	240-324		23	306	32	242-370	
	50-60	24	286	17	252-320		24	310	34	242-378	
	60-70	25	299	32	235-363		25	310	26	258-362	

Onderzoek

Niet omdat het gebruik van normale waarden een centrale plaats innam in onze proefopstellingen, maar om de gevonden uitkomsten vergelijkbaar te maken met gegevens uit de literatuur zijn reflexbepalingen verricht bij zogenaamde normale proefpersonen. Deze proefpersonen werden betrokken uit het ziekenhuispersoneel, uit gezonde bewoners van een bejaardentehuis en uit bezoekers van een polikliniek voor inwendige ziekten; deze patienten waren zonder schildklierafwijkingen en hadden geen suikerziekte. Zo vaak als mogelijk was werd het eiwit-gebonden jodium in het serum bepaald.

Onderzocht konden worden 96 vrouwen en 150 mannen. Een aantal van hen had geen reflex of geen meetbare reflex. Onder de 20 vrouwen zonder reflex hadden twee de leeftijd van 37, resp. 53 jaar, de overige 18 waren boven de 70 jaar. Onder de 35 mannen zonder reflex waren 5 van de leeftijden 19, 55, 56, 59 en resp. 62 jaar, de overige 30 waren boven de 70 jaar. Na aftrek van deze gegevens restten de uitkomsten van 76 vrouwen en 115 mannen.

Met het doel de reﬂextijden in relatie tot geslacht en leeftijd te beschouwen, werd eerst een leeftijdsverdeling van beide groepen uiteengezet. Het bleek dat beide geslachten een meertoppige leeftijdsverdeling vertoonden. Daarom werd besloten 5 leeftijdsklassen in te stellen. De deelnemers aan elke klasse werden aselekt verkregen uit de hele groep. Er werden zo voor elk geslacht 5 klassen met 11 personen, dus 55 deelnemers verkregen. Voor de vrouwen waren de uitkomsten als vermeld in tabel IV. De gemiddelden zijn vergelijkbaar met de normale waarden uit de literatuur. Over

Tabel IV. 55 Vrouwen verdeeld over 5 leeftijdsklassen, aselekt samengesteld uit een steekproef van 76.

leeftijdsklasse	n	\bar{x}	s	statistische spreiding ($\bar{x} \pm 2s$)
< 30 jaar	11	284	35	214-354
30-45 jaar	11	281	44	193-369
45-60 jaar	11	315	43	229-401
60-75 jaar	11	286	48	190-382
> 75 jaar	11	307	82	133-471

een verloop in de relatie met de leeftijd is geen uitspraak te doen. De rangtekentoets van Kendall pleit niet voor een verloop. De standaarddeviatie is groot, ook als de oudste leeftijdsklasse, waarin polyneuropathie een rol kan spelen, buiten beschouwing wordt gelaten. Om na te gaan of aselectie, bij welke slechts 11 elementen in elke klasse terecht kwamen, de grootte van de standaarddeviatie sterk bevordert heeft, werden uit de oorspronkelijke groep van 76 vrouwen alle vrouwen verzameld met een leeftijd onder de 30 jaar. Deze leeftijdsklasse was namelijk het sterkst vertegenwoordigd in de hele groep. Deze 26 vrouwen leverden een gemiddelde van $\bar{x} = 284$ msec. en een standaardafwijking $S = 41$ msec. Deze standaardafwijking is van dezelfde orde van grootte als die in de voorgaande tabel. Hieruit kan besloten worden dat de grote standaardafwijking niet zonder meer het gevolg is van het kleine aantal elementen per leeftijdsklasse, maar even goed het gevolg kan zijn van de onnauwkeurigheid van de bepaling.

Overeenkomstige berekeningen voor mannen leverden tabel V op. In de groep van 115 mannen was de jongste leeftijdsklasse weer het sterkst bezet: 38 mannen waren jonger dan 30 jaar. Het gemiddelde van de HRT van deze 38 bedroeg $\bar{x} = 270$ msec., met een standaardafwijking van $S = 38$ msec. Dit is weer in de bekende orde van grootte.

Tabel V. 55 Mannen verdeeld over 5 leeftijdsklassen, aselekt samengesteld uit een steekproef van 115.

leeftijdsklasse	n	\bar{x}	s	statistische spreiding ($\bar{x} \pm 2s$)
< 30 jaar	11	274	54	166-382
30-45 jaar	11	277	31	215-339
45-60 jaar	11	306	48	210-402
60-75 jaar	11	301	50	201-401
> 75 jaar	11	335	54	231-439

Bij de mannen is een verloop van de reflex met de leeftijd aantoonbaar, in die zin dat hogere leeftijd gepaard gaat met een langere reflex. De rangtekentoets van Kendall levert $S = 8$ op, hetgeen bij 5 paren en een eenzijdige overschrijdingskans van 5% juist significant is want S moet ten minste 8 zijn.

Om nog gevoeliger te kunnen nagaan of er een HRT-verloop met de leeftijd optreedt, werden dezelfde gegevens nogmaals bewerkt met de toets van Student-Welch. Hiermee werd nagegaan of de gemiddelde HRT onder de 45 jaar significant verschilde met die boven de 45 jaar. Voor de 55 mannen was dit duidelijk het geval, ook indien de oudste groep (ouder dan 75 jaar) buiten beschouwing bleef. Met de leeftijd nam de HRT-duur toe. Voor de 55 vrouwen was dit niet aantoonbaar.

Een geslachtsverschil in reflex is met bovenstaande gegevens niet aantoonbaar. Vergelijking van de 5 leeftijdsklassen van beide geslachten met behulp van de tekentoets laat 3 maal een langere reflex voor de vrouwen zien en 2 maal voor de mannen. Dit levert geen significant verschil op en op grond van deze gegevens mag dus niet tot een geslachtsverschil in reflex-tijden besloten worden.

3. BESPREKING

Op grond van eigen onderzoek leek het gemiddelde van de eerste 10 goed afleesbare reflexfiguurtjes de meest geslaagde maat voor de HRT. Dit was een voorlopige conclusie die - zoals in hoofdstuk IX blijken zal - later herzien is. Door bij als normaal beschouwde personen te meten zonder bijzondere maatregelen ten aanzien van de meettechniek, werden zogenaamde "normale waarden" gevonden welke overeenkwamen met die uit de literatuur. De standaardafwijking was vrij groot, en dit is niet slechts aan het kleine aantal deelnemers per leeftijdsgroep toe te schrijven, maar ook aan de onnauwkeurigheid van de bepaling. Bij mannen bestond een verloop in die zin dat bij hogere leeftijd een langere reflex bestond. Dit komt ook weer overeen met literatuurgegevens. Bij de vrouwen was dit niet bewijsbaar. Een geslachtsverschil in reflexduur kon in deze gegevens niet gevonden worden.

Een meer diepgaand onderzoek zou zeker mogelijk zijn geweest, maar inmiddels werd al de betekenis van temperatuursveranderingen voor de reflexduur - zoals die in latere hoofdstukken besproken wordt - vermoed, zodat met de voorgaande waarnemingen over de betekenis van geslacht en leeftijd volstaan werd.

HOOFDSTUK IV

INVLOED VAN DE KRACHT VAN DE HAMERSLAG OP DE DUUR VAN DE ACHILLESPEESREFLEX. ASYMMETRIE VAN DE REFLEX.

1. LITTERATUUR

Kracht van de slag

Bij het zoeken naar standaardomstandigheden voor de reflexbepaling rijst de vraag of de kracht van de slag waarmee de percussiehamer de reflex opwekt invloed heeft op de reflexduur. Voorstelbaar is dat zowel de tijdsrelaties als de amplitude van de reflexbeweging beïnvloed worden.

Lambert c. s. (1951) hebben zich als eersten het probleem van de prikkelsterkte gerealiseerd (68). Zij maten de kracht van de hamerslag met een weerstandsdraad-versnellingsmeter die aan de percussiehamer bevestigd was. Zij beweerden het effect van de slagkracht te bestuderen, maar blijkens hun verdere tekst hebben zij dat niet gedaan. In werkelijkheid hielden zij zich bezig met het meten van het tijdstip van de slag. Zij registreerden de mate van spiercontractie met behulp van de in hoofdstuk II reeds genoemde vlakke, met het horizontale vlak scharnierende plaat met daarop de voetzool; hierbij gaf de tijdens de reflexbeweging ontstane neerwaartse beweging van de plaat een impuls in de weerstandsdraad - drukopnemer. Lambert c. s. beschreven verder dat het hen moeilijk viel reacties van door hen gewenste sterkte te verkrijgen, vandaar dat zij in willekeurige volgorde spiercontracties van verschillende intensiteiten opwekten. Bruikbaar bleken te zijn zwakke reflexcontracties van 0,5 tot 3,0 kg op de bal van de voet

omdat krachtiger reacties vaak onduidelijk werden door uitbreiding van de reflex naar andere spiergroepen. Zij maten de helft-relaxatietijd en meenden dat deze varieerde met de kracht van de contractie. Zij gaven hierover geen getallen. Daarom bepaalden zij door interpolatie op een grafiek de gemiddelde reflexduur bij een contractiekracht van 1,5 kg. De aldus verkregen reflexduur gebruikten zij verder. Sherman c.s. (1963) (107, 108) en Börner c.s. (1966) (12) bemerkten geen invloed van de kracht van de hamerslag. Ook Kimura (1967) ging de invloed van de kracht van de hamerslag op de achillespeesreflex na (62). Hij bemerkte dat de hoogte van de bewegingscurve, dus de amplitude van de spiercontractie, evenredig was met de kracht van de slag. Een eventuele beïnvloeding van de duur van de reflex heeft hij niet onderzocht. Ook Börner c.s. (1966) hadden bemerkt dat de amplitude wel evenredig toenam met de slagkracht (12). Visser (1970) raakte de Achillespees met een kracht voldoende groot om de wijzer van een weegschaal een bepaald traject te laten afleggen (115). Een invloed van de slagkracht werd niet waargenomen.

Asymmetrie van de reflex

Over een verschil in reflexduur tussen beide benen zijn de literatuurgegevens in goede onderlinge overeenstemming. Sherman c.s. (1963) (107) vond geen verschil, evenals Simpson c.s. (1963) (110). Nuttall en Doe (1964) vonden het links-rechts verschil in reflexduur weinig variabel (89). Beardwood en Schumacher (1964) bevonden het verschil zelden meer dan 20 msec, bij diabeten meer, namelijk meer dan 78 msec, tot soms 200 msec (8). Fankhauser (1966) bemerkte vrijwel altijd een verschil van minder dan 25 msec (36). Börner c.s. (1966) (12) noteerden geen verschil, evenals Kimura (1967) (62). Ook onze voorlopige indruk (1969) was dat er geen links-rechts-verschil van belang bestond (126). Als laatste vond Visser in 1970 geen of een zeer gering verschil (115).

2. ONDERZOEK

Proefopstelling

De prikkel werd toegediend met behulp van een percussiehamer die om een horizontale as bewoog: om de kracht van de slag te standaardiseren

werd de valhoogte van de hamer constant op 20 cm gehouden. Het gewicht werd geregeld met een verwisselbaar contragewicht. Voor dit contragewicht werden proefondervindelijk en arbitrair respectievelijk 74,5 en 37,25 gram gekozen. Met 74,5 gram als contragewicht was de balans in evenwicht. Werd dit gewicht weggelaten dan werd de kracht van de slag volgens afspraak HARD genoemd; met het contragewicht van 37,25 gram heette de slag ZACHT.

Uitkomsten

Bij dezelfde proefpersoon als vermeld in hoofdstuk III (A. K.) werden gedurende 29 dagen reflexen bepaald in de volgorde Links Hard, Links Zacht, Rechts Zacht, Rechts Hard, Links Hard₂ (tabel VI). In deze tabel worden telkens de gemiddelden van de eerste 10 slagen vermeld. Opvallend is dat het nu en dan in het geheel niet lukte een reflex op te wekken.

Met de tekentoets werden de volgende resultaten waargenomen (zie tabel VII). Voor deze proefpersoon bleek het in 29 zittingen geen verschil te maken of hard of zacht op de achillespees geslagen werd. Wel was de tijdsduur van de HRT van het linker been steeds langer dan die van het rechter been.

Overeenkomstige waarnemingen werden gedaan bij proefpersoon B, een man van 37 jaar. Zie tabellen VIII en IX. Bij deze proefpersoon werden bepalingen verricht gedurende 20 opeenvolgende dagen.

3. BESPREKING

Ongeacht de volgorde van de bepalingen 1. is het van geen belang voor de duur van de HRT of hard dan wel zacht op de Achillespees geslagen wordt.

2. blijkt dezelfde asymmetrie in de reflexduur te bestaan. Dit werpt de vraag op of deze kennelijke asymmetrie in relatie staat tot linkshandigheid dan wel rechtshandigheid, of liever voetigheid. Hierop zal nader worden ingegaan in het hoofdstuk betreffende de lichaamsmaten. Vermeld moet nog worden dat onze beide proefpersonen links de langste reflex vertoonden, maar de 1e proefpersoon was linksvoetig en de 2e proefpersoon rechtsvoetig.

Tabel VI.

Proefpersoon A. Reflexbepaling op 29 op elkaar
volgende dagen in van links naar rechts te lezen
volgorde.

	links		rechts		links
	hard	zacht	zacht	hard	hard ₂
1	279	277	geen	270	265
2	254	304	304	250	284
3	253	256	geen	251	254
4	278	279	267	239	268
5	240	244	geen	233	295
6	279	269	290	252	271
7	242	267	geen	247	253
8	258	277	242	254	265
9	245	230	226	231	274
10	284	261	281	283	286
11	278	283	260	262	265
12	263	236	geen	247	292
13	274	247	247	251	257
14	304	289	geen	252	294
15	246	250	276	280	278
16	277	279	267	277	geen
17	296	290	257	260	288
18	245	260	253	262	275
19	283	298	282	253	264
20	277	293	259	263	270
21	289	283	285	251	316
22	265	274	258	262	301
23	249	289	293	263	273
24	260	geen	290	258	282
25	285	302	310	260	315
26	242	geen	284	253	261
27	329	313	297	geen	262
28	262	260	276	250	254
29	271	277	geen	253	272

Tabel VII. Tekentoets betreffende de gegevens uit tabel VI.

paar	verschil T	bij n	en T-grens bij 5% een- zijdige over- schrijdingskans	significant verschil
links hard-links zacht	11-16=5	20	10	niet
rechts zacht-rechts hard	10-11=1	21	9	niet
links hard-rechts hard	22- 5=17	27	11	wel
rechts hard-links hard ₂	2-25=23	27	11	wel

Tabel VIII.

Proefpersoon B. Reflexbepaling op 20 op elkaar volgende dagen in van links naar rechts te lezen volgorde.

	links		rechts		links
	hard	zacht	zacht	hard	hard ₂
1	251	254	243	252	-
2	256	267	241	226	-
3	244	256	245	238	-
4	249	246	216	231	-
5	243	239	219	214	256
6	269	275	270	252	253
7	233	287	228	216	278
8	236	288	224	228	301
9	258	282	262	266	289
10	277	289	239	221	293
11	258	284	240	254	269
12	272	276	246	223	259
13	251	257	247	248	249
14	256	246	247	214	266
15	272	260	229	252	253
16	239	238	248	228	288
17	274	246	248	219	244
18	272	242	225	222	262
19	248	239	214	203	244
20	248	254	245	229	237

Tabel IX. Tekentoets betreffende de gegevens uit tabel VIII.

paar	verschil T	bij n	en T-grens bij 5% een- zijdige over- schrijdingskans	significant verschil
links hard-links zacht	$8-12=4$	20	10	niet
rechts zacht-rechts hard	$13-7=6$	20	10	niet
links hard-rechts hard	$18-2=16$	20	10	wel
rechts hard-links hard ₂	$0-16=16$	16	8	wel

3. Opvallend is voorts dat een zachte slag soms geen reflex ten gevolge heeft, terwijl een harde slag wel een reflex opwekt. Dit is vooral te zien bij de eerste proefpersoon. Kennelijk is er een drempelwaarde waarboven de slagkracht pas effect geeft. Deze drempel kan voor beide benen van één persoon verschillend zijn. Dit effect werd ook waargenomen bij 11 overeenkomstige proefpersonen (4 vrouwen en 7 mannen); 5 van hen toonden ook dit drempeleffect, 3 van hen zelfs voor beide benen.

De kracht waarmee de percussiehamer de hiel raakt is blijkens voorgaande uitkomsten niet bepalend voor de duur van de Helft-Relaxatie-Tijd.

Wel bestaat kennelijk een waarschijnlijk individueel verschillende drempelwaarde voor de slagkracht, onder welke drempel een mechanische prikkel geen reflex ten gevolge heeft.

Er blijkt een individueel bepaalde asymmetrie in reflexduur te bestaan.

HOOFDSTUK V

BETEKENIS VAN LICHAAMSMATEN VOOR DE ACHILLESPEESREFLEX

1. LITTERATUUR

De vraag rijst of anatomische maten invloed uitoefenen op de snelheid van een reflex. De geringe relatie tussen lichaamsgewicht en duur van de achillespeesreflex is reeds ter sprake gekomen in hoofdstuk I. Na onze publicatie in 1969 (126) heeft ook Visser (1970) (115) bericht over gewicht en lichaamslengte. Hij vond geen of weinig invloed van het lichaamsgewicht en geen invloed van de lichaamslengte.

Het zou kunnen dat lengte en gewicht van de in de reflex betrokken lichaamsdelen voor de reflexduur van belang zijn. In de geraadpleegde literatuur werden over deze mogelijkheid geen gegevens aangetroffen.

2. ONDERZOEK

Onderzochte maten

Gezocht werd naar eenvoudig te meten grootheden die de belangrijkste anatomische verhoudingen van de reflexboog weergaven. Ze geven deze uiteraard slechts grof en indirect weer maar verschaffen toch wel een algemene indruk omtrent de te verplaatsen gewichten van de afzonderlijke anatomische onderdelen en de door de prikkel af te leggen afstanden, hoewel het laatste waarschijnlijk van weinig belang is wegens de snelle geleidingstijd in de perifere zenuwen.

Als maten die iets zeggen over de lengte van de reflexboog kunnen wij bijvoorbeeld nemen de lichaamslengte en de lengte van het (onder)been. Over de te verplaatsen gewichten wordt informatie verkregen uit de lengte van de voet als maat voor het gewicht van de voet. Evenzo geeft de lengte van het onderbeen iets weer over het gewicht van het onderbeen en hetzelfde geldt voor de omtrek van de kuit. De omtrek van de kuit geeft bovendien iets weer over de mate van hypertrofie van de musculus gastrocnemius, afgezien van de individueel wisselende dikte van subcutis en bot. Het lichaamsgewicht is een zeer indirecte maat voor de anatomische verhoudingen van de reflexboog.

Gemeten werd op de volgende wijzen:

- lichaamslengte : de kruinhoogte in staande houding.
- lichaamsgewicht : op een balans, de proefpersoon was spaarzaam gekleed.
- lengte onderbeen : in staande houding de afstand tussen de mediale spleet van het kniegewricht, over de malleolus medialis tot de vloer.
- lengte voet : over de vloer de afstand tussen de projecties van de achterzijde van de hiel tot de voorzijde van de grote teen.
- omtrek van de kuit : met een centimetermaat werd de grootst meetbare omtrek van de kuit gemeten bij de staande proefpersoon.

Meetuitkomsten

Volgens deze criteria werd gemeten bij 30 normale mannelijke personeelsleden en patienten van de polikliniek zonder schildklierandoeningen of diabetes mellitus. Voor deze 30 personen werd geen verband gevonden van HRT met lichaamslengte ($r = 0,031$ voor de linker HRT; $r = -0,147$ voor rechts), lengte van het onderbeen ($r = 0,061$ voor links; $r = 0,118$ voor rechts) of voetslengte ($r = 0,029$ voor links; $r = -0,220$ voor rechts).

Er bleek een zwakke correlatie te bestaan tussen de HRT links en het lichaamsgewicht ($r = 0,336$; $0,05 < p < 0,1$), zie fig. 27 (Westerman e. a. (1969) (126)). Ook voor de kuitomtrek was een correlatie aan te tonen (linkerbeen $r = 0,524$, $p < 0,05$, zie fig. 29; rechterbeen $r = 0,377$, $p < 0,05$,

zie fig. 30). Bij nadere beschouwing moet deze correlatie op toeval of op andere oorzakelijke factoren berust hebben. Naderhand bleek namelijk dat enkele van de polikliniekpatienten inmiddels onderzocht werden wegens vermeende schildklierafwijkingen. De resultaten van deze onderzoeken waren weliswaar niet suggestief voor stoornissen in de schildklierfunctie, maar toch konden deze personen niet meer in de groep normalen gehandhaafd blijven. Na het verrichten van waarnemingen bij verscheidene nieuwe proefpersonen resulteerden tenslotte twee groepen: een van 18 vrouwen en een van 34 mannen. Tussen HRT en kuitotrek werd nu geen enkele correlatie gevonden: vrouwen links $r = 0,142$ ($n = 18$); rechts $r = 0,317$ ($n = 18$); mannen links $r = 0,077$ ($n = 34$); rechts $r = -0,264$ ($n = 32$).

In dit onderzoek is geen verband aangetoond tussen enerzijds de helftrelaxatie-tijd en anderzijds respectievelijk lichaamslengte, lengte van het onderbeen, lengte van de voet, lichaamsgewicht en kuitotrek.

3. EVENTUELE RELATIE TUSSEN REFLEXDUUR EN LINKS- DAN WEL RECHTSHANDIGHEID

Bij het verzamelen van de gegevens voor het onderzoek naar de betekenis van de lichaamsmaten werd tevens gevraagd naar links- of rechtshandigheid en ook naar links- of rechtsvoetigheid. Het is immers bekend dat sommige linkshandigen met de rechter voet een bal wegschoppen enz. Het zou kunnen dat de voorkeursvoet de kortste reflexduur toont.

Op de gegevens van 31 proefpersonen werd de tekentoets toegepast. Hierbij werd uitgegaan van de nulhypothese dat er geen relatie tussen HRT en voorkeursvoet bestaat. Bij toetsing met een tweezijdig significantiegebied van 5% kon deze hypothese niet verworpen worden. Een relatie tussen reflexduur en voorkeursvoet kon dus niet worden aangetoond.

4. BESPREKING

In dit onderzoek is beschreven hoe geen invloed aangetoond werd van lichaamsgewicht, lichaamslengte, lengte van onderbeen, voetlengte en kuitotrek op de HRT. Het betekent dat verschillen in lichaamsbouw kennelijk de duur van de achillespeesreflex niet beïnvloeden.

Voorts kon met deze gegevens niet aangetoond worden dat er een relatie bestaat tussen reflexduur en de voet die bij voorkeur gebruikt wordt.

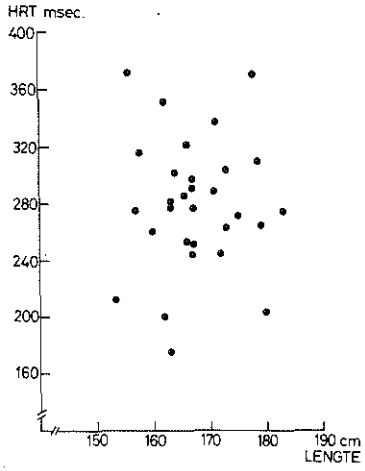


Fig. 21.
 Relatie HR T - lichaamslengte; 30 mannen,
 linker been; $r = 0,031$.

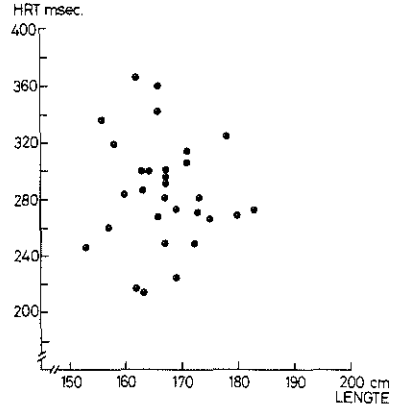


Fig. 22.
 Relatie HR T - lichaamslengte; 30 mannen,
 rechter been; $r = -0,147$.

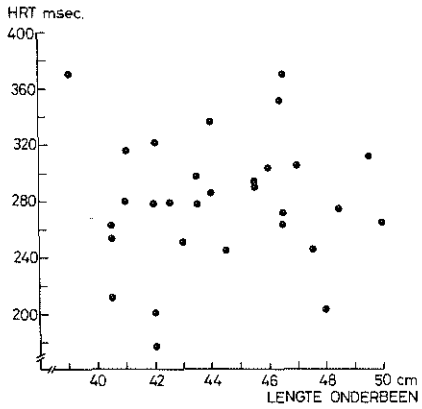


Fig. 23.
 Relatie HR T - lengte onderbeen; 30 mannen;
 linker been; $r = 0,061$.

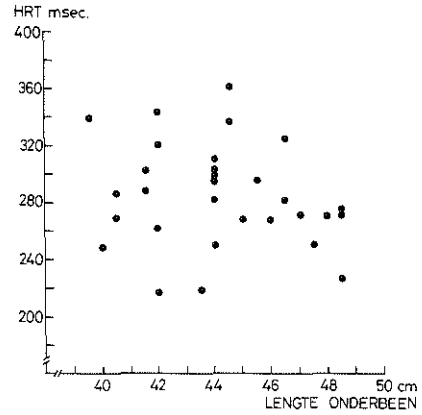


Fig. 24.
 Relatie HR T - lengte onderbeen; 30 mannen;
 rechter been; $r = -0,118$.

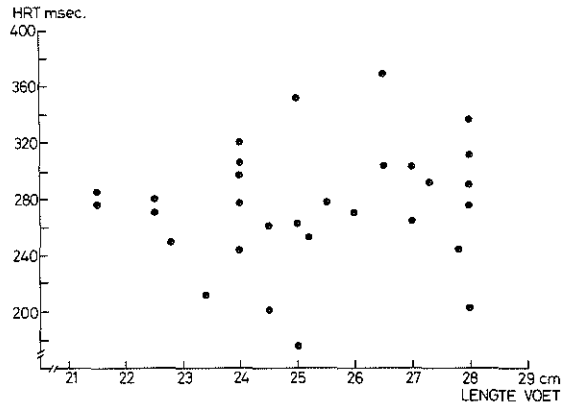


Fig. 25.
 Relatie HRT - voetlengte; 30 mannen, linker
 voet; $r = 0,029$.

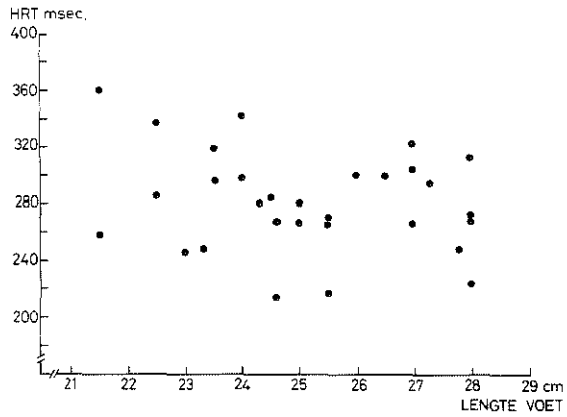


Fig. 26.
 Relatie HRT - voetlengte; 30 mannen; rech-
 ter voet; $r = -0,220$.

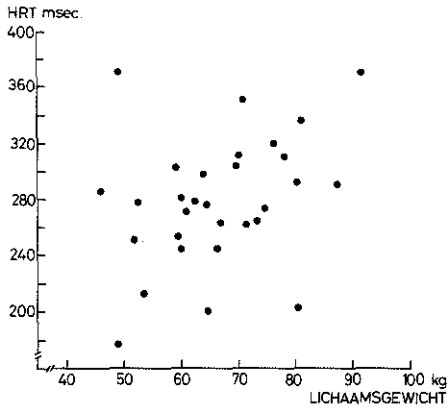


Fig. 27.

Relatie HR T - lichaamsgewicht; 30 mannen;
linker been; $r = 0,336$.

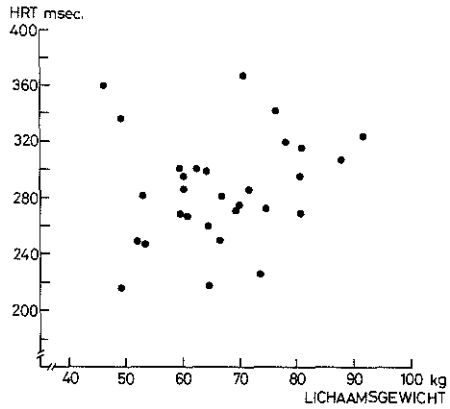


Fig. 28.

Relatie HR T - lichaamsgewicht; 30 mannen;
rechter been; $r = 0,185$.

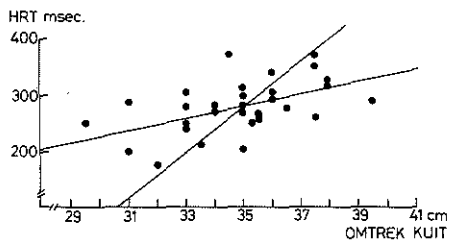


Fig. 29.

Relatie HR T - omtrek kuit; 30 mannen; lin-
ker been;
 $r = 0,524$
 $x = 0,025 y + 27,861$
 $y = 10,626 x - 90,978$.

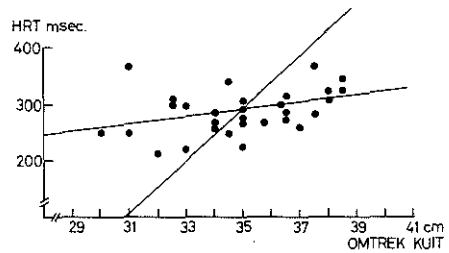


Fig. 30.

Relatie HR T - omtrek kuit; 30 mannen; rech-
ter been;
 $r = 0,377$
 $x = 0,022 y + 26,623$
 $y = 6,236 x + 68,438$.

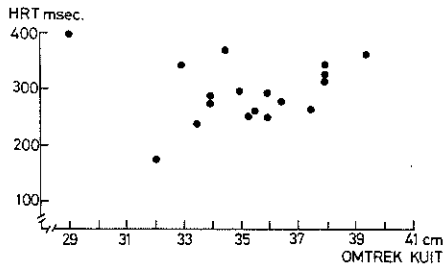


Fig. 31.
 Relatie HRT - kuitomtrek; 18 vrouwen; linker been; $r = 0,142$.

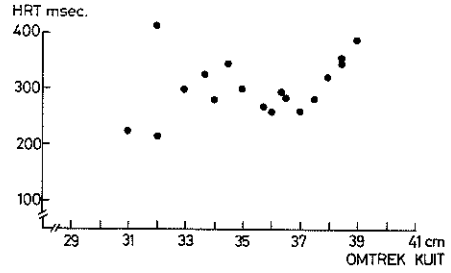


Fig. 32.
 Relatie HRT - kuitomtrek; 18 vrouwen; rechter been; $r = 0,317$.

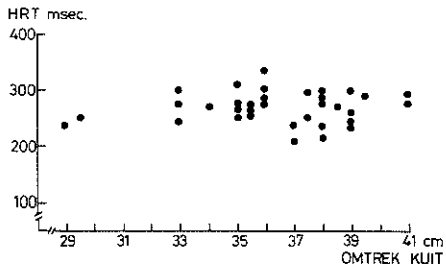


Fig. 33.
 Relatie HRT - kuitomtrek; 34 mannen; linker been; $r = 0,077$.

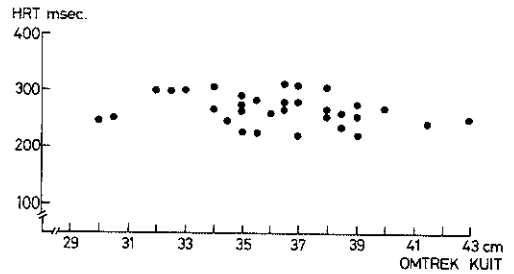


Fig. 34.
 Relatie HRT - kuitomtrek; 32 mannen; rechter been; $r = -0,264$.

HOOFDSTUK VI

INVLOED VAN DE TEMPERATUUR VAN DE KUITSPIER OP DE ACHILLESPEESREFLEX

1. LITTERATUUR

De hedendaagse inzichten over de temperatuursregulatie van het lichaam gaven aanleiding na te gaan of wisselingen in temperatuur een samenhang vertoonden met wisselende reﬂextijden. Een snellere peesreﬂex veronderstelt een verhoogd energieverbruik, mogelijk gepaard gaande met toegenomen doorbloeding van het orgaan en misschien ook een hogere temperatuur.

Een kleine uiteenzetting over bestaande kennis omtrent temperatuursregulatie lijkt thans gerechtvaardigd. Bij onderdompeling van een arm in koud water ontstaat onmiddellijk vasoconstrictie in de andere arm (François-Franck 1876) (40). Dit effect treedt ook op indien de bloedtoevoer naar de gekoelde arm afgesloten is, en berust daarom op een reﬂexmechanisme. Deze reﬂex raakt na enkele minuten vermoeid. Pickering toonde in 1932 aan dat indompeling van een hand en onderarm in water van 44°C na 5-10 minuten gevolgd werd door vasodilatatie in de andere arm. Indien echter de bloedtoevoer naar de voorverwarmde arm onderbroken was, ontstond geen vasodilatatie totdat de bloedsomloop hersteld werd. Het effect op de vasomotoren hing dus af van een stijging van de temperatuur van het bloed en berustte niet op een reﬂex vanuit de verwarmde huid. De mate van vasodilatatie scheen af te hangen van de omvang van de stijging van de temperatuur in de centrale delen van het lichaam.

Op meer quantitative basis zijn deze observaties herhaald door Ger-

brandy, Snell en Cranston (1954) (44, 45) en Snell (1954). Intraveneus werden warme oplossingen van fysiologisch zout toegediend in een arm. Aan de contralaterale hand werd de warmte-afgifte gemeten. De geïnfundeerde hoeveelheid warmte kon worden berekend, net als de warmte-afgifte en ook de stijging van de sublinguale temperatuur. Het bleek dat de hoeveelheid geïnfundeerde warmte en de stijging van het sublinguale temperatuurverloop recht evenredig waren met het effect van de bloedstroom op de contralaterale hand.

Deze en verwante proeven hebben geleidelijk een bruikbare beschouwingwijze over de temperatuursregulatie opgeleverd waarbij het lichaam onderverdeeld wordt in "pit" en "bolster" ("core" en "shell"; "Kern" en "Schale") (Aschoff en Wever 1958) (5).

De pit bestaat uit de schedelinhoud en de inhoud van thorax en abdomen. De bolster omvat aangezicht, de romphuid, subcutis, spieren en de extremiteiten.

De pit-temperatuur (en vooral de temperatuur van het bloed bij het warmtecentrum) wordt nauwkeurig gehandhaafd terwijl temperatuur en hoeveelheid warmte van de bolster sterk kunnen wisselen. Bij elke gegeven centrale temperatuur (= pit-temperatuur) kunnen er daarom sterke wisselingen zijn in totale warmtevoorraad van het lichaam. Deze warmtevoorraad kan van belang zijn bij plotselinge blootstelling aan koude. De centrale temperatuur wordt nauwkeurig gehandhaafd en varieert in rust niet meer dan $1,1^{\circ}\text{C}$ per etmaal. Bij veranderingen treedt per moment niet meer dan $0,1^{\circ}\text{C}$ verandering op (Gerbrandy c. s. 1954) (44). Er is een dagelijkse gang: 's morgens de laagste en 's avonds laat de hoogste temperatuur; eigenlijk is er geen dagschommeling maar een circadisch ritme van ongeveer 24 uren en 40 minuten (Colin c. s. 1968) (24).

Voor ons onderzoek van belang is dat niet gesproken kan worden van "de" lichaamstemperatuur. De centrale temperatuur moet duidelijk gesteld worden tegenover die van de periferie: beide zijn voortdurend aan veranderingen onderhevig, de centrale temperatuur weinig, de perifere sterk. Het is daarom denkbaar dat de zo verschillend bevonden normale waarden van de achillespeesreflex althans ten dele samenhangen met wisselingen van temperatuur in de betreffende extremiteit.

2. ONDERZOEK

a. Veranderingen van de temperatuur van de kuitspier

Teneinde de "pit en bolster" hypothese voor de warmteregulatie te toetsen werd één van de proeven van Gerbrandy, Snell en Cranston uit 1954 nog eens herhaald. Bij deze proef zat de proefpersoon stil. In de kuitspier werd de temperatuur gemeten met een thermokoppel, in de punt van een naald gesoldeerd, welke naald ongeveer 3 cm diep in de kuit was gestoken. Er bleek daarbij een aanzienlijke daling van de spiertemperatuur op te treden, in de orde van $\frac{1}{2}$ tot 1°C in het eerste halve uur.

Onze proefpersoon was een gezonde man van 33 jaar. Hij zat op een hoge stoel met onbedekte, vrij hangende voeten. Hij bewoog zo weinig mogelijk. Voor temperatuurwaarneming was in het rectum een thermokoppel aangebracht en de temperatuur in de kuitspier werd als bovenvermeld gemeten. De thermokoppels waren verbonden met een spiegelgalvanometer (Ellab, Kopenhagen), die de temperatuur in tienden van graden aangaf. De tweede decimaal werd geschat. Het gelukte de proefpersoon gedurende 7 uren stil te zitten. Tegen het einde van deze periode traden lichte gevoelsstoornissen, cyanose en enkeloedeem van de benen op. De zitting werd beëindigd uit - al of niet gemotiveerde - vrees voor veneuze trombose. Elke 5 minuten werden rectum- en spiertemperatuur afgelezen. De resultaten zijn van fig. 35 af te lezen. In deze zeven uren daalde de temperatuur in de kuitspier geleidelijk en niet rechtlijnig naar 29°C . Inmiddels daalde de rectumtemperatuur niet. Integendeel, er trad een lichte stijging op van ongeveer een halve graad Celsius, hetgeen verklaard wordt doordat de proef aanving 's morgens direct na het ontwaken, en de stijging van de rectale temperatuur waarschijnlijk de dagelijkse gang als onderdeel van het circadische ritme weergeeft.

Met dezelfde opstelling fungeerde als proefpersoon een 67-jarige vrouw met vergevorderde hypothyreoidie. Zie fig. 36. De spiertemperatuur daalde in 2 uren tijds van $35,3$ tot $33,0^{\circ}\text{C}$, dus ruim 2 graden. Nadien trad gedurende een uur vrijwel geen daling op, maar in die tijd zat patiente ook niet geheel stil. De rectale temperatuur bleef vrijwel constant op $36,2^{\circ}\text{C}$. Een 56-jarige man met hypothyreoidie toonde een overeenkomstig fenomeen (fig. 37).

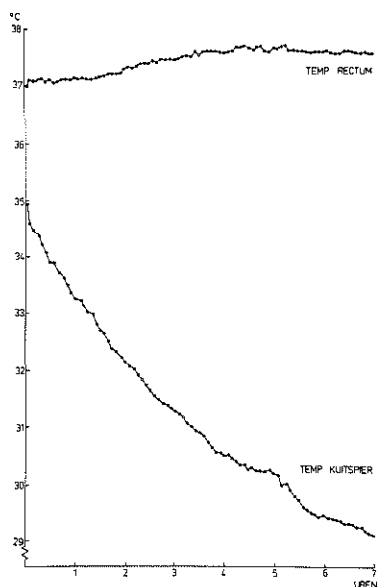


Fig. 35.

Beloop van de rectum-temperatuur en van de temperatuur diep in de m. gastrocnemius tijdens stilzitten.

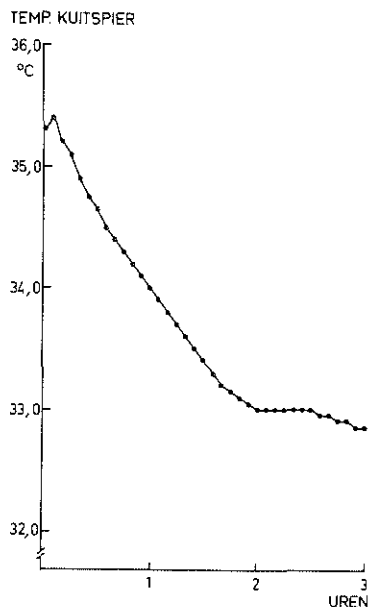


Fig. 36.

67-Jarige vrouw met hypothyreoidie. Beloop van de kuitspiertemperatuur tijdens 3 uur zitten.

De relatieve poikilothermie van de benen werd voorts duidelijk aan 4 proefpersonen die ieder 2 uren stilzaten voorafgaande aan een periode van intermitterende spierarbeid. Deze proeven zijn uitvoerig beschreven in paragraaf e van dit hoofdstuk. Van belang is op deze plaats dat bij de 4 proefpersonen in de linker kuitspier de volgende temperaturodalingen optraden:

$37,09^{\circ}\text{C} \rightarrow 33,90^{\circ}\text{C}$

$37,14^{\circ}\text{C} \rightarrow 33,04^{\circ}\text{C}$

$37,24^{\circ}\text{C} \rightarrow 33,81^{\circ}\text{C}$

$37,40^{\circ}\text{C} \rightarrow 35,10^{\circ}\text{C}$

Bespreking

Uit deze gegevens blijkt dat in rust de temperatuur in de kuitspiereen aanzienlijk kan dalen. In deze omstandigheden overtreft kennelijk de warmteafgifte de warmte-aanvoer door het vrijwel ontbreken van spierarbeid en waarschijnlijk ook door geringe spierdoorbloeding. De rectumtemperatuur

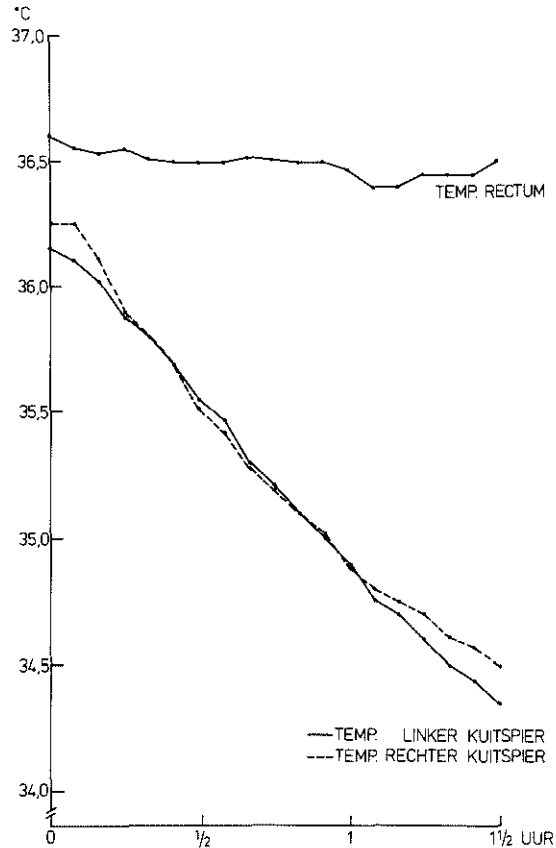


Fig. 37.

56-Jarige man met hypothyreoidie. Beloop van de kuitspiertemperatuur links en rechts van de rectale temperatuur tijdens $1\frac{1}{2}$ uur stilzitten.

blijft daarbij onveranderd. Deze uitkomsten steunen de "pit en bolster"-hypothese: de centrale temperatuur (romp en cerebrum) blijft constant ten nadele van de periferie (aangezicht en extremiteiten).

Kennelijk zijn onder normale omstandigheden de extremiteiten aan een voortdurende tendens tot temperatuurdaling onderhevig en dienen de vele - vaak overbodig schijnende - bewegingen van de mens er toe om de temperatuur van de bolster op peil te houden en zodoende uitputting van de warmtevoorraad in de pit te voorkomen.

b. Relatie tussen kuitspiertemperatuur en achillespeesreflex

In het licht van het voorgaande leek het nuttig na te gaan wat bekend was in de literatuur over een eventuele relatie tussen de duur van de achillespeesreflex en de temperatuur.

Lambert c. s. (1951) (68), Petajan en Watts (1962) (93) en Nuttall en Doe (1964) (89) hadden allen verlenging van de achillespeesreflex gevonden na koelen van de kuit. Daarentegen bestonden uiteenlopende meningen over het gevolg van een stijging in temperatuur. Nuttall en Doe hadden enige invloed daarvan op de reflex ontkend, terwijl Petajan en Eagan (1968) (92) juist een verkorting van de reflex aantoonde. Zij berichtten er bij dat de mate van de verkorting na verwarming minder was dan die welke gezien werd na spierarbeid.

Onderzoek

Ter oriëntatie werd het effect nagegaan van onderdompeling in koud en in warm water. Eerst werd een "blanco" registratie van de reflex verricht, daarna werden beide onderbenen tot aan de knie in water gedompeld gedurende een bepaalde tijd. Het waterbad bevatte stromend water dat nagenoeg elke 5 minuten geheel verversd werd. De temperatuur van het water werd voortdurend gecontroleerd met een kwikthermometer. Indien het effect van warmte zowel als van koude bij één proefpersoon nagegaan werd, geschiedde dit nooit op dezelfde dag, maar met een interval van meest 2-3 dagen.

In tabel X is het resultaat te zien van dit onderzoek bij 3 patienten met thyreotoxicose en één met hypothyreoidie. Het blijkt dat bij afkoeling de HRT langer werd en dat bij verwarming de HRT verkortte, hoewel dit laatste bij sterke hyperthyreoidie wat minder opvallend leek te zijn.

Wegens het oriënterende karakter van deze proeven was niet de temperatuur van de kuitspier gemeten omdat niet bekend was of de patienten de langdurige aanwezigheid van een $3\frac{1}{2}$ cm lange naald in de kuit goed zouden verdragen. Daarom werd met een daartoe geschikt thermokoppel een temperatuurmeting van het huidoppervlak van de kuit verricht. Op het oog leken redelijk herhaalbare uitkomsten verkregen te worden, bovendien goed in overeenstemming met de afkoeling, respectievelijk opwarming.

Tabel X. Effect van onderdompeling in koud en in warm water op de duur van de HRT bij 3 patienten met hyper- en 1 met hypothyreoidie.

	HRT		na 1 uur in water van:	HRT	
	L	R		L	R
♂ 29 jaar hyperthyreoidie PBI 13,4 γ%; BM + 41%	170	154	20°C	301	339
	184	211	20°C	324	305
	168	160	40°C	149	139
	177	208	45°C	194	196
♂ 16 jaar hyperthyreoidie PBI 16,5 γ%; BM + 44%	225	160	15°C	433	472
	200	188	40°C	154	158
♀ 46 jaar hyperthyreoidie PBI 13,6 γ%; BM + 33%	206	207	20°C	382	360
	215	239	40°C	211	205
♂ 20 jaar hypothyreoidie PBI 1,1 γ%; BM - 37%	390	413	17°C	847	1082
	530	543	40°C	405	473

Toen wij echter bemerkten dat de gemeten temperatuur sterk afhing van de meetplaats en rondom de kuit bijna een graad Celsius kon wisselen, werd van verdere temperatuurmetingen aan de huid afgezien. Vervolgens werd altijd in de kuitspier gemeten met een intramusculair aangebrachte thermokoppel.

Een normale 34-jarige man bleek nu de volgende gegevens te leveren:

	blanco		na 1 uur in water 20°C	
	L	R	L	R
HRT	292	308	415	geen reflex
temp. kuitspier °C	33,4	33,6	27,9	27,0

Hieruit blijkt dat bij afkoeling van de extremititeit de HRT langer wordt terwijl de temperatuur van de kuitspier daalt.

Bespreking

Uit het voorgaande blijkt:

1. Bij afkoeling van de extremiteit daalt de temperatuur van de kuitspier.
 2. Bij afkoeling van de extremiteit wordt de reflex trager.
 3. Bij verwarming van de extremiteit wordt de reflex verkort; bij ernstige thyreotoxicose lijkt dit weinig te zijn.
 4. De huidtemperatuur is een vrij grove maat bij het bepalen van temperatuurveranderingen in het been.
- c. Invloed van passief toegediende warmte ("warm-water-proef")

Nu er een relatie bleek te bestaan tussen kuitspiertemperatuur en HRT wilden wij deze relatie quantitatief aantonen onder standaard-omstandigheden. Besloten werd de extremiteit in rust te laten afkoelen aan de lucht gedurende een lange periode, om zodoende een "fysiologische" daling van de spiertemperatuur te verkrijgen en daarmee een lange reflextijd. Vervolgens kon dan het onderbeen passief verwarmd worden in warm water en daarmee zou de spiertemperatuur stijgen en de reflextijd verkorten.

Proefopstelling

1. De proefpersoon zat zo stil mogelijk op een onderzoekbank met onbedekte afhangende benen, zonder dat de voeten de onderlaag konden raken. Deze periode duurde anderhalf uur.
2. Na deze anderhalf uur werd de HRT geregistreerd en de temperatuur in de kuitspier en in het rectum gemeten.
3. Vervolgens ging de proefpersoon zitten en plaatste beide benen tot aan de knieën in het reeds eerder genoemde waterbad. In dit waterbad werd een temperatuur van 40°C gehandhaafd.
4. Na 30 minuten werden beide benen vluchtig drooggedept en werden wederom HRT, rectum- en spiertemperatuur gemeten.
5. Deze proef werd uitgevoerd bij 15 gezonde, mannelijke personeelsleden, jonger dan 40 jaar.

Uitkomsten

De uitkomsten zijn aangegeven in tabel XI.

Tabel XI. HRT en spiertemperatuur voor en na passieve verwarming (warm-waterbad) bij 15 mannelijke proefpersonen.

proefpersoon nr.	leeftijd jaren	HRT links warm water			temperatuur linker m.gastrocnemius warm water		
		voor (a) msec	na (b) msec	(b)-(a) msec	voor (p) °C	na (q) °C	(q)-(p) °C
1	25	330	242	-88	34.7	36.3	+1.6
2	26	291	236	-55	31.7	36.1	+4.4
3	27	299	279	-20	35.8	36.8	+1.0
4	34	305	259	-46	35.2	36.8	+1.6
5	39	356	295	-61	34.5	36.6	+2.1
6	31	400	317	-83	34.5	36.7	+2.2
7	35	373	258	-115	33.1	37.0	+3.9
8	26	355	282	-73	34.2	36.7	+2.5
9	27	416	324	-92	33.4	33.5	+0.1
10	25	382	334	-48	34.3	37.6	+3.3
11	28	350	269	-81	34.99	37.44	+2.45
12	24	361	299	-62	34.08	36.28	+2.20
13	25	365	288	-77	34.18	35.74	+1.56
14	23	281	248	-33	34.38	36.81	+2.43
15	23	321	293	-28	34.69	36.63	+1.94
	\bar{x}	346	282	-64			2.2
	s	40.2	29.8	26.2			1.1

Bespreking

In op één na alle proefpersonen ontstond een stijging van de spiertemperatuur; gemiddeld bedroeg deze stijging $2,2^{\circ}\text{C}$. Allen toonden een duidelijke verkorting van de HRT, gemiddeld was dit 64 msec. Dit betekent een verkorting van de HRT van 29 msec per graad Celsius temperatuurstijging. Deze gradiënt werd berekend door het verschil tussen de gemiddelde HRT's voor en na het waterbad te delen door de gemiddelde stijging in temperatuur. In figuur 38 is te zien dat de lijnen die de waarden, verkregen aan het begin van de proef, verbinden met die welke aan het einde gemeten werden, ongeveer evenwijdig lopen. Indien dan ook voor iedere proefpersoon de gradiënt berekend wordt en de 15 zo verkregen waarden gemiddeld worden, wordt een waarde van 32 msec per 1°C verkregen. Dit kleine verschil van 3 msec pleit voor de homogeniteit van de waarnemingsuitkomsten.

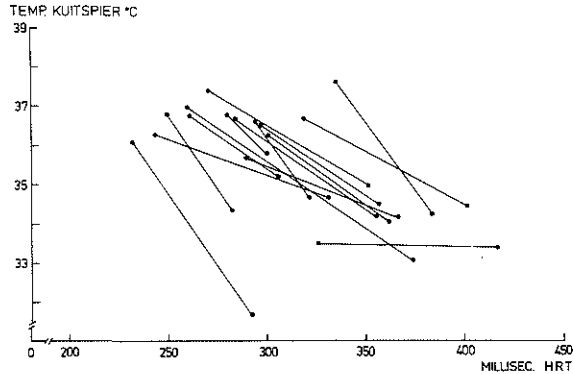


Fig. 38.

Indompeling van de onderbenen in warm water leidde bij 15 vrijwilligers tot stijging van de spiertemperatuur en verkorting van de HRT.

Conclusie

Passieve verwarming doet de temperatuur van de kuitspier stijgen en de HRT verkorten, zodanig dat per 1°C temperatuurstijging er een gemiddelde HRT-verkorting van 29-32 msec kan ontstaan.

d. Invloed van spierarbeid ("fietsproef")

Een invloed van spierarbeid op de duur van de achillespeesreflex is beschreven door Johnson c. s. (1963) (57), Reinfrank c. s. (1967) (95), Petajan en Eagan (1968) (92), en Verdy c. s. (1968) (114). Reinfrank c. s. meenden dat deze invloed gering en van geen klinische betekenis was. Petajan en Eagan hadden ook het effect van verwarming bestudeerd en berichtten dat spierarbeid een sterkere verkorting teweeg bracht dan verwarming.

Onze hypothese was dat spierarbeid van het onderbeen in principe hetzelfde effect moest leveren als passieve verwarming, omdat in beide gevallen de doorbloeding van de kuitspier moet toenemen en daarmee de warmteaanvoer naar de spier vergroot. Tijdens verhoogde doorbloeding van de spier neemt de warmte-afvoer met de bloedbaan uiteraard ook toe en daarom was het zaak de omstandigheden van de proeven zodanig te kiezen dat de gewen-

ste effecten duidelijk waar te nemen waren. Vandaar dat onze proefpersonen met enige inspanning arbeidden.

Proefopstelling

De proefpersonen waren dezelfde als in de warm-water-proef. De twee proeven vonden plaats met een interval van 2-3 dagen. 8 Proefpersonen voerden de fietsproef uit op de eerste dag en de warm-water-proef op de tweede, voor de 7 anderen werd de omgekeerde volgorde aangehouden. De uitvoering van dit onderzoek was gelijk aan die van de warm-water-proef, met dat verschil dat de periode van het warme bad nu vervangen was door een periode van 10 minuten fietsen op een fietsergometer met een arbeidsbelasting van 150 Watt.

Uitkomsten

De resultaten van de proeven zijn vermeld in tabel XII. Hieruit blijkt dat in alle gevallen een verkorting van de HRT optrad en een stijging van de temperatuur in de kuitspier.

In fig. 39 is te zien hoe de lijnen die de gevonden waarden van ieder individu verbinden, min of meer dezelfde helling tonen. De gemiddelde helling werd weer berekend door het verschil tussen de gemiddelde HRT voor en na het fietsen te delen door de gemiddelde stijging in temperatuur. Een gemiddelde stijging van spiertemperatuur van $2,9^{\circ}\text{C}$ bleek gepaard te gaan met een verkorting van de HRT van gemiddeld 77 msec. Per graad temperatuurstijging betekende dit een HRT-verkorting van 27 msec. Indien ook hier voor iedere proefpersoon apart de helling berekend werd en de 15 zo verkregen waarden vervolgens gemiddeld, werd een waarde van 31 msec per 1°C gevonden. Ook dit kleine verschil van 4 msec pleit weer voor de eenvormigheid van de waarnemingen.

Bespreking

In deze fietsproef bleek dat een verkorting van de HRT optrad na spierarbeid en dat tegelijkertijd de temperatuur in de kuitspier steeg.

Tabel XII. HRT en spiertemperatuur voor en na spierarbeid ("fietsproef") bij dezelfde 15 proefpersonen als in tabel XI.

proefpersonen nr.	leeftijd jaren	HRT linker voet fietsen			temperatuur linker m.gastrocnemius fietsen		
		voor (a) msec	na (b) msec	(b)-(a) msec	voor (p) °C	na (q) °C	(q)-(p) °C
1	25	330	238	-92	34.8	37.6	+2.8
2	26	295	258	-37	34.8	37.7	+2.9
3	27	313	224	-89	35.5	37.1	+1.6
4	34	330	238	-92	34.5	37.3	+2.8
5	39	309	217	-92	34.3	37.8	+3.5
6	31	424	309	-115	34.2	37.2	+3.0
7	35	322	273	-49	33.0	36.5	+3.5
8	26	376	294	-82	32.5	36.4	+3.9
9	27	380	337	-43	34.4	35.5	+1.1
10	25	338	261	-77	33.9	38.2	+4.3
11	28	376	297	-79	34.60	36.50	+1.90
12	24	326	262	-64	34.65	36.98	+2.33
13	25	403	297	-106	34.87	36.51	+1.64
14	23	293	225	-68	33.18	37.95	+4.77
15	23	349	276	-73	35.09	37.91	+2.82
\bar{x}		344	267	-77			2.9
s		39.3	35.1	22.3			1.0

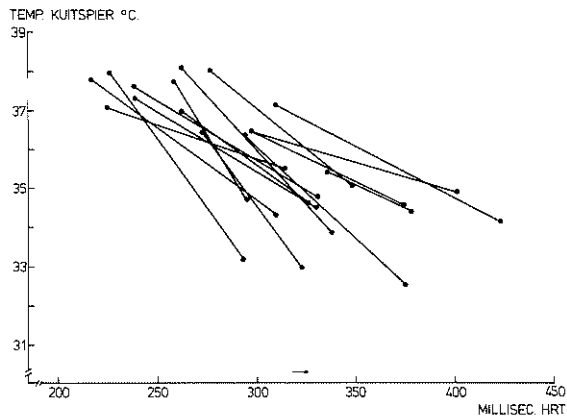


Fig. 39.

Dezelfde proefpersonen als in de warm-waterproef toonden bij fietsen een overeenkomstige stijging van spiertemperatuur en verkorting van de HRT.

Conclusie

1. Spierarbeid doet de temperatuur in de spier stijgen.
2. Spierarbeid doet de HRT verkorten.
3. In de voorgaande proefopstelling was de omgekeerde relatie tussen HRT en spiertemperatuur zodanig dat per 1°C temperatuurstijging een HRT-verkorting van 27-31 msec optrad.

e. Invloed van intermitterende arbeid

Inleiding

Nu het duidelijk geworden was dat, hoe ook ontstaan, een temperatuursverhoging in de kuit altijd gepaard ging met een verkorting van de HRT, werd het belangwekkend na te gaan of de omgekeerde verhouding tussen beide grootheden rechtlijnig is of niet. Deze gedachte drong zich op omdat, indien men de lijnen in de twee beeldgrafieken van de warm-water-proef en van de fietsproef (figuren 38 en 39) doortrekt zij toch enigszins convergent lijken te lopen en bij 40 à 41°C elkaar dicht naderen. Indien dit geen toeval is, zou dat betekenen dat bij deze temperatuur alle HRT's ongeveer even lang zouden zijn. Metingen bij spiertemperaturen van deze hoogte zijn niet goed uitvoerbaar zodat een proefondervindelijke staving ontbreekt.

Het leek wel mogelijk temperatuurswisselingen te laten optreden in het gebied van de "normale" temperaturen. Door warmte toe te voeren of ter plaatse te ontwikkelen en daarbij toch de spiertemperatuur binnen fysiologische grenzen te houden zou het misschien mogelijk zijn nog meer inzicht te krijgen over de relatie tussen reflexduur en spiertemperatuur. Daarom werd een opstelling bedacht waarbij intermitterend gedurende enkele minuten spierarbeid verricht werd, onmiddellijk gevolgd door metingen van temperatuur en reflex. Tijdens die metingen koelde het been af, waarna opnieuw warmte ontwikkeld werd door spierarbeid.

Proefopstelling

In de proef waren 6 gezonde mannen betrokken. Op de inmiddels bekende wijze zaten zij stil gedurende twee uren. Spiertemperatuur en HRT werden gemeten. Na deze twee-uurs periode werd hen gevraagd de voorvoe-

ten op de vloer te plaatsen, overigens nog steeds in zittende houding en de hielen intermitterend op en neer te bewegen in een frequentie van ongeveer 100 maal per minuut gedurende perioden van 3 of 6 minuten, één enkele maal 9 minuten. Gedurende deze proef werden weer gelijktijdige waarnemingen van spiertemperatuur en HRT gedaan.

Uitkomsten

Op deze wijze werd een aantal gegevens verkregen; deze zijn vermeld in tabel XIII. Het beloop van de temperatuur tijdens deze spieroefeningen is afgebeeld in figuur 40. De relatie tussen spiertemperatuur en HRT is weer-gegeven in de spreidingsdiagrammen in fig. 41.

Tabel XIII. Effect op HRT en spiertemperatuur van 2 uren stil zitten en daarop volgende intermitterende spierarbeid bij 6 proefpersonen.

	temp.	HRT	temp.	HRT	temp.	HRT	temp.	HRT	temp.	HRT	temp.	HRT
	°C	msec	°C	msec	°C	msec	°C	msec	°C	msec	°C	msec
beginperiode van 2 uren stil zitten												
begin	-	-	37.09	272	37.14	275	37.24	274	37.40	288	-	-
einde	34.11	399	33.90	370	33.04	337	33.81	409	35.10	-	34.38	319
periode van intermitterend wippen*												
onmid-												
dellijk												
na												
iedere												
periode	34.10	376	34.71	366	33.06	375	34.31	398	35.68	348	34.10	352
	35.76	359	35.20	344	34.11	361	35.30	349	36.13	319	34.84	339
	36.28	309	35.39	341	34.60	349	35.90	347	36.34	319	35.43	339
	36.55	331	35.42	342	34.90	333	36.17	323	36.38	327	35.58	324
	36.65	298	35.48	356	35.20	282	36.50	332	36.80	296	35.81	313
	36.85	309	35.48	355	35.74	286	37.16	330	37.08	323	35.92	272
	37.00	303	35.51	333	36.21	309					36.27	282
	37.05	309	35.81	331							36.50	316
	37.00	272	35.83	313							36.50	290
			35.84	303								
			36.00	289								

* duur van een periode meestal 3, soms 6 en eenmaal 9 minuten

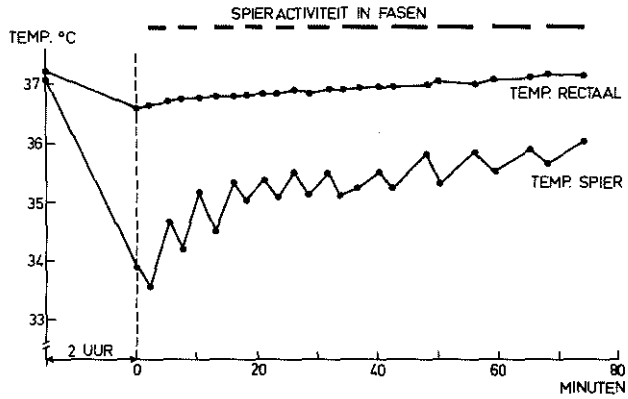


Fig. 40.

Beloop van de temperatuur in de kuitspier bij een proefpersoon tijdens intermitterende arbeid.

Fig. 41.

Intermitterende arbeid. Relatie tussen spiertemperatuur en HR T bij 6 proefpersonen.

1. n = 10

$$r = -0,916$$

$$p \leq 0,05$$

$$y = -0,026x + \leq 44,75$$

$$x = -31,754y + 1473,93$$

2. n = 13

$$r = -0,870$$

$$p \leq 0,05$$

$$y = -0,021x + \leq 42,55$$

$$x = -35,571y + 1595,12$$

3. n = 9

$$r = -0,819$$

$$p \leq 0,05$$

$$y = -0,031x + \leq 44,84$$

$$x = -21,792y + 1083,28$$

4. n = 8

$$r = -0,926$$

$$p \leq 0,05$$

$$y = -0,027x + \leq 45,12$$

$$x = -31,665y + 1478,81$$

5. n = 7

$$r = -0,805$$

$$p \leq 0,05$$

$$y = -0,024x + \leq 44,06$$

$$x = -27,338y + 1316,19$$

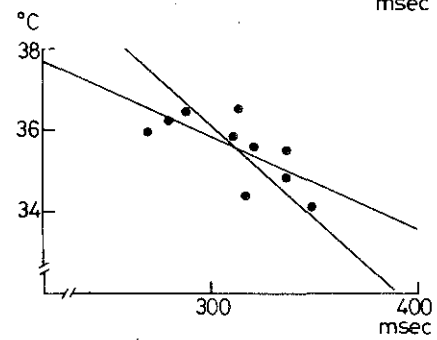
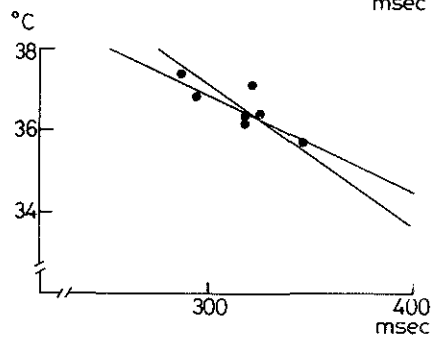
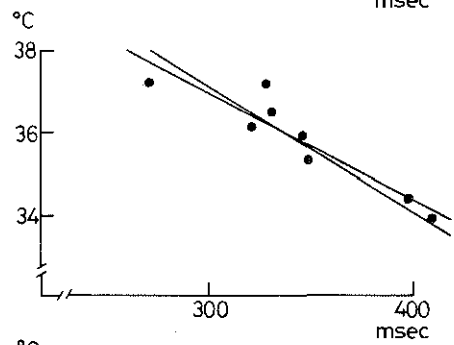
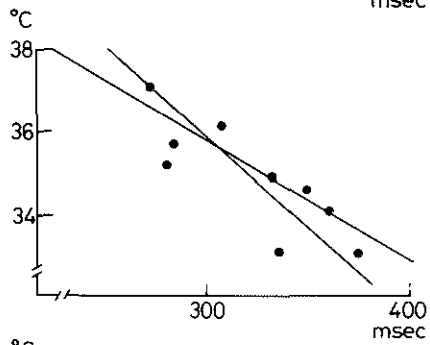
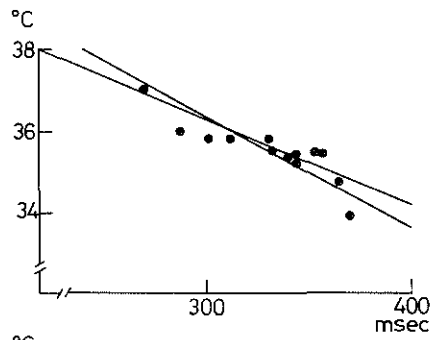
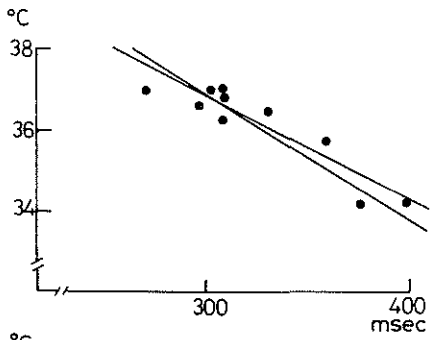
6. n = 10

$$r = -0,703$$

$$p \leq 0,05$$

$$y = -0,023x + \leq 42,71$$

$$x = -21,645y + 1083,72$$



Bespreking

Temperatuursbeloop

Bij beschouwing van de temperatuursgrafieken in fig. 40 valt op dat de rectale temperatuur vrijwel constant blijft, terwijl daarentegen de spiertemperatuur, na in de rustperiode van 2 uren sterk gedaald te zijn, in de perioden van spierarbeid telkens snel oploopt om in de tussenliggende rustperioden - nodig voor het registreren van de reflex - weer snel te dalen. Dit toont aan hoe variabel de temperatuur in de kuitspier is en hoe stabiel de temperatuur in het rectum. Dit is weer een voorbeeld voor de pit- en bolster-hypothese voor temperatuursregeling. Voorts is te zien dat het moeilijk wordt de temperatuur in de kuitspier verder op te voeren indien de spiertemperatuur al betrekkelijk hoog is.

Verhouding tussen spiertemperatuur en HRT

Van tabel XIII is af te lezen hoe tijdens het tijdperk van intermitterende spierarbeid de spiertemperatuur geleidelijk toenam en de HRT daalde, zoals zo langzamerhand ook wel verwacht kon worden. Bij beschouwing van de spreidingsdiagrammen in fig. 41 ontstaat echter onzekerheid over de aard van het verband tussen beide grootheden: rechtlijnig of kromlijnig. Op grond van deze prenten besloten wij voorlopig tot rechtlijnigheid, daarbij aannemende dat dit dan min of meer opging voor het temperatuurstraject tussen 33 en 37°C, maar dat wellicht over een groter temperatuurstraject dit niet zou blijken te gelden.

Uitgaande van rechtlijnigheid konden de volgende berekeningen gemaakt worden: In 4 gevallen was de spiertemperatuur voor de zitting gemeten. Na 2 uren zitten was de gemiddelde spiertemperatuur gedaald van 37,22°C tot 34,11°C, dat is 3,11°C. De gemiddelde HRT was gestegen van 277 tot 366 msec. Per 1°C daling in spiertemperatuur was dus een verlenging van de HRT met 29 msec opgetreden.

De spiertemperatuur bedroeg bij deze 6 experimenten na 2 uren zitten gemiddeld 34,11°C, waarbij een gemiddelde HRT van 369 msec behoorde. Na de intermitterende spierarbeid steeg de spiertemperatuur tot een gemiddelde van 36,69°C en nam de HRT af tot gemiddeld 308 msec. Een stijging van de spiertemperatuur van 1°C werd daarom begeleid door een HRT-verkorting van 24 msec.

f. Conclusie over de resultaten van a tot en met e.

Indien men uitgaat van de veronderstelling dat de omgekeerde relatie tussen spiertemperatuur en reflexduur rechtlijnig is, zoals gedaan is bij de berekeningen in de paragrafen c, d en e, valt iets merkwaardigs op. Bij beschouwing van tabel XIV, waarin de spiertemperatuur/HRT-relaties uit de voorgaande proeven vermeld zijn, valt een verrassende gelijkenis in de uitkomsten op. Deze resultaten samenvattende kan men stellen dat een verandering van 1°C in de temperatuur van de kuitspier gepaard ging met een HRT-verandering van ongeveer 28 msec in tegengestelde richting.

Of dit een algemeen geldende stelling genoemd kan worden zal nader onderzoek moeten leren. Op theoretische gronden is te verwachten dat de temperatuur/HRT-relatie niet rechtlijnig zal zijn, want uit de diverse berekende functies zou voortkomen dat een HRT van 0 bereikt wordt bij $44-45^{\circ}\text{C}$ bij een rechtlijnig verband. Deze temperatuur is echter niet met het leven verenigbaar.

Tabel XIV. Gelijktijdige veranderingen in spiertemperatuur en HRT, waargenomen bij verschillende soorten proeven.

	aantal proeven	verandering in spiertemperatuur	verandering in HRT
afkoelen door rust (tabel XIII)	4	per $- 1^{\circ}\text{C}$	+ 29 msec
actieve verwarming (tabel XII)	15	per $+ 1^{\circ}\text{C}$	- 27-31 msec
passieve verwarming (tabel XI)	15	per $+ 1^{\circ}\text{C}$	- 29-32 msec
intermitterende spier- arbeid (tabel XIII)	6	per $+ 1^{\circ}\text{C}$	- 24 msec

Inleiding

Het bleef onbevredigend zonder meer de rechtlijnigheid van het verband tussen kuitspiertemperatuur en HRT te moeten erkennen, ook al had deze stelling dan ook een handzame gradiënt opgeleverd. Bekend is immers dat een chemische reactie per 10°C temperatuursstijging ongeveer 3 maal zo snel verloopt. Denkt men zich de prikkeloverdracht in de reflexboog en de er op volgende spiercontractie als een complexe reeks gebeurtenissen met vele chemische reacties, dan zal men eerder een niet-rechthoekig dan een rechtlijnig verband tussen spiertemperatuur en HRT veronderstellen.

Deze overwegingen vormden een prikkel tot nader onderzoek. Hierbij realiseerden wij ons dat wellicht de bestudeerbare temperatuurtrajecten tesamen met de betrekkelijke ongevoeligheid van de methoden van onderzoek konden maken dat een eenduidig antwoord op de vraag van al dan niet rechtlijnigheid uitbleef. Deze proef gaf geen antwoord en was blijkbaar niet adequaat. De onnauwkeurigheid van de bepaling was misschien voor een deel gelegen in de bewerkelijkheid van de proef: na iedere periode van spierarbeid moest de proefpersoon op de registratiebank plaatsnemen, hetgeen tijdsverlies betekende en dus ook een onbekende verandering van temperatuur en HRT.

Een nieuwe opzet werd gemaakt waarbij de proefpersoon permanent op de onderzoekbank kon blijven. Passief moest dan warmte toegevoerd worden. Tijdens het stijgen van de temperatuur in de kuitspier zouden nu op ieder gewenst ogenblik en spiertemperatuur en reflex geregistreerd kunnen worden. De warmtetoevoer geschiedde door water van 40°C te laten stromen door een manchete om het been. Deze manchete was in feite een opblaasbare kunsthars spalk, zoals die gebruikt wordt bij de verlening van eerste hulp aan ongevals-patienten om botfracturen in extremiteiten te fixeren. Een toevoeropening onderin aangebracht, tesamen met de afvoeropening bovenin maakten het mogelijk de spalk permanent met water te doorstromen. Ook deze opstelling voldeed niet. Waarschijnlijk was de warmteoverdracht van manchete naar huid per tijdseenheid zo gering dat deze geëvenaard werd door de warmte-afvoer uit de kuit naar elders via de bloedbaan. Deze warmte-afvoer was heel duidelijk, want terwijl in anderhalf uur tijds de temperatuur in de kuitspier geen wijziging van betekenis onderging, kreeg de proefpersoon een subjectief warmtegevoel en er onstonden vaso-

dilatatie en transpireren.

Hierna werd afgezien van het doen van observaties tijdens verwarming van de kuitspier. Het leek gemakkelijker uitvoerbaar metingen te verrichten tijdens afkoeling van de tevoren verwarmde spier. In principe zou men dan eenzelfde grafiek moeten verkrijgen. Ook hier echter was het een probleem hoe de temperatuur in de kuitspier snel en hoog op te voeren zonder dat de warmte-afvoer dit effect onmiddellijk nivelleerde.

De afdeling revalidatie verschafte hier hulp door het beschikbaar stellen van een "microwave"-apparaat. Hiermede worden hoogfrequente trillingen opgewekt: 2450 ± 50 MHz. Deze trillingen worden overgedragen aan de huid, maar dringen ook goed en enkele centimeters diep door in de onderliggende weefsels. In de weefsels worden zij omgezet in warmte. Op deze wijze is verwarming tot diep in de weke delen mogelijk, in tegenstelling tot het gebruik van de vroegere ultra-korte-golf-apparaten waarmee slechts oppervlakkige verwarming mogelijk is. Deze hoogfrequente trillingen - in feite radargolven - hebben slechts één nadeel voor ons onderzoek: zij dragen veel energie over aan metalen. Vandaar dat gedurende de bestraling geen intramusculaire temperatuurmeting verricht mocht worden. De meetnaald zou namelijk als een gloeiende pook zijn gaan werken. Daarom moest worden afgezien van waarnemingen tijdens bestraling van de kuitspier, en werd volstaan met metingen er voor en er na. Dat het desondanks gelukt is enkele malen onmiddellijk na de bestraling eerst nog enige temperatuurstijging in de spier waar te nemen alvorens de afkoeling begon, pleit voor de kwaliteit van de proefopstelling.

Proefopstelling

Eerst "blanco" meting van temperatuur en HRT. Daarna de kop van het "microwave"-apparaat op de kuit gericht op een afstand van plm. 1 cm van de huid. Bestraling gedurende 4 minuten met een belasting van 90 Watt. Onmiddellijk daarop werd de temperatuur gemeten en werden 5 reflexfiguurtjes geregistreerd. Deze registraties werden herhaald telkens wanneer de temperatuur een schaaldeel ($0,1^{\circ}\text{C}$) veranderde. De procedure werd gevolgd tot totaal ongeveer 1°C temperatuurdaling had plaats gevonden. Dit duurde meestal ruim een uur. Bij de eerste twee proefpersonen werd de reflex geregistreerd bij elke $0,05^{\circ}\text{C}$ temperatuursverandering. Het bleek echter dat dan de gemiddelde temperatuurdaling te langzaam plaats vond, want elke

roffel van 5 reflexbewegingen deed zelf soms al de temperatuur $0,05^{\circ}\text{C}$ stijgen, zodat er van een duidelijke temperatuursverloop dan geen sprake was.

Uitkomsten

Allereerst werd dit onderzoek uitgevoerd bij 8 normale mannen (fig. 42.1-8). Aannemende dat over het per proefpersoon onderzochte temperatuurstraject het verband tussen HRT en spiertemperatuur rechtlijnig genoemd mocht worden, werden voor iedere proef correlatiecoëfficiënt en regressielijnen berekend. Het viel op dat verscheidene proefpersonen geheel verschillende temperatuurstrajecten vertoonden tijdens de proef. Om nu enig nader inzicht te krijgen in het al dan niet in werkelijkheid rechtlijnig zijn van het verband tussen spiertemperatuur en HRT, werd van elk paar regressievergelijkingen de meest ongunstige richtingscoëfficiënt gekozen (dus die waarbij verandering van temperatuur zo min mogelijk verandering in HRT teweeg bracht, in de figuren dus de meest steile lijn, ofwel de zg. tweede regressielijn). Langs een temperatuurschaal werden deze richtingscoëfficiënten geplaatst bij telkens de temperatuurstrajecten waarin de snijpunten van de betreffende paren regressielijnen voorkwamen.

Fig. 42.1.

Proefpersoon C, ♂ 24 jaar. Relatie HRT - temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na "microwave".

$n = 33$

$r = -0,777$

$p \leq 0,005$

$y = -0,019x + 41,25$

$x = -32,608y + 1440,66$

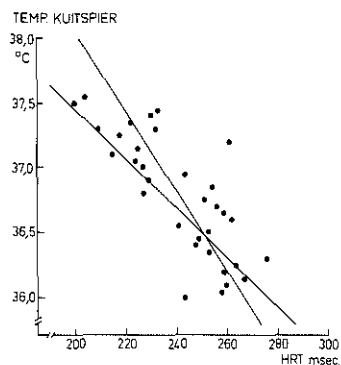


Fig. 42.2.

Proefpersoon D, ♂ 28 jaar. Relatie HRT - temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na "microwave".

$n = 30$

$r = -0,626$

$p \leq 0,05$

$y = -0,011x + 41,37$

$x = -35,211y + 1656,90$

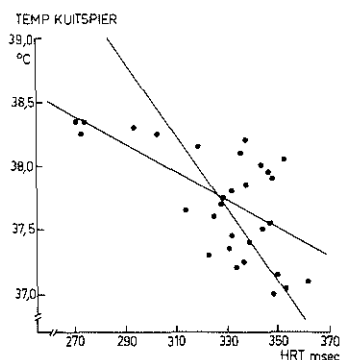


Fig. 42.3.

Proefpersoon E, ♂ 40 jaar. Relatie HRT -
temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na
"microwave".

n = 16

r = - 0,908

p ≤ 0,05

y = - 0,013x + 40,42

x = -63,926y + 2640,52

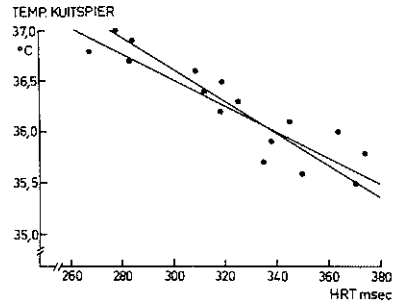


Fig. 42.4.

Proefpersoon F, ♂ 24 jaar. Relatie HRT -
temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na
"microwave".

n = 15

r = - 0,925

p ≤ 0,05

y = - 0,014x + 41,00

x = -61,576y + 2561,22

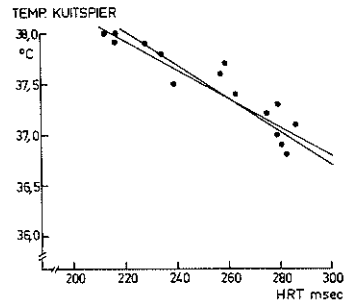


Fig. 42.5.

Proefpersoon G, ♂ 24 jaar. Relatie HRT -
temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na
"microwave".

n = 13

r = - 0,728

p = 0,05

y = - 0,021x + 43,07

x = -25,218y + 1228,31

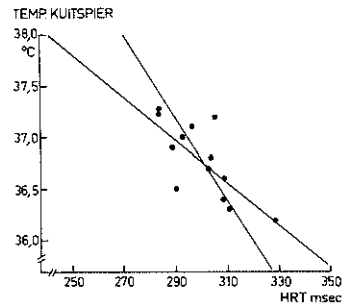


Fig. 42.6.

Proefpersoon H, ♂ 36 jaar. Relatie HRT -
temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na
"microwave".

n = 15

r = - 0,789

p ≤ 0,05

y = - 0,022x + 42,25

x = -28,594y + 1292,89

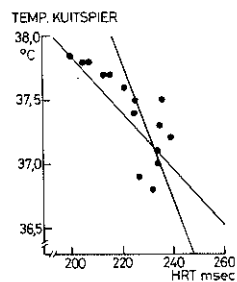


Fig. 42.7.

Proefpersoon I, ♂ 36 jaar. Relatie HRT -
temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na
"microwave".

n = 19

r = - 0,777

p ≤ 0,05

y = - 0,014x + 41,32

x = -43,799y + 1919,62

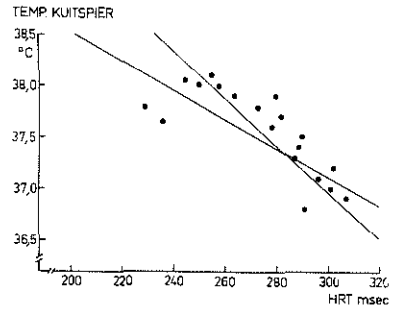


Fig. 42.8.

Proefpersoon J, ♂ 27 jaar. Relatie HRT -
temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na
"microwave".

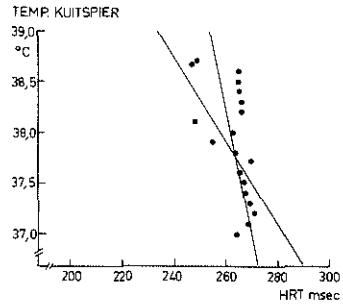
n = 19

r = - 0,572

p ≤ 0,05

y = - 0,042x + 48,83

x = - 7,854y + 560,61



Tabel XV. Temperatuurschaal met richtingscoëfficiënten
van regressievergelijkingen van "microwave"
proeven bij 8 normale proefpersonen.

°C	richtings- coëfficiënt
38,5	
38,0	-35; -8
37,5	-62; -29; -44
37,0	
36,5	-25
36,0	-64
35,5	-33

Uit de zo gevormde tabel XV kunnen geen uitspraken over recht- of kromlijnigheid afgeleid worden.

Opvallend is dat proefpersoon J een zeer kleine richtingscoëfficiënt had: vrij sterke temperatuursverandering van anderhalve graad deed zijn HRT nauwelijks veranderen. Hij bleek een sportbeoefenaar in zeer goede conditie te zijn en hij nam deel aan een belangrijke hockey-competitie.

De overige zeven proefpersonen waren niet speciaal lichamelijk geoefend.

"Microwave" bij patiënten met stoornissen in de schildklierfunctie: deze proef werd voorts uitgevoerd bij twee patiënten met hyperthyreoidie en één met hypothyreoidie. Beide patiënten met hyperthyreoidie toonden richtingscoëfficiënten in de orde van grootte van de normalen (fig. 43.1 en 2). De patiënte met hypothyreoidie had een zeer grote richtingscoëfficiënt en liet dus over een klein temperatuursbereik een sterke verandering van HRT zien (fig. 43.3).

Fig. 43.1.

Patiënte K, ♀ 33 jaar, hyperthyreoidie.
Relatie HRT - temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na "microwave".
 $n = 12$
 $r = -0,792$
 $p \leq 0,05$
 $y = -0,013x + 40,24$
 $x = -48,777y + 2036,57$

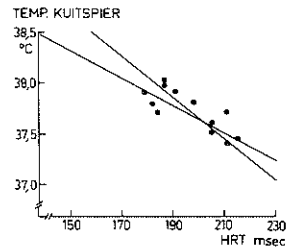


Fig. 43.2.

Patiënte L, ♀ 38 jaar, hyperthyreoidie.
Relatie HRT - temperatuur kuitspier tijdens stilzitten na "microwave".
 $n = 11$
 $r = -0,818$
 $p \leq 0,05$
 $y = -0,030x + 41,46$
 $x = -22,273y + 982,68$

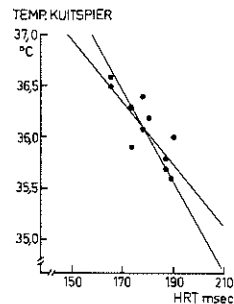


Fig. 43.3.

Patiënte M, ♀ 46 jaar, hypothyreoidie.
Relatie HRT - temperatuur kuitspier tijdens
stilzitten na "microwave".

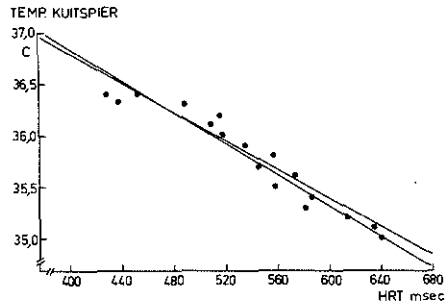
n = 17

r = - 0,963

p ≤ 0,05

y = - 0,007x + 39,61

x + -129,881y + 5186,73



Conclusies

1. Met de "microwave"-methode is het mogelijk temperatuursveranderingen in de kuitspier tot stand te brengen. De HRT verandert daarbij ook. Tussen de twee grootheden bestond bij tweezijdige toetsing en een vijf-percentoverschijdingskans een significante correlatie.
2. Bij vergelijking van de richtingscoëfficiënten van de zg. tweede regressielijnen van de 8 proeven bij normale proefpersonen werden geen argumenten verkregen voor of tegen een rechtlijnig dan wel kromlijnig verband tussen spiertemperatuur en HRT.
3. Een beoefenaar van intensieve sport bleek een kleine richtingscoëfficiënt te tonen, dit in afwijking van de andere proefpersonen.

Energietoediening in de vorm van geluidsgolven en daardoor ter plaatse opgewekte warmte levert reflectie veranderingen op, geheel vergelijkbaar met de effecten van applicatie van warm water en van spierarbeid, en omgekeerd van contact met koud water en van rust. Dat de bepaling toch vrij grof blijft heeft waarschijnlijk onder meer te maken met de onmogelijkheid de warmtetaster altijd op dezelfde plaats in de kuitspier aan te brengen. Het prikken met de thermokoppelaar heeft iets weg van speerwerpen. Dit is van belang want ondanks de aanname dat overal diep in de kuit de temperatuur wel gelijk zal zijn is dit niet zeker en zelfs minder waarschijnlijk (Aschoff en Wever 1958)(5). Voorts is de doorbloeding van de kuit vermoedelijk van groot belang. Daarover meer in de volgende paragraaf.

3. BESPREKING

Dat temperatuur en duur van de peesreflexen een wisselwerking vertonen is bepaald geen nieuwe ontdekking. Het is slechts vreemd dat er geen gevolgtrekkingen uit zijn gemaakt.

In 1936 beschreven de Russen Fasler en Schulman (geciteerd door ten Cate (1947) (21), pagina 379) een onderzoek naar de gedragingen van de kniepeesreflex bij de mens en bij gedecerebreerde honden bij een omgevingstemperatuur van 50°C en 32% relatieve vochtigheid. Uit deze proeven werd besloten dat bij hoge temperaturen de reflex kleiner wordt en de prikkel-drempel hoger. Bij afkoeling werd één en ander weer normaal. Uit het onderzoek bij de gedecerebreerde honden werd afgeleid dat deze veranderingen primair in het ruggemerg optreden. Het is uit de tekst niet op te maken of met kleiner worden van de reflex de tijdsduur of de amplitude bedoeld wordt.

Hoff c. s. (1941) (53a); Walker (1949) (119) en ook Hoffman en Holmgren (1953) (54) beschreven hoe bij lage temperatuur de tijdsduur van de spiercontractie toeneemt, waarbij tegelijk de spierspanning toeneemt. Sandow en Mauriello (1953) (101a) bemerkten dat de endogene prikkelfrequentie waarbij de contracties van de afzonderlijke spiervezels in fusie overgaan, omgekeerd evenredig is met de temperatuur. Lambert c. s. (1951) (68) maten reeds temperaturen in de kuitspier en vonden deze meestal lager bij myxoedeem-patienten dan bij normale proefpersonen. Ook zij lieten stil zitten, tot 3 uren lang. Daarbij vonden zij bij 13 normalen $23 \pm 1,3$ msec reflexduurverlenging per graad Celsius temperatuursverandering. Dit bedrag was voor 14 patienten met myxoedeem $28 \pm 3,7$ msec. Het verschil tussen deze groepen noemden zij niet significant ($p > 0,05$) en zij concludeerden dat dit geringe verschil in temperatuur tussen normale en myxoedemateuze spieren niet de oorzaak kon zijn van het verschil in duur van de achillespeesreflex. Voorts verlaagden zij bij 5 normalen met ijsblazen de spiertemperatuur en bemerkten dat de spiertemperatuur tot 28-25°C moest dalen om een even grote reflextijdverkorting te bewerkstelligen als bij myxoedeempatienten met een kuitspiertemperatuur van hoger dan 34°C. Bovendien meenden zij onder die omstandigheden bij de normalen latente periode en actiepotentiaal ook langer te vinden dan bij myxoedeem. Hieruit besloten zij dat lagere temperatuur van de spier niet verantwoordelijk was voor de traagheid van de reactie van de peesreflexen bij myxoedeem. Dit hebben zij zo

vermeld in hun samenvatting en mogelijk is dat de oorzaak dat van de latere schrijvers vrijwel niemand systematisch de invloed van temperatuursverandering in de kuitspier onderzocht heeft. De enige onderzoeker die in de kuit temperaturen heeft gemeten is Petajan (Petajan en Watts 1962) (93); Petajan en Eagan (1968) (92).

Over warmtetoediening aan de kuitspier schreven Nuttall en Doe (1964) (89), die geen effect zagen, en Petajan en Eagan (1968), die verkorting van de reflexduur waarnamen. In 1969 beschreven ook wij een verkortings-effect (127).

Koelen van het been heeft volgens alle schrijvers hetzelfde effect, namelijk dat van verlenging van de reflexduur: Lambert c. s. (1951) (68); Petajan en Watts (1962) (93); Nutall en Doe (1964) (89); wij zelf (1969) (127) en tenslotte ook Visser (1970) (115). Visser registreerde de achillespeesreflex bij 7 personen van rechter- en van de linkervoet voor en na het blootstellen van de rechtervoet gedurende 20 minuten aan een waterbad van 13^oC. Hij bemerkte voor de linkervoeten zowel als voor de rechtervoeten een significante vertraging van de reflex. Hij vermeldde echter niet daarbij dat de reflextijdverlenging aan de niet ondergedompelde voet in zijn proef heel wel veroorzaakt kan zijn door het 20 minuten stilzitten en de daarmee gepaarde afkoeling. Hiervoor moge verwezen worden naar hoofdstuk VIII.

Een oorzakelijk verband tussen het effect van spierarbeid en het effect van warmtetoediening aan de kuitspier is door niemand verondersteld. Toch zijn er wel grotere en kleinere onderzoeken naar het effect van spierarbeid verricht en alle met dezelfde conclusie, namelijk die van verkorting van de reflexduur door spierarbeid: Johnson c. s. (1963) (57); Fejér en Kun (1964) (37); Reinfrank c. s. (1967) (95); Verdy c. s. (1968) (114); Petajan en Eagan (1968) (92); wij zelf (1969) (127); Waal-Manning (1969) (117) en Visser (1970) (115).

Dat dit verband niet gelegd is, is wel merkwaardig want vele schrijvers gebruikten bij het beschrijven van hun indruk dat de reflexduur korter wordt na de eerste reflexen in een reeks, wel termen als "losmaken van de spieren" en "opwarm-verschijnsel".

Het temperatuurseffect van spierarbeid is toch al waargenomen en verklaard door onderzoekers die de temperatuursregulatie bij de mens bestuderen. Bradbury c. s. (1964) (14) veronderstelden dat de stijging in diepe lichaamstemperatuur, die normaal gedurende spierarbeid wordt waargeno-

men deels veroorzaakt wordt door de proportionele warmteverdeling vanwege een controlemechanisme van de temperatuur, welke ter plaatse het vermogen tot uitstraling van warmte vermindert.

Het lijkt nu zo dat warm water, spierarbeid en geluidstrillingen alle hetzelfde effect hebben, namelijk verhoging van de kuitspiertemperatuur en dat koud water en stilzitten ook weer hetzelfde bewerkstelligen, namelijk daling van de spiertemperatuur. Deze veranderingen in kuitspiertemperatuur staan in omgekeerde relatie met de reflexduur. En indien deze temperatuursveranderingen geen oorzaak zouden zijn van de veranderingen in reflexduur, dan staan de temperatuursveranderingen toch in één of ander oorzakelijk verband met de echte oorzaak.

Tenslotte nog een detail-vraagstuk. In de "warm-water-proef" valt op dat proefpersoon nr. 9 bij een forse reﬂextijdverandering (92 msec) vrijwel geen verandering in spiertemperatuur onderging ($0,1^{\circ}\text{C}$), terwijl toch het been een half uur in water van 40°C gedompeld was geweest. Het enige verschil met de andere leden van de groep was dat deze man veel wedstrijd-sport beoefende. In de microwave-proef valt van de laatste normale proefpersoon op (fig. 42.8) dat een vrij geringe reﬂexverandering samen-ging met een sterke temperatuursdaling. Ook deze proefpersoon verschilde van de anderen in het feit dat hij wedstrijd-sport beoefende. Maar een verder verschil was dat, terwijl bij de andere proefpersonen het geobserveerde temperatuurstraject in ongeveer een uur geleidelijk doorlopen werd, bij deze man eerst 40 minuten lang totaal geen verandering van spiertemperatuur en reﬂexduur waargenomen werd, waarna ineens een verandering optrad en in minder dan 20 minuten het hele in de grafiek afgebeelde traject doorlopen werd.

Het gebeuren bij de sportbeoefenaar in de "warm-water-proef" en dat bij zijn collega in de "microwave"-proef gedurende de eerste 40 minuten is mogelijk te verklaren door de veronderstelde sterke spierdoorbloeding bij sportbeoefenaars. Het gebeuren na de eerste 40 minuten bij de tweede man is mogelijk te verklaren doordat toen de warmtevoorraad in het been uitgeput was en door de toch nog sterke doorbloeding nu ook de warmte-afvoer nog doorging. Zo ontstond een ongewoon snelle temperatuursdaling. Niet verklaard is dan nog dat de reﬂexduur daarbij zo weinig veranderde.

Dat de spierdoorbloeding bij atleten groter is dan bij normalen is aangetoond door Elsner en Carlson (1962) (34). Petajan en Eagan (1968) (92)

vonden vervolgens dat spierarbeid door niet-atleten de grootste temperatuursstijgingen in de spieren opleverde bij degenen in slechte lichaamsconditie. Zij meenden hieruit te mogen afleiden dat de stijging in spiertemperatuur bij arbeid door atleten waarschijnlijk minder is. Dit kan verband houden met een meer dan normale toename in doorbloeding. Het was hen helaas niet toegestaan bij de door hen bestudeerde atleten spiertemperaturen te meten.

HOOFDSTUK VII

DE ZENUWGELEIDINGSTIJD TIJDENS THERMISCH ONDER- ZOEK VAN DE ACHILLESPEESREFLEX

1. INLEIDING

Nu wij hebben vastgesteld dat de achillespeesreflex afhankelijk is van de temperatuur in de spieren van de kuit, kan de vraag gesteld worden of louter deze spieren, dan wel ook andere delen van de reflexboog zodanig onder invloed van de temperatuur van het milieu staan, dat dit betekenis heeft voor de achillespeesreflex. Als andere delen van de reflexboog zijn daarbij te beschouwen de afferente en de efferente baan als perifere zenuwen, en het centrale deel van de boog: het ruggemerg.

Studiën over temperatuursinvloeden op het ruggemerg zijn niet eenvoudig te verrichten en bovendien is volgens de "pit- en bolster"-theorie aan te nemen dat de temperatuur van het ruggemerg binnen betrekkelijk nauwe grenzen gehandhaafd wordt.

Perifere zenuwen zijn gevoelig voor temperatuurswisselingen. De snelheid waarmede impulsen voortgeleid worden in een perifere zenuw is afhankelijk van de temperatuur van de zenuw ((Rosenberg en Sugimoto (1925) (99a); Gasser (1928) (42a)). Per graad Celsius temperatuursverandering wordt een verandering van 5 per cent opgegeven ((Johnson en Olsen (1960) (58)). Henriksen (1956) (51b) vond in motorische zenuwen een vertraging van de geleiding van 2,4 meter/seconde voor iedere graad Celsius afkoeling in het gebied van 38 tot 29 graden Celsius.

Onderzoek naar de veranderlijkheid van de geleidingssnelheid in de perifere zenuw tijdens temperatuursverandering van de kuit was daarom geboden.

Probleemstelling

Gesteld werd dat indien de verkorting van de Helft-Relaxatie-Tijd van de achillespeesreflex na toediening van warmte aan de kuit althans ten dele het gevolg zou zijn van een versnelde prikkelgeleiding door de perifere zenuw, dat dan de latentie van de H-reflex verkort zou moeten zijn.

2. METHODE VAN ONDERZOEK

Een gezonde proefpersoon (♂ 42 jaar) onderging een "blanco" bepaling van rectum- en kuittemperatuur (linker kuit). De HRT werd met de reflexhamer geregistreerd en daarna ook tijdens het opwekken van de H-reflex.

De H-reflex werd opgewekt door een stimulator met oppervlakte-electroden op de huid over de n. tibialis posterior. Het opgewekte signaal werd in een versterker gevoerd. Het resultaat werd zichtbaar op een oscilloscoop en dat beeld werd met een polaroid-camera gefotografeerd. Vervolgens werd 4 minuten "microwave" toegediend, waarna weer als tevoren gemeten werd. Als latente periode van de H-reflex werd gemeten het tijdsverloop tussen het begin van het prikkelartefact en de top van de eerste negatieve deflectie van de H-golf.

3. UITKOMSTEN

Als latenties van de H-golf werden vóór verwarming gemeten resp. 27,7; 27,8; 27,8 en 27,8 millisecon. Zie als voorbeelden fig. 44.1 en 44.2. Na verwarming werden gemeten 27,9 en 27,7 millisecon. In tabel XVI zijn alle gegevens samengevat.

Deze proef werd nog driemaal herhaald. Deze gegevens zijn samengevat in de volgende tabel (tabel XVII). Van belang is dat de één na laatste proefpersoon tijdens de proef collabeerde en in feite slechts een kleine dosis microwave ontving. Deze slechts kleine dosis werd kennelijk meer dan te niet gedaan door het perifeer circulatoire effect van de collaps, want de kuitspiertemperatuur daalde en de HRT nam toe. De latentietijd van de H-reflex evenwel bleef onveranderd.

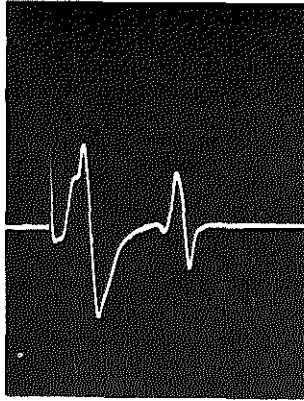


Fig. 44.1.

H-reflex voor 4' "microwave".

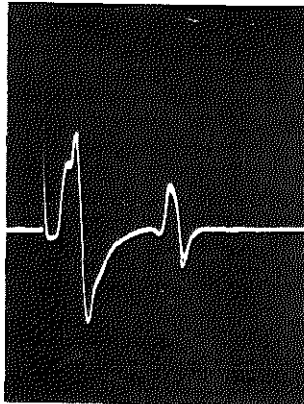


Fig. 44.2.

H-reflex na 4' "microwave".

Tabel XVI. Latentie van de H-reflex voor en na "microwave" bij 1 proefpersoon.

	vóór 4' "microwave"	na 4' "microwave"
temperatuur rectaal	37,04°C	37,48°C
linker kuit	35,80°C	36,72°C
mechanische HRT	286 msec	259 msec
"HRT" van H-reflex	236 msec	196 msec
latentie H-reflex	27,8 msec	27,8 msec

Tabel XVII. Latentie van de H-reflex voor en na "microwave" bij 3 andere proefpersonen.

	♂ 26 jr.		♀ 24 jr.		♀ 20 jr.	
	voor 4' "microwave"	na 4' "microwave"	voor 4' "microwave"	na 4' "microwave"	voor 4' "microwave"	na 4' "microwave"
temperatuur linker kuit °C	36,89	37,11	37,18	36,32	36,51	36,68
mechanische HRT msec	280	228	269	-	203	-
"HRT" van H-reflex msec	232	207	213	242	196	185
latentie H-reflex msec	30,5 } 30,5 }	30,5 } 30,5 }	27,9 } 27,9 }	27,9 } 27,9 }	27,6 } 27,6 }	27,6 } 27,6 }

4. BESPREKING

Uit deze proef bleek dat na verwarming van de kuit de H-reflex onveranderd was gebleven, terwijl de achillespeesreflex zelf, zoals inmiddels verwacht kon worden, verkortte.

In het fenomeen van verkorting van achillespeesreflex bij verwarming van de kuit, speelt de zenuwgeleidingstijd dus geen rol. Het fenomeen speelt zich daarom af distaal van de perifere zenuwen (er weer van uitgaande dat in het ruggemerg een constante temperatuur wordt onderhouden). Er kan nog sprake zijn van met temperatuursverandering optredende wijziging van prikkeloverdracht in het motorische eindplaatje. Hierop betrekking hebbende proeven lijken moeilijk te realiseren. Een en ander zou dan te maken kunnen hebben met een wisselende activiteit van acetylcholine bij temperatuurswisselingen. Hierover werd geen litteratuur gevonden.

Indien daarom veranderde prikkeloverdracht in het motorische eindplaatje buiten beschouwing mag blijven, moet besloten worden dat de veranderingen in de duur van de achillespeesreflex bij wisselende temperaturen in de kuitspier hun oorzaak vinden op musculair niveau en geen andere delen van de reflexboog betreffen.

HOOFDSTUK VIII

AANVULLEND ONDERZOEK BETREFFENDE DE VERANDER- LIJKHEID VAN DE ACHILLESPEESREFLEX

1. INLEIDING

Doordat de achillespeesreflex afhankelijk is van de temperatuur in de kuitspier, is wel aan te nemen dat de reflexduur uiterst variabel is. Het leek daarom niet nodig een uitvoerig onderzoek te verrichten naar variaties over de dag en over vele dagen. Oriënterende observaties zonder temperatuursmeting hadden al doen vermoeden dat deze variaties vrij groot zijn. Ook Lambert c. s. (1951) had dit al beschreven en daarbij zelfs spiertemperaturen gemeten; correctie voor deze temperaturen maakte de spreiding voor het individu minder, voor de groepen proefpersonen zou er echter weinig veranderen (68). North (1967) (87) en Andersen (1968) (3) meldden grote verschillen. Visser (1970) (115) meldde geen tot een klein verschil.

Het leek ons wel van belang na te gaan of er behalve de temperatuur nog andere veel voorkomende verschijnselen een invloed uitoefenen op de reflexduur. In dit verband is de maaltijd genoemd (Visser 1970) (115). Voorts was van belang na te gaan wat de betrouwbaarheid is van de door ons gebruikte meetmethode. Tenslotte is onderzocht hoe de reflexduur verloopt bij het slaan van vele reflexen achtereenvolgend.

2. INVLOED VAN DE MAALTIJD OP DE REFLEXDUUR

Litteratuur

Visser (1970) (115) registreerde de achillespeesreflex bij 10 personen om 10.00 uur en ongeveer 2 uren later voor en na de maaltijd. Daarbij werd onderzocht of de snelheid van de reflex om 10.00 uur verschilde van de reflex voor en na de maaltijd en of de snelheid van de reflex voor de maaltijd verschilde van de snelheid van de reflex na de maaltijd. Voor de beoordeling van de resultaten werd de tekentoets toegepast. Volgens deze toets duurde de achillespeesreflex na de maaltijd langer dan voor de maaltijd en langer dan om 10.00 uur. De laatste twee verschilden onderling niet. Geconcludeerd werd dat na de maaltijd om 12.00 uur de reflex trager is dan voor de maaltijd. Het verschil was 40 msec. of minder (gemiddeld 14 msec.).

Overweging

Onze overweging was dat onderzocht kon worden of de tragere reflex na de maaltijd inderdaad toe te schrijven was aan de factor "maaltijd". Het zou mogelijk zijn dat ook weer in deze proefopzet de factor "spiertemperatuur" een bepalende rol speelde. Het is namelijk aannemelijk dat tijdens de maaltijd de proefpersonen stil gezeten hebben, en tijdens stil zitten neemt de temperatuur van de kuitspier af, waarbij de HRT toeneemt.

Daarom werd besloten de proef te herhalen onder gelijktijdige temperatuursmeting en met een zodanige uitbreiding dat een observatieperiode in de ochtend geheel vergelijkbaar werd met de periode van de maaltijd, met als enige verschil het nuttigen van het voedsel.

Proefopzet

8 Reconvalescenten van de interne kliniek waren in het onderzoek betrokken. Teneinde onmiddellijk aan de proef voorafgaande verwarming door spierarbeid enigszins te voorkomen, werd de proefpersoon per rolstoel van de kliniek naar het laboratorium gebracht.

Daar werd de reflex geregistreerd onder gelijktijdige notitie van rectale en kuitspiertemperatuur. Dit alles betrof het linker been. Vervolgens bleef de proefpersoon in de onderzoekshouding zitten gedurende 20 minuten.

Daarna werden wederom reflex en temperatuur bepaald.

Hierop volgende besteedde de proefpersoon de tijd naar eigen inzicht tot 12.00 uur. Dan volgde weer het transport per rolstoel. De hele voorgaande procedure werd nu herhaald. Gedurende de periode van 20 minuten werd nu, in onderzoekhouding dus, de maaltijd genuttigd.

Uitkomsten

De gemeten reflex tijden zijn samengevat in tabel XVIII. Zie ook fig. 45.

Bij toetsing met de tekentoets naar analogie van het werk van Visser bleken de metingen na de maaltijd significant langer te zijn dan voor de maaltijd. Maar ook bleken de metingen aan het einde van de voorafgegane controleperiode om 10.00 uur significant langer te zijn dan tevoren. Deze uitkomsten wijzen er op dat het zitten als zodanig van invloed is op de HRT, in die zin dat een verlenging optreedt. Dit is gezien vroegere bevindingen begrijpelijk.

Tabel XVIII. "Eetproef". Bepaling van de HRT voor en na de maaltijd met voorafgaande bepalingen in een vergelijkbare controleperiode. 8 proefpersonen.

rangnummer proefpersonen	HRT msec 10 ^u voor de 20' zitten	HRT msec 10 ^u na de 20' zitten	HRT msec 12 ^u voor de maaltijd	HRT msec 12 ^u na de maaltijd
1	326	334	373	385
2	307	329	308	325
3	295	323	312	332
4	284	308	279	313
5	265	273	251	265
6	263	277	281	293
7	235	269	249	272
8	211	226	244	260

Of nu de maaltijd zelf verlengend werkt op de reflexduur, kon worden nagegaan door de veranderingen in de HRT tijdens de ochtendzitting te vergelijken met de HRT-veranderingen tijdens de maaltijd (tabel XIX). Toepassing van de toets van Wilcoxon leverde geen significant verschil op.

Er is daarom geen reden een factor "maaltijd" als oorzaak van HRT-verandering aan te wijzen. De tijdens de maaltijd optredende HRT-verlenging

moet toegeschreven worden aan het tijdens de maaltijd stilzitten met daarmee gepaard gaande daling van de kuitspiertemperatuur.

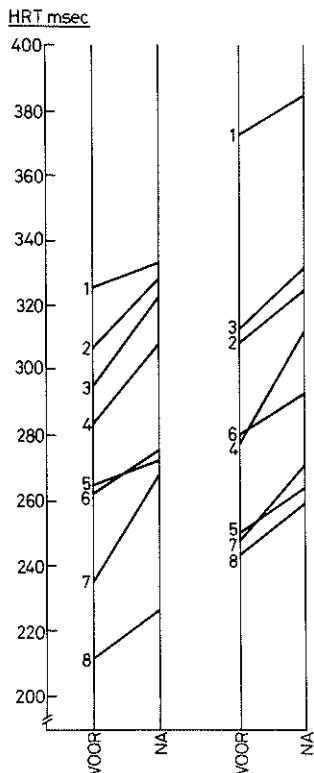


Fig. 45.

"Eetproef". Veranderingen in de HRT bij 8 proefpersonen gedurende de maaltijd en tijdens een daar aan voorafgaande vergelijkbare controleperiode. De proefpersonen zijn genummerd. In het eerste ladderdiagram de controleperiode van 20 minuten, in het tweede ladderdiagram de maaltijd van 20 minuten duur.

Tabel XIX. "Eetproef". Veranderingen in de HRT bij 8 proefpersonen gedurende de maaltijd en tijdens een daaraan voorafgaande vergelijkbare controleperiode.

rangnummer proefpersonen	verandering HRT (msec) in ochtendzitting	verandering HRT (msec) tijdens maaltijd
1	8	12
2	22	17
3	28	20
4	24	34
5	8	14
6	14	12
7	34	23
8	14	16

Bespreking

Uit dit onderzoekje blijkt dat de mening van Visser (1970), dat na de maaltijd de reflex lager verloopt dan voor de maaltijd geen stand houdt. De door hem waargenomen vertraging in de reflexsnelheid na de maaltijd berust niet op de factor maaltijd maar op de factor stilzitten. 20 Minuten stilzitten hebben niet alleen in principe maar ook kwantitatief dezelfde invloed op de reflexduur als 20 minuten stilzitten tijdens het nuttigen van de maaltijd.

3. NOGMAALS DE BETROUWBAARHEID VAN DE REFLEXMETING

Inleiding

In hoofdstuk III is beschreven hoe gekozen werd voor het gemiddelde van de eerste 10 goed meetbare reflexfiguurtjes als representatieve maat. Het bestaan van een verloop in de reeks van 10, in de zin van langer of korter worden, werd toen niet bewezen.

Na het doen van inmiddels vele waarnemingen was het mogelijk dit onderwerp opnieuw te bewerken.

Proefopzet

Van 150 gezonde proefpersonen werden uit even vele zittingen de standaardafwijkingen berekend over respectievelijk de eerste twee goed meetbare, de negende en de tiende, en de eerste en de tiende reflexfiguurtjes van de zelfde reeks. Hiervan werden frequentieverdelingen gemaakt met klassebreedten van 2 msec, terwijl alle elementen boven de 41,95 msec in een restgroep werden samengebracht.

De resultaten zijn te zien in de volgende 3 figuren (46.1-3). De standaardafwijkingen van 1e + 2e reflex vertonen in hun spreiding een affiniteit tot nul, hetgeen betekent dat de eerste reflex in zekere mate reproduceerbaar is in de tweede. Nog meer affiniteit tot nul vertonen de standaarddeviaties van 9e + 10e reflex. Hier is de onderlinge reproduceerbaarheid dus nog groter. De verdeling van de standaarddeviaties van eerste en tiende slag tesamen echter is anders. Deze groep standaarddeviaties is minder homogeen dan de vorige twee. Deze bevinding wijst er op dat er in de

eerste tien goed meetbare reflexen toch wel sprake is van een verloop. Er is dus sprake van een nog niet eerder in rekening gebrachte variabele.

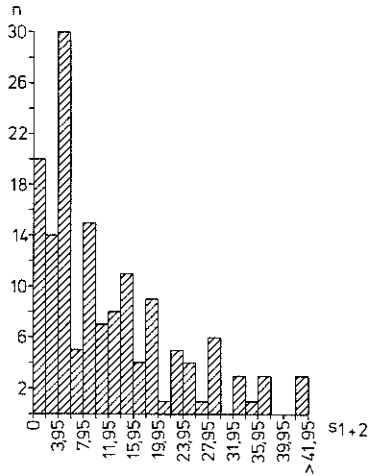


Fig. 46.1.

Frequentieverdeling van de standaardafwijkingen van de gemiddelden van de eerste 2 goed meetbare reflexfiguurtjes uit een reeks bij 150 gezonde proefpersonen. Klassebreedten van 2 millisec.

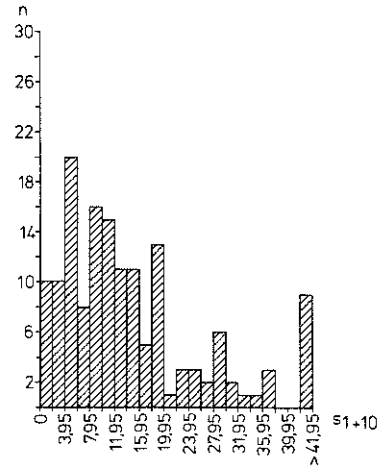


Fig. 46.2.

Frequentieverdeling van de standaardafwijkingen van de gemiddelden van de 1e + 10e goed meetbare reflexfiguurtjes uit een reeks bij 150 gezonde proefpersonen. Klassebreedten van 2 msec.

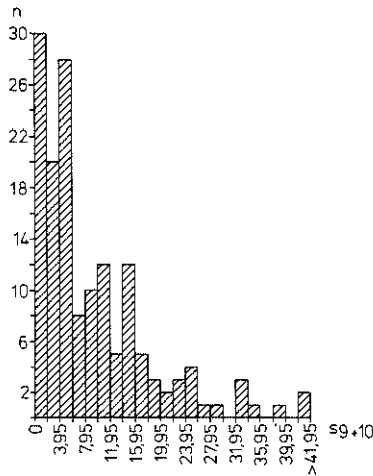


Fig. 46.3.

Frequentieverdeling van de standaardafwijkingen van de gemiddelden van de 9e + 10e goed meetbare reflexfiguurtjes uit een reeks bij 150 gezonde proefpersonen. Klassebreedten van 2 msec.

Conclusies

1. Bij beschouwing van de frequentieverdeling van de standaardafwijkingen van de gemiddelden van de eerste tien goed meetbare reflexen van 150 zittingen van 150 normale proefpersonen blijkt een nog niet eerder verdisconteerde variabele in het spel te zijn.
2. Vergelijking van de verdelingen van de standaardafwijkingen van de gemiddelden van de eerste twee goed meetbare reflexen met die van de negende plus tiende reflexen laat zien dat die verdelingen vrij homogeen zijn, waarbij de homogeniteit van de laatste het sterkst is.

Bespreking

Uit deze waarnemingen moet besloten worden dat het feitelijk niet juist is om het gemiddelde van de eerste tien goed meetbare reflexen als maat te gebruiken. Er is immers een variabele in het spel. Deze variabele moet ook een rol gespeeld hebben bij de waarnemingen in hoofdstuk III die leidden tot het kiezen van de eerste 10 goed meetbare reflexfiguurtjes als representatieve maat. Op de daar besproken tien steekproeven werd de rangcorrelatietoets van Kendall uitgevoerd. Beschouwt men echter de tien steekproeven als verwante waarnemingsreeksen dan is een kwantitatieve verdelingsvrije toets tegen verloop (modificatie van de toets van Friedman) ook mogelijk.

Bij gebruik van deze toetsingsmethode blijkt er een significante verkorting van de HRT met toenemend rangnummer van 10 equidistante waarnemingen die elkaar snel opvolgen, op te treden.

De eerste 10 goed meetbare reflexen zijn met hoger rangnummer dus korter en dit betekent in feite dat de in de vorige hoofdstukken gebruikte berekeningsmethode niet toegepast had mogen worden. De vraag rijst echter of het praktisch veel te betekenen heeft. In hoofdstuk IX is hierover meer inzicht verkregen.

Allereerst wordt nu echter nader ingegaan op de aard van bovengenoemde variabele.

4. DE SNELHEID VAN DE ACHILLESPEESREFLEX IN EEN REEKS REFLEXEN

Inleiding

Indien er tenminste één variabele optreedt in een reeks reflexen, zoals in de vorige paragraaf waarschijnlijk werd, dan is de kans dat deze variabele tot uiting komt groter naarmate de reeks langer is.

Visser (1970) (115) registreerde bij 14 personen de achillespeesreflex tijdens een experiment 20 keer. Met de Student-t-toets werd een verschil in snelheid gevonden tussen de eerste en de tiende reflex, en tussen de eerste en de twintigste. Uit deze zelfde reeksen werd de snelheid van de 10e tot en met de 19e reflex gemeten. De veronderstelling dat lineaire regressie bestond werd niet bevestigd. Bij een volgende proef werden 300 reflexen achtereenvolgens opgewekt aan een voet. Dit werd gedaan bij 5 personen. Van elke 10e reflex werd de snelheid bepaald. Onderzocht werd of de reflexsnelheid in een serie van 300 reflexen neigde tot groter of kleiner worden. Weer lineaire regressie veronderstellende, werd dit voor elke proefpersoon nagegaan. In 3 van de 5 gevallen werd geen verandering gevonden. In een geval werd geringe vertraging, in een ander geringe versneling gevonden. Er werd geconcludeerd: "De snelheid van de APR van een serie reflexen is niet constant. De eerste reflex is duidelijk trager dan de tiende en de twintigste die onderling niet verschillen. In een serie van 300 reflexen verandert de snelheid van de APR niet of weinig. Mocht er in deze serie wel sprake zijn van een vermoeidheidsverschijnsel, dan is niet te voorspellen of dit zich zal uiten in een toe- of in een afname van de snelheid van de APR".

Naar analogie hiervan werd in een poging om de een of meer variabelen uit de vorige paragraaf op het spoor te komen, besloten bij een aantal proefpersonen 300 reflexen in één zitting te slaan en dan tevens de temperatuur van de kuitspier te meten.

Proefopzet

In elk één zitting werden 10 normale mannelijke personeelsleden onderzocht. Zij kwamen rechtstreeks uit hun werk aanlopen en namen meteen plaats in de proefopstelling. De temperatuur in de kuitspier werd bepaald.

Vervolgens werden met zo regelmatig mogelijke tijdsintervallen 300 reflexen geslagen. Bij elke reflex met als rangnummer een veelvoud van 10 werd de spiertemperatuur afgelezen. De tijdsduur van het onderzoek werd tevens bepaald.

Uitkomsten

Deze zijn grafisch weergegeven in de figuren (47.1-10). Er blijkt een voortdurend verloop te zijn van de reflexsnelheid bij toenemend rangnummer. Globaal gezien ontstaat een geleidelijke verkorting van de HRT tot het 50e à 80e rangnummer, waarna de reflex weer in tijdsduur toeneemt. De spiertemperatuur neemt eerst iets toe, bereikt tussen de 30e en 40e slag een maximum en daalt daarna geleidelijk. De proef duurt 7 tot 8 minuten.

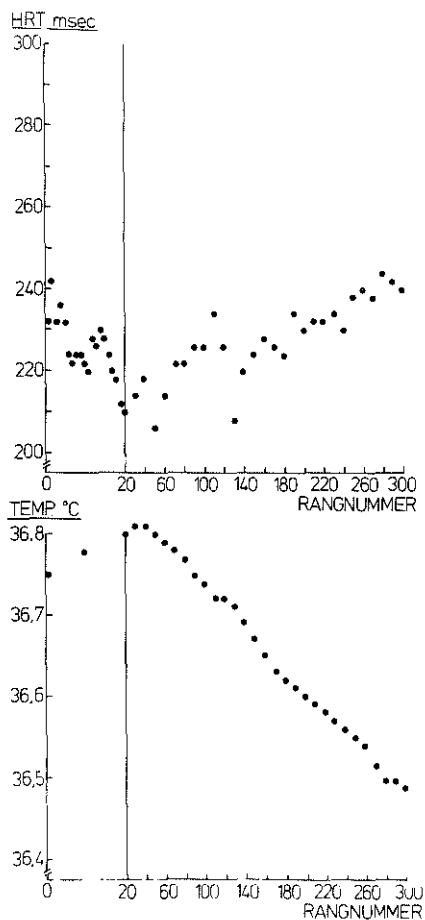


Fig. 47.1.

Verloop van reflexsnelheid en van kuitspiertemperatuur in een reeks reflexen.
Proefpersoon 1.

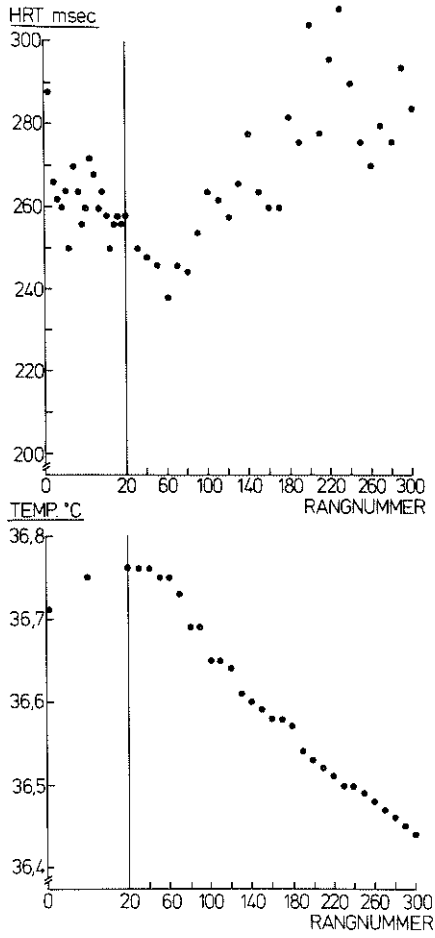


Fig. 47.2.
Proefpersoon 2.

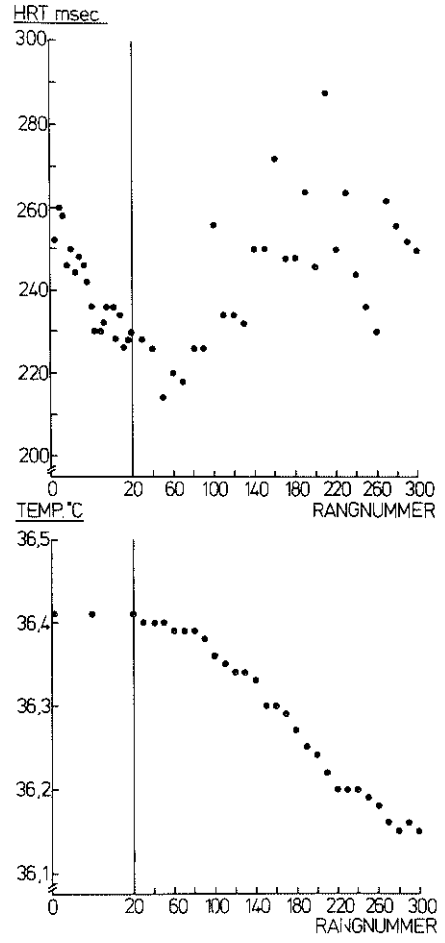


Fig. 47.3.
Proefpersoon 3.

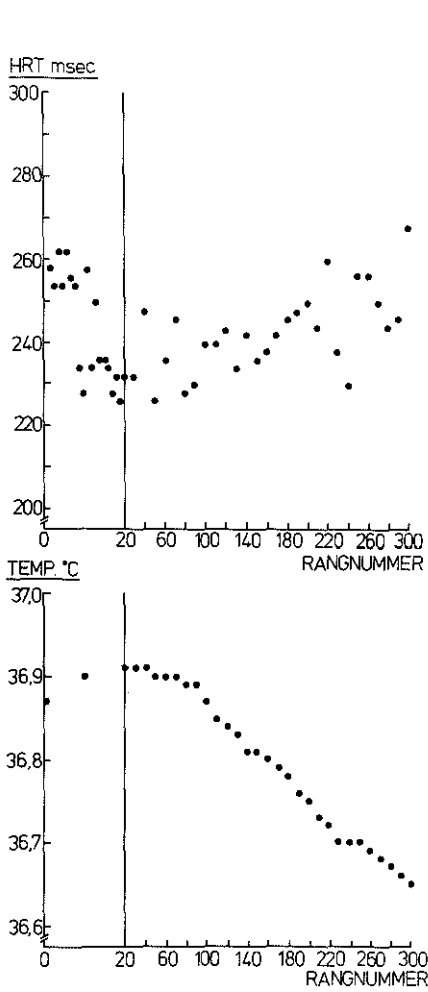


Fig. 47.4.
Proefpersoon 4.

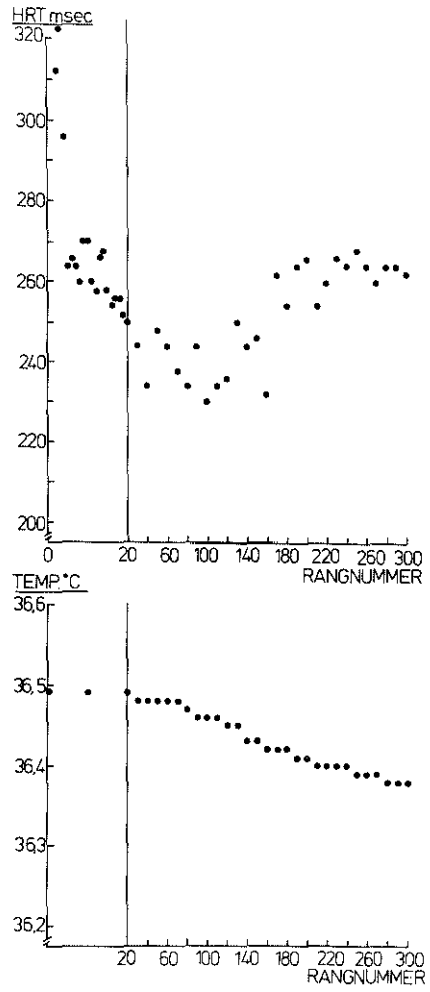


Fig. 47.5.
Proefpersoon 5.

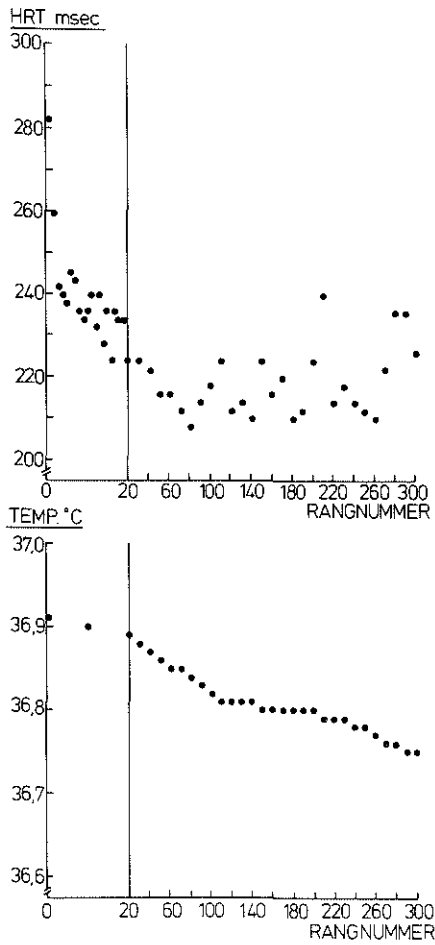


Fig. 47.6.
Proefpersoon 6.

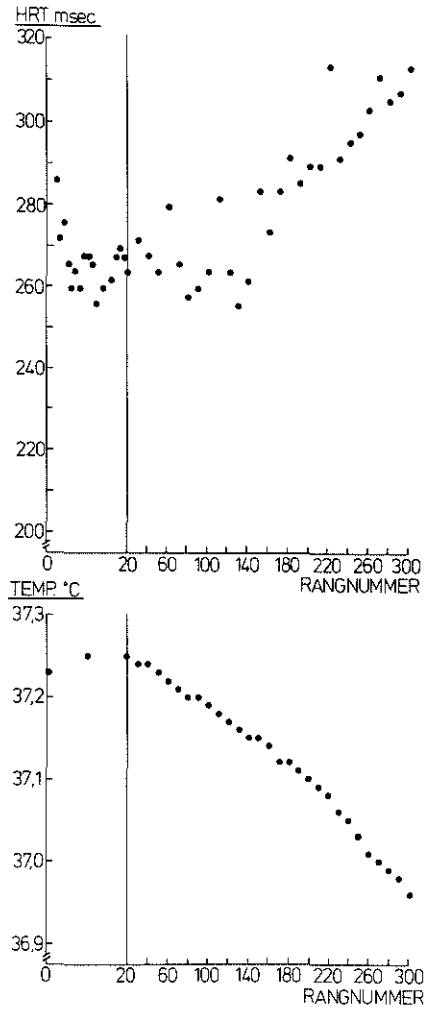


Fig. 47.7.
Proefpersoon 7.

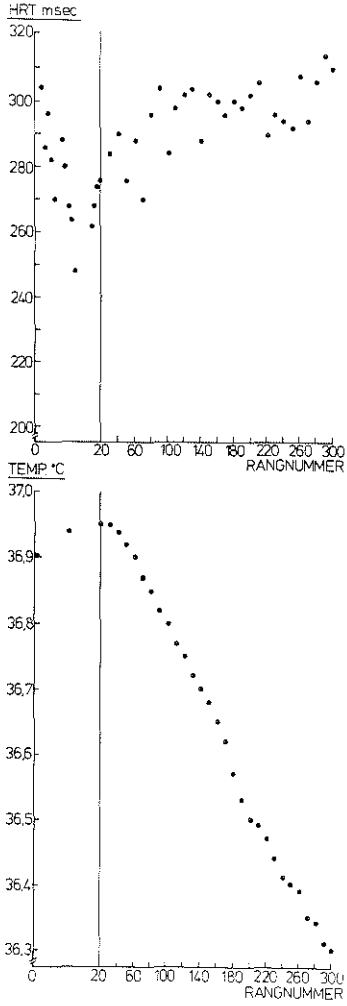


Fig. 47.8.
Proefpersoon 8.

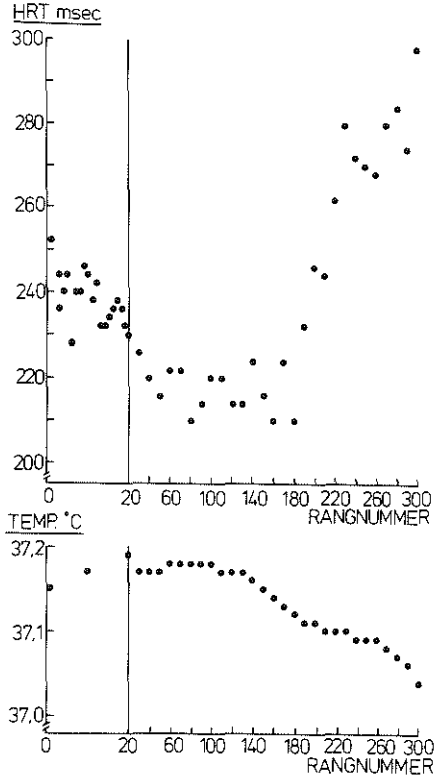


Fig. 47.9.
Proefpersoon 9.

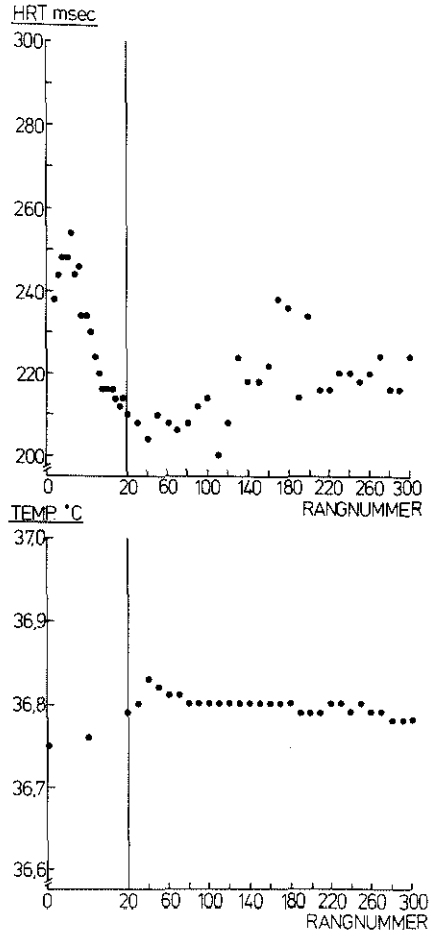


Fig. 47.10.
 Proefpersoon 10.

De snelheid van de 1e, de 10e en de 20e reflex

Wegens het ook al in de eerste 20 reflexen in de figuren 47.1-10 zichtbare verloop is het niet verantwoord bij vergelijking van de 1e, de 10e en de 20e reflex de *t*-toets van Student toe te passen, hetgeen elders wel gedaan is (Visser 1970) (115). Het is namelijk niet zeker of de populaties uit welke deze steekproeven afkomstig zijn, een gelijke standaardafwijking hebben. Wel toelaatbaar is de verdelingsvrije toets van Wilcoxon. Deze le-

vert bij toepassing op de gegevens van de 10 proefpersonen (tabel XX) op dat in deze groep waarnemingen er een significant verschil wordt aangetoond tussen de 1e en de 20e reflex, maar niet tussen de 1e en de 10e en evenmin tussen de 10e en de 20e reflex. Dat met toenemend rangnummer de reflexen korter worden is overigens op het oog al te zien in de tabel.

Tabel XX. HRT's nrs. 1, 10 en 20 van 10 proefpersonen.

rangnummers proefpersonen	rangnummers HRT		
	1	10	20
1	238	234	210
2	258	228	232
3	252	236	230
4	288	260	258
5	232	222	210
6	312	270	250
7	284	236	224
8	286	268	264
9	304	268	276
10	252	244	230

De grafiekjes van de 10 proeven zou men als volgt kunnen interpreteren: aannemende dat alle plaatsen binnen de kuitspier even warm zijn en ook aannemende dat tijdens de proef optredende veranderingen in spiertemperatuur gelijkmatig meegedeeld worden aan alle plaatsen diep in de kuit en het er dus niet toe doet waar precies de punt van de meetnaald terecht gekomen is, zal de gemeten spiertemperatuur het effect zijn van een dynamisch evenwicht tussen enerzijds lokale aanmaak en aanvoer door de bloedbaan, en anderzijds afvoer door de bloedbaan en verlies via de huid.

In de onderhavige proeven wordt de begintemperatuur bepaald door de evenwichtsverhoudingen van de periode die er onmiddellijk aan vooraf ging. Zodra de proef begint neemt de lokale warmteproductie toe als gevolg van de reflexmatige contracties van de musculus gastrocnemius. Dit heeft zowel temperatuursstijging als reflexversnelling tengevolge, welke onderling overigens niet even sterk behoeven te veranderen, ook al zouden ze in oorzakelijk verband met elkaar staan. Na enkele tientallen reflexen neemt de afvoer van warmte de overhand, ten dele naar de buitenlucht, ten dele via de bloedbaan richting romp. Daarbij daalt de spiertemperatuur en de reflex wordt langer.

De proefpersoon in het laatste grafiekje (47.10) vormt een uitzondering. Hij was een sportbeoefenaar in zeer goede conditie en elke slag met de reflexhamer leverde een zeer sterke reflexbeweging op. Mogelijk is dat telkenmale de lokale warmteproductie de warmteafvoer evenaarde.

Deze redenering over de betekenis van temperatuursverandering als verklaring van de grafieken is echter niet sluitend, want het valt op dat na ongeveer 30 slagen de verdeling van de HRT's zeer heterogeen gaat worden. In de temperaturen is dat niet te zien en daarom lijkt het of er een extra factor bijkomt die de grotere variabiliteit van de HRT veroorzaakt. Of deze factor bestaat uit "vermoeienis" of metaboliëten of iets anders is niet zomaar duidelijk.

Van belang is echter op te merken dat deze factor kennelijk geen probleem speelt bij de eerste twintig slagen en omdat alle in de rest van dit proefschrift vermelde waarnemingen gedaan zijn in de eerste twintig slagen is het dus niet nodig daar met deze factor rekening te houden.

Conclusie

In reeksen van 300 peesreflexen, achtereenvolgende opgewekt, blijkt een voortdurend verloop in reflexduur op te treden. Tot de 50e à 80e reflex treedt verkorting op, daarna ontstaat verlenging. De temperatuur in de kuitspier vertoont een ongeveer spiegelbeeldig verloop, waarbij het maximum iets eerder optreedt, namelijk tussen de 30e en 40e reflex.

Na ongeveer de 30e reflex wordt de verdeling van de HRT's zeer heterogeen, daarom wordt aangenomen dat een extra variabele in het spel komt.

Bespreking:

In een kortere of langere reeks reflexbepalingen wordt kennelijk nooit een constante waarde bereikt en wegens de aard van het gelijktijdig optredende verloop van de kuitspiertemperatuur is het, mede op grond van de observaties uit vorige hoofdstukken, wel aannemelijk dat deze voortdurende veranderingen in reflectijden in een of ander oorzakelijk verband staan met de temperatuur van de kuitspier. Wordt de reeks lang dan wordt het meedoen van een extra factor opvallend. Deze factor is van onbekende aard en veroorzaakt een grote spreiding van de HRT's.

Dit betekent dat geen gemiddelde snelheid van een reeks reflexen berekend mag worden, hoe kort of lang die reeks ook is.

Dit betekent ook dat in alle litteratuur, inclusief de voorgaande hoofdstukken, de HRT principieel onjuist is berekend. In hoeverre echter het vanuit praktisch oogpunt verwerpelijk is het gemiddelde van een beperkte reeks te gebruiken wordt in het volgende hoofdstuk nog aan een beschouwing onderworpen.

HOOFDSTUK IX

METING VAN DE ACHILLESPEESREFLEX BIJ STOORNISSEN IN DE SCHILDKLIERFUNCTIE

1. AFGRENZING VAN DE REFLEXTIJDEN BIJ PATIENTEN TEN OPZICHTE VAN DIE BIJ NORMALE PROEFPERSONEN. DE MEEST REPRESENTATIEVE REFLEX

Inleiding

Voor het onderzoek naar de mogelijke effecten van correctie van gevonden reflextijden met behulp van de gevonden waarden voor de kuitspiertemperatuur, gemeten bij patienten met stoornissen in de schildklierfunctie, leek het ons weinig relevant om na te gaan hoe de reflexduur verandert tijdens behandeling van schildklierziekten. Het was namelijk al jaren bekend hoe de reflexduur normaliseert tijdens behandeling van hypothyreoidie en hyperthyreoidie. Voor de hypothyreoidie (23, 31, 32, 55, 13, 125, 43, 39, 52, 53, 66, 98, 99, 1, 112, 3, 97, 115) is dit bekend sinds 1924 en voor de hyperthyreoidie (70, 7, 43, 39, 53, 66, 81, 98, 99, 76, 1, 112, 90, 95, 3, 130, 97, 115) sinds 1959. Een en ander is ook besproken in een "leading article" in the British Medical Journal in 1965 (74).

De belangstelling werd meer gewekt voor het probleem van de gedeeltelijke overlapping van normale waarden en de waarden zoals die gevonden werden by hyperthyreoidie, kortom het probleem zoals het duidelijk is geworden in tabel I. Alle auteurs gaven een aanzienlijke overlapping aan en geen van hen wist daarvoor een oplossing. De diagnoses hypo- en hyperthyreoidie zijn kwantitatief en niet kwalitatief en daarom is er ook een vloeiende

overgang van normaal naar abnormaal te verwachten. Enige overlapping is bovendien onvermijdelijk omdat vooral de diagnose hyperthyreoidie nog altijd op voornamelijk klinische gronden wordt gesteld.

Lambert c. s. (68) in 1951 hadden gemeend dat correctie van de reflexduur voor de kuitspiertemperatuur geen betere scheiding tussen de groepen van schildklierziekten en normalen teweeg bracht. Hun meetuitkomsten waren echter veel grover dan die van de meeste latere schrijvers en ook dan die van onszelf. Daarom leek het de moeite waard na te gaan of correctie voor spiertemperatuur toch van enig nut was voor het pogen tot beter scheiden van de groep van hyperthyreoidiepatiënten van de groep normalen. De scheiding van de myxoedeempatiënten als groep van de groep normalen is een minder groot probleem omdat zowel de gemeten reflexduur vaak zeer lang is bij de hypothyreoidie, en ook omdat de verdere diagnostiek gewoonlijk zoveel gegevens oplevert dat de meting van de reflexduur vaak minder doorslaggevend is dan bij de hyperthyreoidie.

In het volgende onderzoek zijn schildklierpatiënten vergeleken met normalen en tevens is van de gelegenheid gebruik gemaakt om na te gaan of het praktisch veel verschil maakt uitsluitend de eerste van een serie reflexen te gebruiken, dan wel het gemiddelde van een korte of lange reeks reflexen.

Proefopzet

De proefpersoon kwam lopende naar de onderzoekkamer. Onmiddellijk werd de temperatuur van de linker kuitspier gemeten en eveneens werd links 15 tot 20 maal de achillespeesreflex opgewekt en op de bekende wijze geregistreerd. Dit onderzoek werd uitgevoerd bij:

- 29 normale mannelijke personeelsleden van het ziekenhuis;
- 11 patiënten met tevoren onbehandelde hyperthyreoidie. De diagnose was telkens door andere artsen dan de onderzoeker gesteld. op grond van anamnese, lichamelijk onderzoek en laboratoriumbepalingen waaronder PBI en halsopname van ^{131}J . In de meeste gevallen was ook het totale thyroxine in het serum bepaald.
- 19 patiënten met onbehandelde hypothyreoidie, bij wie de diagnose op dezelfde wijze was gesteld.

Gemeten werden de eerste tien goed meetbare reflexen.

Tabel XXI. Normale proefpersonen. Reflex tijden voor en na correctie voor de temperatuur van de kuitspier.

proef- persoon nr.	temp. kuitspier °C	gemeten reflex tijden in msec			na correctie op spier- temperatuur van 36,50°C reflex tijden in msec		
		\bar{x}_{10}	\bar{x}_2	nrs. 1	\bar{x}_{10}	\bar{x}_2	nrs. 1
1	36,95	244	226	228	257	239	241
2	37,00	348	338	342	362	352	356
3	37,00	264	266	268	278	280	282
4	36,80	283	291	294	291	300	302
5	36,20	329	341	342	321	333	334
6	36,80	232	223	226	240	231	234
7	36,20	318	308	278	310	300	270
8	36,80	291	288	280	299	296	289
9	37,53	213	223	234	242	252	263
10	37,40	288	285	292	285	282	289
11	36,28	309	311	306	303	305	300
12	37,09	272	279	282	289	296	299
13	37,14	275	278	278	293	297	296
14	37,24	274	299	306	295	320	327
15	37,62	285	300	308	289	304	312
16	37,02	270	279	284	285	294	299
17	36,89	291	285	290	302	296	301
18	36,87	252	256	258	262	266	268
19	36,41	248	256	252	245	253	249
20	37,23	265	272	272	285	292	292
21	36,75	242	241	238	249	248	245
22	36,49	279	318	312	279	318	312
23	36,71	264	277	288	270	283	294
24	36,91	239	241	242	250	252	253
25	36,90	268	279	304	279	290	315
26	36,75	226	232	228	333	239	235
27	37,15	239	240	44	257	258	262
28	37,12	212	214	212	229	231	229
29	37,00	228	233	238	242	247	252
\bar{x} =		267,17	271,69	273,31	280,03	281,17	282,76
s =		33,24	34,65	34,57	30,42	31,49	32,50
n =		29	29	29	29	29	29
95% waarschijn- lijkheidsgebied=		267,17 +65,45	271,69 +67,91	273,31 +67,76	280,03 +59,72	281,17 +61,72	282,76 +63,70
bovengrens		333	340	341	340	343	347
ondergrens		202	204	206	220	219	219

Tabel XXII. Hyperthyreoidie. Reflextijden voor en na correctie voor de temperatuur van de kuitspier.

proef- persoon nr.	temp. kuitspier °C	gemeten reflextijden in msec			na correctie op spier- temperatuur van 36,50°C reflextijden in msec		
		\bar{x}_{10}	\bar{x}_2	nrs. 1	\bar{x}_{10}	\bar{x}_2	nrs. 1
1	37,40	211	211	214	236	236	239
2	36,00	190	194	200	176	180	186
3	35,29	235	231	218	202	198	185
4	36,39	254	255	258	251	252	255
5	36,78	204	202	200	212	210	208
6	36,73	181	181	190	187	187	196
7	36,29	202	205	214	196	199	208
8	36,47	210	209	208	209	208	207
9	37,21	193	183	182	213	203	202
10	36,59	182	170	168	185	173	171
11	36,04	206	205	204	193	192	191
$\bar{x} =$		206,18	204,18	205,09	205,45	203,45	204,36
$s =$		21,98	23,74	23,07	22,37	23,26	24,24
$n =$		11	11	11	11	11	11
95% waarschijn- lijkheidsgebied		206,18 +43,96	204,18 +47,48	205,09 +46,14	205,45 +44,74	203,45 +46,52	204,36 +48,48
bovengrens		250	252	251	250	250	253
ondergrens		162	157	159	161	157	156

abel XXIII. Hypothyreoidie. Reflextijden voor en na correctie voor de temperatuur van de kuitspier.

proef- persoon nr.	temp. kuitspier °C	gemeten reflextijden in msec			na correctie op spiertem- peratuur van 36,50°C reflextijden in msec		
		\bar{x}_{10}	\bar{x}_2	nrs. 1	\bar{x}_{10}	\bar{x}_2	nrs. 1
1	35,89	850	832	834	833	815	817
2	36,54	364	380	352	365	381	353
3	35,57	381	391	394	383	392	396
4	36,30	422	422	432	416	416	426
5	34,35	830	767	810	770	707	750
6	35,68	363	354	350	340	331	327
7	35,18	443	427	430	406	390	393
8	35,51	487	472	474	462	447	449
9	35,03	561	565	586	520	524	545
10	33,94	657	690	676	585	618	604
11	36,12	523	545	544	512	534	533
12	32,40	707	711	730	592	596	615
13	34,66	428	434	428	376	382	376
14	36,33	554	542	530	549	537	525
15	35,52	478	478	490	451	451	463
16	34,50	842	892	836	786	836	784
17	35,81	485	483	518	466	464	499
18	35,08	684	698	708	672	686	696
19	34,94	385	388	392	341	344	348
\bar{x} =		549,68	551,10	553,36	517,10	518,47	521,00
s =		164,99	165,13	164,47	154,07	154,13	153,33
n =		19	19	19	19	19	
95% waarschijn- lijkheidsgebied		549,68 +329,98	551,10 +330,26	553,36 +328,94	517,10 +308,14	518,47 +308,26	521,00 +306,66
bovengrens		880	881	882	825	827	828
ondergrens		220	221	224	209	210	214

1. De meest representatieve reflexen.

In de tabellen XXI, XXII en XXIII (linkerhelft) zijn de gegevens van deze 3 groepen proefpersonen samengevat. Behalve de temperatuur van de kuitspier zijn vermeld voor elke proefpersoon het gemiddelde van de eerste 10 goed meetbare reflexen, het gemiddelde van de eerste 2 goed meetbare reflexen, en tenslotte de eerste goed meetbare reflex zelf.

Door van deze drie rekengrootheden gemiddelde en standaardafwijking te berekenen, valt op dat vrijwel identieke uitkomsten ontstaan. Dit geldt voor normalen zowel als voor schildklierpatienten.

Geen van de drie reflexmaten verdient dus de voorkeur. Slechts voor het gemak zou men kunnen volstaan met de eerste goed meetbare reflex te gebruiken.

2. Is de reflex een bruikbare maat voor het onderscheid tussen gestoorde en normale schildklierfuncties ?

Nagegaan werd of de verdelingen van normalen en zieken elkaar overlaptten of niet. Het meest interessant was het grensgebied tussen normalen en hyperthyreoidiepatienten.

Getoetst werd met een tweezijdige overschrijdingskans van 5%. Het bleek nu dat bij gebruik van de eerste slag als maat de bovengrens van het hyperthyreoidie-95%-waarschijnlijkheidsgebied lag bij 251 msec en de ondergrens van het 95%-waarschijnlijkheidsgebied van de normalen bij 206, hetgeen een overlapping van 45 msec betekent. Na correctie van de HRT voor de temperatuur van de kuitspier (met de eerder gevonden grove correctiefactor $28 \text{ msec}/^{\circ}\text{C}$), waarbij als fictieve standaardtemperatuur van de kuitspier $36,5^{\circ}\text{C}$ gekozen werd (de indruk was namelijk ontstaan dat bij vele normale en ambulante mensen de temperatuur van de kuitspier ongeveer een halve graad Celsius onder de rectale temperatuur lag), bleek dat de uitkomsten van de hyperthyreoidiepatienten vrijwel identiek bleven, maar de uitkomsten voor de normale proefpersonen waren na de correctie opwaarts verschoven. De bovengenoemde overlapping ligt nu in het gebied 253-219 msec en bedraagt nu nog 34 msec (tabellen XXI, XXII en XXIII rechterhelft en fig. 48).

De overlapping is dus wel iets verminderd maar is toch nog aanzienlijk. Het is in deze proef dus niet gelukt met behulp van temperatuurscor-

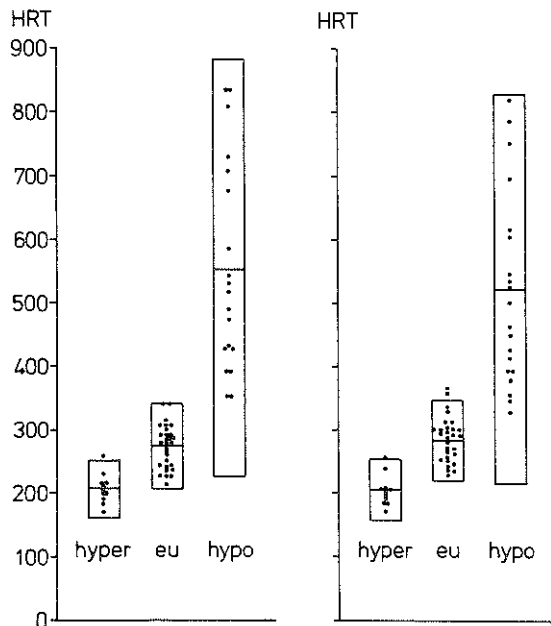


Fig. 48.

HRT's voor correctie en na correctie voor de temperatuur van de kuitspier bij hyper-, eu- en hypothyreoïdie.

rectie de HRT bij patiënten met hyperthyreoïdie van die van normalen te scheiden.

Het is echter wel zo dat zonder de temperatuurscorrectie 5 van de 11 hyperthyreoïdiepatiënten binnen het normale gebied kwamen, terwijl na de correctie nog slechts 2 patiënten in dit normale bereik bleven: patiënten 1 en 4. Nadere beschouwing leerde dat patient 1 een vrouw was met de klinische verschijnselen van hyperthyreoïdie en ook laboratoriumgegevens die daar op wezen (totaal thyroxine in het serum 22,87%; P. B. I. 12,97%, BM + 17%), maar de opname van ^{131}J in de schildklier was voor de diagnose hyperthyreoïdie te laag: na 4 uur 22%, na 24 uur 30%, en na 48 uur 29% van de toegediende dosis. Dit betekent dat er niet sprake was van een onbehandelde hyperthyreoïdie: patient had òf reeds medicamenteuze behandeling, respectievelijk jodiumcontaminatie ondergaan by hyperthyreoïdie, òf zij leed aan thyreoïditis. Patient 4 lijkt wel zonder meer geleden te hebben aan hyperthyreoïdie, maar zij was een vrouw van 70 jaar en daarom is het mogelijk dat zij een reflexverlenging op grond van de leeftijd had die haar

in het normale gebied plaatste. Laat men deze beide patienten buiten beschouwing dan ontstaat voor de 9 overgebleven hyperthyreoidiepatienten na temperatuurscorrectie een volledige scheiding van de normalen. De na temperatuurscorrectie langste gemeten HRT bij een van deze 9 was 208 msec.

Met inachtneming van het feit dat 9 patienten slechts een kleine groep zijn en dat de controlegroep van normalen zeker niet vrij van selectie kan zijn geweest, blijkt toch wel dat correctie voor de temperatuur van de kuitspier de HRT beter bruikbaar maakt voor het onderscheid van hyperthyreoidie en euthyreoidie.

In bovenstaande reeks betekende een HRT van 208 msec of korter een zekere hyperthyreoidie.

Voor de hypothyreoidie bleek dat voor temperatuurscorrectie de overlapping lag in het gebied 341-224 msec, hetgeen dus een overlapping van 117 msec betekende. Na temperatuurscorrectie waren deze bedragen respectievelijk 347-214 en 133.

Bij precisering van de diagnose hypothyreoidie blijkt correctie van de reflexduur voor de kuitspiertemperatuur dus niet van extra nut te zijn.

Wel is de diagnostische betekenis in gevallen van ernstige hypothyreoidie groot aangezien de afwijking van de HRT van de norm groot is.

Conclusies

1. Het maakt vrijwel geen verschil of als maat voor de achillespeesreflex genomen wordt de eerste goed meetbare reflex, het gemiddelde van de eerste twee of van de eerste tien goed meetbare reflexen.
2. Meting van de temperatuur van de kuitspier als extra gegeven voor de betrouwbaarheid van de reflexbepaling kan bijdragen aan het onderscheid tussen hyperthyreoidie en normale schildklierfunctie.
3. Dit geldt niet voor het onderscheid tussen patienten met hypothyreoidie en normalen.

Bespreking

Uit de eerste conclusie blijkt dat de bepalingmethode grof is. Vrijwel alle onderzoekers sloegen de reflexen met de laagste rangnummers over met de gedachte aan een zogenaamd opwarmfenomeen van de spier, zonder

dit fenomeen te analyseren. Uit ons systematisch opgezet onderzoek naar de meest representatieve reflex blijkt nu dat dit opwarmfenomeen inderdaad bestaat. Er blijft echter een verloop in reflexduur bestaan hoe lang de reeks van reflexen ook wordt voortgezet. Het heeft weinig zin de eerste reflexen te verwerpen en latere wel aan te nemen.

De tweede conclusie betreffende hyperthyreoidie mag niet uitgebreid worden met een vermelding van getallen die de grenzen tussen ziek en gezond aangeven, want daartoe is het aantal onderzochte proefpersonen te gering geweest.

2. BEPALING VAN REFLEXDUUR EN SERUMTHYROXINE TIJDENS BEHANDELING VAN HYPOTHYREOIDIE

Het is de laatste jaren vrij gebruikelijk om tijdens de behandeling van hypothyreoidie door toediening van schildklierhormoon, op momenten van onzekerheid over de juistheid van de gebruikte dosis een peiling te doen op de schildklierwerking door bepaling van de serumspiegel van thyroxine. De bepaling van het totaal thyroxine vereist een gespecialiseerd laboratorium, is dan ook kostbaar en wordt daarom niet zo vaak uitgevoerd, maar de uitkomsten worden van alle in gebruik zijnde proeven over de schildklierfunctie als de meest nauwkeurige beschouwd. Om de nauwkeurigheid van de HRT-bepaling te beproeven werd besloten om bij enkele patienten met hypothyreoidie in de loop van de behandeling enkele bepalingen van reflexduur en serumthyroxine uit te voeren.

Opstelling

De reflexduur werd als in de voorgaande tekst beschreven gemeten: de eerste goed meetbare reflexfiguur werd gemeten en temperatuurscorrectie werd aangebracht. De sera werden ingevroren en later alle tegelijk bewerkt met reagentia uit dezelfde partij, zodat laboratoriumfouten tot een minimum beperkt konden blijven, en bovendien op dit punt de patienten onderling vergelijkbaar werden.

Onderzocht werden 4 patienten met een bewezen en duidelijke hypothyreoidie. Metingen werden verricht om de 7-14 dagen.

Als geneesmiddel werd gebruikt het levo-thyroxine, dat een grotere

zuiverheid bezit dan de gewoonlijk toegepaste schildklierhormoonpreparaten.

De uitkomsten zijn te zien in tabel XXIV en in de grafieken 49.1-4. Er is een negatieve correlatie die bij 3 van de 4 patienten significant is. Deze correlatie is iets sterker dan wanneer niet gecorrigeerd wordt voor de temperatuur. (Zonder correctie voor de temperatuur zijn de correlatiecoëfficiënten namelijk respectievelijk $r = -0,712$; $-0,687$; $-0,734$; $-0,878$.)

Bespreking

Er kan besloten worden dat bepaling van de reflexduur met temperatuurcorrectie tijdens de behandeling van hypothyreoidie een aanvaardbare therapeutische maatstaf is, vergelijkbaar met de bepaling van het totaal thyroxine in het serum.

Hier staat tegenover dat het in een oriënterend onderzoek niet gelukt was een zodanige relatie te vinden tussen HRT en PBI en dat ook anderen geen correlatie vonden tussen reflexduur en PBI (Engström et al. 1970) (35a).

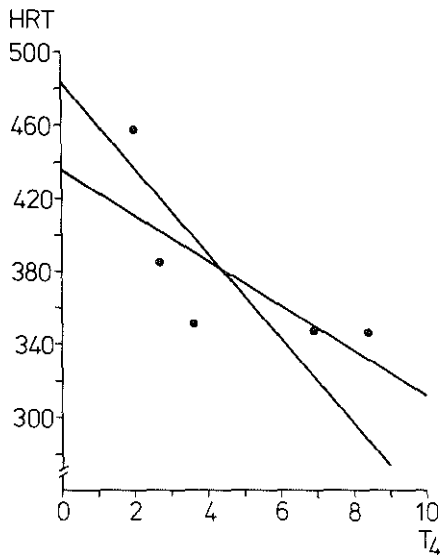


Fig. 49.1.

Verloop van HRT en totaal serumthyroxine tijdens behandeling van hypothyreoidie.
Patient C, ♂ 61 jaar.

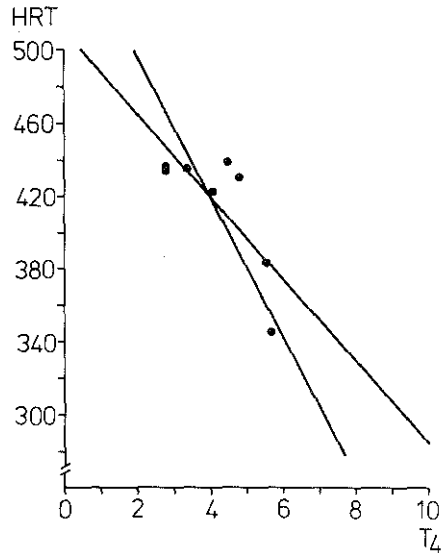


Fig. 49.2.

Patiente R, ♀ 72 jaar.

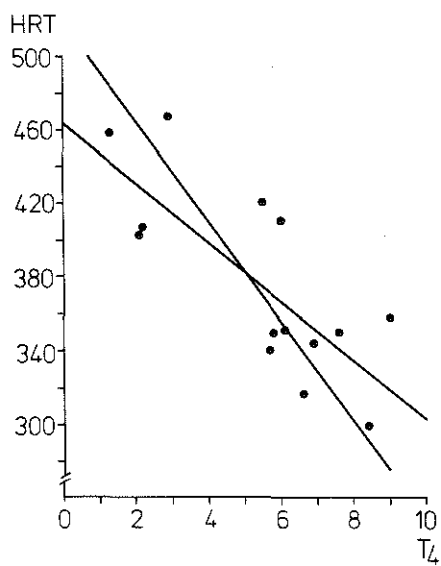


Fig. 49.3.
Patient M, ♂ 54 jaar.

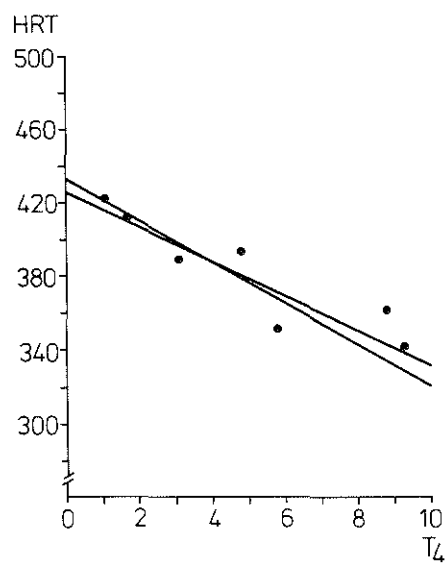


Fig. 49.4.
Patient V, ♂ 24 jaar.

Tabel XXIV. Verband tussen HRT en totaal serumthyroxine tijdens behandeling van hyperthyreoidie bij 4 patienten.

♂ 61 jr.		♀ 72 jr.		♂ 54 jr.		♂ 24 jr.	
HRT msec	TT4 γ%	HRT msec	TT4 γ%	HRT msec	TT4 γ%	HRT msec	TT4 γ%
457	2,0	422	4,1	403	2,1	422	1,1
385	2,7	436	2,8	458	1,3	412	1,7
351	3,6	435	3,4	407	2,2	389	3,1
347	6,9	435	2,8	467	2,9	393	4,8
346	8,4	439	4,5	420	5,5	351	5,8
		430	4,8	350	5,8	361	8,8
		345	5,7	410	6,0	341	9,3
		383	5,6	340	5,7		
				344	6,9		
				350	7,6		
				299	8,4		
				316	6,6		
				351	6,1		
				358	9,0		

$r = -0,727$	$r = -0,764$	$r = -0,773$
$n = 5$	$n = 8$	$n = 14$
$p < 0,10$	$p < 0,05$	$p < 0,01$
$y = 12,380x + 435,632$	$y = -22,513x + 510,459$	$y = -16,355x + 465,541$
$x = 0,043y + 20,789$	$x = -0,026y + 14,977$	$x = -0,037y + 19,183$

$r = -0,915$
$n = 7$
$p < 0,01$
$y = -8,716x + 424,367$
$x = -0,096y + 41,508$

SAMENVATTING

In het onderzoek is nagegaan of de bepaling van de tijdsduur van de achillespeesreflex met correctie van deze tijdsduur voor de tevens gemeten temperatuur in de kuitspier een bijdrage levert tot het stellen of verwerpen van de diagnose hyperthyreoidie. Voorheen was de tijdsduur van deze reflex zeker geen goed diagnosticum wegens de grote overdekking van normale en pathologische waarden.

In hoofdstuk I is na een kort historisch overzicht aangegeven hoe sterk deze overdekking van normale en pathologische waarden is. Vervolgens wordt een opsomming gegeven van de tot op heden bekende fysiologische, pathologische en farmacologische invloeden op de duur van de achillespeesreflex. Tenslotte is een kort overzicht gegeven van enkele belangrijke fysiologische aspecten van de reflexboog.

Hoofdstuk II beschrijft de uit de litteratuur bekende meetopstellingen; tevens wordt de eigen opstelling gegeven.

In hoofdstuk III is te zien op hoe uiteenlopende wijze de diverse auteurs uit hun waarnemingen de volgens hen representatieve reflexen gekozen hebben. Velen beschreven het optreden van artefacten en ook wisselend lange reflextijden. Dit laatste zou volgens hen iets te maken hebben met het zogenaamde "losmaken" van de spieren.

Vervolgens is aangegeven hoe de eigen keuze van de eerste 10 goed meetbare reflexfiguurtjes uit een reeks van 15 à 20 tot stand kwam. Daarna is vermeld hoe niet bij alle proefpersonen reflexen opwekbaar zijn en verder is aangetoond dat de gevonden zogenaamde normale waarden bij normale proefpersonen overeenkomen met die uit de litteratuur. De standaardafwijking is daarbij vrij groot hetgeen ondermeer toegeschreven moet worden aan de onnauwkeurigheid van de bepaling.

Bij mannen leek op hogere leeftijd een langere reflex te bestaan, bij de vrouwen was dit niet aanwijsbaar. Een geslachtsverschil in reflexduur kon uit onze gegevens niet afgeleid worden.

Hoofdstuk IV beschrijft hoe de kracht van de hamerslag geen invloed heeft op de duur van de achillespeesreflex. Dit was voorheen wel opervlakkig nagegaan maar niet systematisch zoals in dit onderzoek. Het blijkt voor de duur van de reflex niet van belang te zijn of er hard dan wel zacht op de achillespees geslagen wordt. Verder blijkt er een asymmetrie in de reflexduur te bestaan.

Deze asymmetrie in reflexduur is nader onderzocht in hoofdstuk V, daarbij is gebleken dat er geen relatie is met rechts- dan wel linksvoetigheid. Dit vijfde hoofdstuk is geheel gewijd aan eventuele invloeden van lichaamsbouw op de duur van de achillespeesreflex en uit de verkregen gegevens bleek een dergelijke invloed niet aan te tonen te zijn. Er was geen relatie tussen enerzijds lichaamslengte, lichaamsgewicht, lengte van het onderbeen, lengte van de voet en omtrek van de kuit en anderzijds de tijdsduur van de reflex.

In hoofdstuk VI worden ten eerste enkele inzichten in de temperatuursregulatie te berde gebracht waarbij voor dit onderzoek van belang bleek te zijn dat niet gesproken kan worden van de lichaamstemperatuur, maar dat de centrale temperatuur duidelijk gesteld moet worden tegenover die van de periferie, waarbij beide voortdurend aan veranderingen onderhevig zijn, de centrale temperatuur (schedelinhoud, inhoud van thorax en abdomen) weinig, de perifere (romphuid, subcutis, spieren en extremiteiten) sterk. Daarna wordt aangetoond hoe tijdens stil zitten de temperatuur van de extremiteiten sterk daalt, de rectale temperatuur blijft daarbij vrijwel constant. Onderdompeling in koud water geeft hetzelfde effect bij gezonde en bij schildklierpatienten. Hierna wordt aangetoond hoe indompeling in warm water de reflexduur doet verkorten en dit zelfde effect wordt gezien indien spierarbeid verricht wordt. Opvallend is dat verschillende proefopstellingen telkens nagenoeg hetzelfde effect sorteren namelijk een verandering in helftrelaxatie-tijd van 28 msec per 1°C verandering in temperatuur van de kuitspier. Vervolgens is een poging gedaan om met behulp van stralingswarmte uit hoog frequente trillingen na te gaan of het omgekeerde verband tussen reflexduur en spiertemperatuur rechtlijnig is dan wel een ander verloop heeft. Op theoretische gronden is aan te nemen dat de relatie niet rechtlijnig kan zijn. Hoewel in de litteratuur reeds een relatie tussen temperatuur

en reflexduur beschreven was (vooral Lambert c. s. 1951 en Petajan 1962) waren daar nooit logische consequenties uit getrokken.

Dat de temperatuursgevoeligheid van de achillespeesreflex een myogene oorzaak heeft en niet het gevolg is van verandering in de geleidingssnelheid in perifere zenuwen of het centrale zenuwstelsel, is aangetoond in hoofdstuk VII. Hierbij is gebruik gemaakt van de bepaling van de zogenaamde Hoffmann-reflex vóór en na verwarmen van de kuit door hoogfrequente trillingen.

In hoofdstuk VIII is allereerst de bewering (115) weerlegd dat het nuttigen van de maaltijd invloed heeft op de duur van de achillespeesreflex en vervolgens aangetoond dat de na de maaltijd meetbaar langere reflex het gevolg is van stilzitten en niet van voedselgebruik. Vervolgens is de betrouwbaarheid van de reflexmeting opnieuw bestudeerd en daarbij bleek dat er een nog niet eerder verdisconteerde variabele in het spel was. In een lange serie reflexbepalingen wordt deze variabele manifest. Er blijkt namelijk een voortdurend verloop in reflexduur op te treden. De temperatuur in de kuitspier vertoont een ongeveer spiegelbeeldig verloop. Dit betekent dat de achillespeesreflex in een reeks (kort of lang) reflexbepalingen kennelijk nooit een constante waarde heeft en op grond van het spiegelbeeldige verloop van de spiertemperatuur is het aannemelijk dat deze voortdurende veranderingen in de reﬂextijden in een of ander oorzakelijk verband staan met de temperatuur van de kuitspier. Verder blijkt na de twintigste slag de spreiding van de HRT's veel groter te zijn dan alleen op grond van het temperatuursverloop kan worden aangenomen. Het is daarom waarschijnlijk dat na twintig slagen een extra factor de dan grotere variabiliteit van de HRT beïnvloedt. Hierbij is te denken aan "vermoeidheid" of "metabole verandering" van de spier.

Dit betekent dat er principieel geen gemiddelde snelheid van een reeks reflexen berekend mag worden hoe kort of lang die reeks ook is. De vraag of dit praktisch ook van belang is en of wellicht ook volstaan kan worden met bepaling van de eerste goed meetbare reflex, wordt beantwoord in hoofdstuk IX, waar blijkt dat er een verwaarloosbaar kwantitatief verschil is tussen het gemiddelde van de eerste tien goed meetbare reflexen, het gemiddelde van de eerste twee goed meetbare reflexen en de eerste goed meetbare reflex zelf. Dit betekent dat er volstaan kan worden met het meten van de eerste goed meetbare reflex.

Door gebruik te maken van de in het voorgaande verworven kennis

bleek het nu mogelijk te zijn de bij hyperthyreoidie-patienten gevonden HRT's na correctie voor de tegelijkertijd gemeten temperatuur in de kuitspier als groep te scheiden van die van normalen. Meting van de temperatuur van de kuitspier als extra gegeven voor de betrouwbaarheid van de reflexbepaling kan dus bijdragen aan het onderscheid tussen hyperthyreoidie en normale schildklierfunctie.

Voor het onderscheid tussen hypothyreoidie en normale schildklierfunctie was in de onderzochte groepen meting van de temperatuur niet van extra nut.

Tenslotte werd bij vier patienten met hypothyreoidie in de loop van de behandeling met substitutie van schildklierhormoon het verband tussen reflexduur en totaal serumthyroxine (T₄) nagegaan. Er bleek een negatieve correlatie te bestaan. Er werd besloten dat bepaling van de reflexduur met temperatuurscorrectie tijdens de behandeling van hypothyreoidie een aanvaardbaar vervangmiddel is voor de bepaling van het totaal thyroxine in het serum.

SUMMARY

The value of measurement of the duration of the achilles tendon reflex, corrected for the calf muscle temperature measured concurrently, in the diagnosis of thyroid disorders has been studied. Formerly the duration of this reflex was a poor diagnostic criterion due to the overlap of normal and pathologic data.

In chapter I a short historical review is followed by an indication of the extent of the overlap between normal and pathologic data. Subsequently a summary of the physiological, pathological and pharmacological influences on the duration of the achilles tendon reflex is given. The chapter concludes with a discussion of some important physiological aspects of the reflex arc.

In chapter II the methods of measurement in the literature are given. Our own method is also described.

Chapter III shows how variously representative reflexes have been chosen. Several authors described the occurrence of artifacts and the changing duration of reflexes. These writers ascribed the latter to a phenomenon which they called "warming up" of muscles. Subsequently it is indicated how we selected the first 10 good measured reflexes out of a series of 15 to 20 reflex figures. It is recollected that reflexes cannot be elicited in everyone, and the so called normal values in this study are shown to be in accord with those in the literature. The standard deviation is large, which to some extent can be explained by the inaccuracy which adheres to the method of measurement.

In elderly men a prolonged reflex appeared to exist, but this could not be demonstrated in women. Otherwise from our data a sex difference

could not be established.

in chapter IV the force of the reflex hammer stroke is shown not to affect the duration of the achilles tendon reflex. A systematical investigation as in our study has not been carried out earlier. An asymmetry of reflex duration appeared to exist, and it is not shown to be related to right or left handedness.

Chapter V is concerned with possible influences of body build on the duration of the achilles tendon reflex; no relationship existed between height, weight, length of the lower leg, and calf circumference on the one hand, and the duration of the reflex on the other hand.

In chapter VI several views on temperature regulation are presented. The fact that both central temperature and peripheral temperature are subject to incessant changes is of consequence for our study. Central temperature (skull contents, contents of thorax and abdomen) changes insignificantly contrary to peripheral temperature (trunk, skin, subcutis, muscle tissue and extremities) which changes in a great degree. During sitting still, limb temperature falls considerably while rectal temperature remains nearly constant. Immersion in cold water has the same effect in normal people and in patients with thyroid disorders: it prolongs the reflex duration. Immersion in warm water shortens the duration of the reflex as it raises the muscle temperature in the leg. Shortening of the reflex duration also occurs after muscle exercise. The results of these experiments show a striking likeness as in both instances a change in half relaxation time of 28 msec/ $^{\circ}$ C change in muscle temperature is obtained. Subsequently a trial was carried out with dielectric heating (VHF) to further investigate the reciprocal relationship between muscle temperature and reflex duration. Whether this relationship is rectilinear or otherwise has not become clear. Thus on grounds of these experiments we were not able to delineate the exact relationship between muscle temperature and half relaxation time. On theoretical grounds it can be assumed that this relationship cannot be rectilinear. Although a relationship between temperature and reflex duration has been observed earlier (mainly Lambert et al 1951, Petajan 1962), logical deductions were never made, not even by the authors themselves.

The sensitivity to changes in temperature of the achilles tendon reflex has a myogenic cause, and is not an effect of a change in impulse conduction velocity in either peripheral nerves or central nervous system, as is demonstrated in chapter VII. In these observations the so called

Hoffmann-reflex was used before and after warming the calf by high frequency waves.

In chapter VIII the statement (115) that having a meal prolongs the reflex does not seem warranted. The reflex duration after a meal is affected by sitting still and not by food consumption. Subsequently the reliability of the reflex measurement was studied over again, and it appeared that a variable factor existed which hitherto had not been accounted for. In a long study of reflexes this variable factor becomes manifest in a continual trend in reflex duration. The calf muscle temperature shows a more or less inverse trend. This means that the achilles tendon reflex in a series of reflex measurements, apparently never has a constant value, and it is assumed that these continual changes in reflex duration are in some type of causal relationship with the calf muscle temperature.

Furthermore, after the twentieth stroke the range in half relaxation time appears to be much wider than can be explained solely by the trend in muscle temperature. Therefore, after twenty strokes probably another factor accounts for the greater variance of the HRT, in addition to the influence of muscle temperature. In this respect one can think of "fatigue" or "metabolic changes" in the muscle tissue.

This means that no mean duration of a series of reflexes can be calculated irrespective of the length of the series. The question whether this is of practical importance, and whether perhaps registration can be restricted to the first good measured reflex, is discussed in chapter IX. It appears that a negligible quantitative difference exists between the mean of the first ten good measured reflexes, and the very first suitable measured reflex. Thus the first suitable measured reflex suffices. By taking into account the effect of muscle temperature on reflex duration we have been able to separate the half relaxation time of hyperthyroid patients from normal values solely by correcting these data for the calf muscle temperature.

The measurement of calf muscle temperature thus adds both to the reliability of reflex measurement, and to the distinction between hyperthyroidism and normal thyroid function. In the groups investigated temperature measurement was not especially useful for distinguishing hypothyroidism from normal thyroid function. Finally, in four hypothyroid patients in the course of thyroid hormone therapy a negative correlation existed between reflex duration when corrected for calf muscle temperature and the level of total thyroxine (T_4) in their serum. It was concluded that

measurement of reflex duration in the course of treatment of hypothyroidism is an appropriate therapeutic yardstick comparable to T_4 values in serum when calf muscle temperature is accounted for.

LITTERATUUR

1. ABRAHAM, A.S.; ATKINSON, M.; ROSCOE, B.: Value of ankle-jerk timing in the assessment of thyroid function. *Brit.Med.J.* 1966, 1, 830.
2. ABRAMSON, D.I.; CHU, L.S.W.; TUCK, S.; LEE, S.W.; RICHARDSON, G.; LEVIN, M.: Effect of tissue temperatures and blood flow on motor nerve conduction velocity. *J.Amer.med.ass.* 1966, 198, 1082.
3. ANDERSEN, P.: The contraction of the Achilles reflex as a measure of the function of the thyroid gland. *Danish Med.Bull.* 1968, 15, 33.
4. ANNOTATIONS: The ankle-jerk and thyroid activity. *Lancet* 1969, 2, 257.
5. ASCHOFF, J.; WEVER, R.: Kern und Schale im Warmehaushalt des Menschen. *Naturwissenschaften* 1958, 45, 477.
6. AVERA, J.W.; OVERHOLT, B.M.: Achilles tendon reflex relaxation time. *Amer.Practit. (Philad.)* 1962, 13, 251.
7. BARRETT, O.; SHEEHAN, D.J.: Diagnostic difficulties in hyperthyroidism. *Amer.J.Med.Sci.* 1961, 241, 235.
8. BEARDWOOD, D.M.; SCHUMACHER, L.R.: Delay of the Achilles reflex in diabetes mellitus. *Amer.J.Med.Sci.* 1964, 247, 324.
9. BEARDWOOD, D.M.: Achilles reflex in thyroid disease. *Brit.Med.J.* 1965, 1, 923.
10. BIEMOND, A.: "Ruggemergs- en periphere zenuwziekten". Amsterdam: Broekman en de Meris, 4e druk, 1958.
11. BINSWANGER, J.; STUDER, H.; WYSS, F.: Der Ablauf der Sehnenreflex bei Funktionsstörungen der Schilddrüse. *Helvetica Med.Acta* 1961, 28, 482.
12. BÖRNER, W.; MOLL, E.; ROMEN, W.: Die Messung der Achillessehnenreflexes - ein Schilddrusenfunktionstest? *Med.Welt* 1966, 25, 1357.
13. BOWERS, C.Y.; GORDON, D.L.; SEGALOFF, A.: The myxedema reflex in infants and children with hypothyroidism. *J.Pediatrics* 1959, 54, 46.
14. BRADBURY, P.A.; FOX, R.H.; GOLDSMITH, R.; HAMPTON, I.F.G.: The effect of exercise on temperature regulation. *J.Physiol.* 1964, 171, 384.
15. BULLER, A.J.; LEWIS, D.M.; VRBOVA, G.: The automatic recording of some contraction characteristics of mammalian striated muscle. *J.Physiol. (Lond.)* 1962, 161, 7 P.
16. BULLER, A.J.: The Achilles reflex. *Lancet* 1963, 1, 443.

17. BURT, V.; STUNKARD, A.: Body weight and Achilles reflex time. *Ann.Intern.med.* 1964, 60, 900.
18. CAMPBELL, E.J.M.; DICKINSON, C.J.; SLATER, J.D.H.: "Clinical physiology". Oxford: BLACKWELL, 3e druk, 1968.
19. CANLOREBE, P.; CHEFNEUX, A.: Le réflexogramme achilléen chez l'enfant. *Ann. de Pédiatr.* 1965, 41, 1253.
20. CARR, A.A.; GILL Jr. J.R.; HENKIN, R.L.; BARTTER, F.C.: The relationship of potassium metabolism to the Achilles tendon reflex in man. *Clin.Res.* 1963, 11, 215.
21. CATE, J. TEN: Physiologie van het ruggemerg. *Physiologie van het centrale zenuwstelsel van de gewervelde dieren en van den mensch, deel I.* Haarlem: Bohn 1947.
22. CEMBALA, D.: Zastosowanie metody rezonansowej w elektrosfimyografii - The resonance method of electrosphygmography. *Bulletin International de l'Academie Polonaise des Sciences et des Lettres, Classe de Medecine* 1949, 7-10, 269.
23. CHANEY, W.C.: Tendon reflexes in myxedema: a valuable aid in diagnosis. *J.Amer.Med.Ass.* 1924, 82, 2013.
24. COLIN, J.; TIMBAL, J.; BOUTELIER, C.; HOUDAS, Y.; SIFFRE, M.: Rhythm of the rectal temperature during a 6-month free-running experiment. *J.Appl.Physiol.* 1968, 25, 170.
25. COOPER, K.E.: Temperature regulation and its disorders. In: Baron, Compston en Dawson: "Recent Advances in Medicine", Londen: Churchill 1968.
26. CREVASSE, L.E.; LOGUE, R.B.: Peripheral neuropathy in myxedema. *Ann.Intern.Med.* 1959, 50, 1433.
27. DIETRICHSON, P.: The silent period in spastic, rigid and normal subjects during isotonic and isometric muscle contractions. *Acta Neurol. Scandinav.* 1971, 47, 183.
28. DUC, M.; DUC, M.L.: "Le réflexogramme achilléen". Parijs: Ed. Doin 1965.
29. DURKALEC, J.: Obraz graficzny skurczu mięśni w odruchu skokowyin - Graphic recording of the Achilles reflex. *Polski Tygodnik Lekarski*, 1964, 19, 1558.
30. EDITORIAL: The Achilles heel of the ankle jerk. *J.Amer.Med.Ass.* 1967, 199, 39.
31. ECKERSTRÖM, S.: Réflexe du tendon d'Achille de type myotonique dans un cas de myxoedème avec symptômes cérébelleux. *Acta Med.Scand.* 1936, 90, 207.
32. ECKERSTRÖM, S.: Nouveau cas de myxoedème s'accompagnant d'un réflexe de type myotonique au niveau du tendon d'Achille. *Acta Med.Scand.* 1938, 98, 136.
33. EKBOM, K.; HED, R.; HERDENSTAM, C.G.P.; NYGREN, A.: The serum creatine phosphokinase activity and the Achilles reflex in hyperthyroidism and hypothyroidism. *Acta Med.Scand.* 1966, 179, 433.
34. ELSNER, R.W.; CARLSON, L.D.: Postexercise hyperemia in trained and untrained subjects. *J.Appl.Physiol.* 1962, 17, 436.
35. EMRICH, D.; MARONGIU, F.: Die Registrierung des Achillessehnenreflexes als diagnostisches Hilfsmittel bei Schilddrüsenerkrankungen. *Dtsch.Med.Wschr.* 1966, 91, 101.
- 35a. ENGSTRÖM, J.; CARLBERGER, G.; MOLIN, L.; SJÖGREN, A.: Ankle jerk estimation and the thyroid function in a health survey. *Acta Med.Scand.* 1970, 187, 105.
36. FANKHAUSER, S.; MORELL, B.; REUBI, F.: Veränderungen der Achillessehnen-Reflexzeit bei Patienten mit Niereninsuffizienz. *Dtsch.Med.Wschr.* 1966, 91, 763.
37. FEJÉR, A.G.; KUN, M.: The Achilles reflex. *Lancet* 1964, 2, 695.
38. FEJÉR, A.G.: Adrenergie receptors, *Lancet* 1966, 2, 750.

39. FOGEL, R.L.; EPSTEIN, J.A.; STOPAK, J.H.; KUPPERMAN, H.S.: Achilles tendon reflex test (photomotogram) as a measure of thyroid function. *New York State J.Med.* 1962, 1159.
- 39a. FOWLER, P.B.S.; BANIM, S.O.; IKRAM, H.: Prolonged ankle reflex in anorexia nervosa. *Lancet* 1972, 2, 307.
40. FRANÇOIS-FRANCK, 1876, ontleend aan K.E. Cooper 1968.
41. FOX, R.H.; GOLDSMITH, R.; KIDD, D.J.; LEWIS, H.E.: Acclimatization to heat in man by controlled elevation of body temperature. *J.Physiol. (Lond.)* 1963, 166, 530.
42. GALPIN, O.P.; O'BRIEN, P.K.: Prolongation of tendon reflexes in ischaemia. *Lancet* 1964, 2, 209.
- 42a. GASSER, H.S.: The relation of the shape of the action potential of nerve to conduction velocity. *Amer.J.Physiol.* 1928, 84, 699.
43. GENNES, L. DE; DESCHAMPS, H.: Réflexogramme achilléen: test de la fonction thyroïdienne. *Presse Med.* 1961, 69, 1543.
44. GERBRANDY, J.; SNELL, E.S.; CRANSTON, W.I.: Oral, rectal and oesophageal temperatures in relation to central temperature control in man. *Clin.Sci.* 1954, 13, 615.
45. GERBRANDY, J.; SNELL, E.S.; CRANSTON, W.I.: Temperatuursregulatie bij de mens. *Geneesk.Bladen* 1955, 251.
46. GILSON, W.E.: Achilles-reflex recording with a simple photomotograph. *New Engl.J.Med.* 1959, 260, 1027.
47. GLENNON, J.A.; REINFRANK, R.F.: Achilles tendon reflex time in obesity. *J.Amer.Med.Ass.* 1966, 195, 229.
48. GORDON, E.: Abnormal energy metabolism in obesity. *Trans.Ass.Amer.Physicians* 1962, 75, 118.
49. GORDON, M.B.: The Achilles reflex test in the diagnosis of thyroid dysfunction. *Med.Tms. (Lond.)* 1962, 90, 915.
50. GULL, W.: Sur le myxoedème. *Arch.Gen. De.Med.* 1879, 143, 677. Cit. Nørdyke en Gilbert 1970.
51. HARRELL, G.T.; DANIEL, D.: Delayed relaxation of tendon reflexes as an aid in the diagnosis of myxoedema. *N.Carolina Med.J.* 1941, 2, 549.
- 51a. HART, I.R.; KUWAYTI, K.; KHAN, S.A.; FOWLER, P.B.S.; BANIM, S.O.; IKRAM, H.: Ankle reflex and thyroid function. *Lancet* 1973, 1, 372.
- 51b. HENRIKSEN, J.D.: Conduction velocity of motor nerves in normal subjects and patients with neurological disorders. Thesis, Univ. of Minnesota, Minneapolis 1956, gecit. door Abramson(2).
52. HIRST, D.V.: Refinement in technique and interpretation of muscle contraction time (MCT) used as an office test of thyroid function. *Amer.J.Obstet.Gynec.* 1963, 87, 80.
53. HÖFER, R.; OGRIS, E.; ROSZUCZKY, A.: Achillessehnenreflex-Schreibung. *Münch.Med.Wschr.* 1964, 106, 1323.
54. HOFFMAN, F.; HOLMGREN, B.: Mechanical response of skeletal muscle in normal hyperthyroid and hypothyroid rats. *Acta Physiol.Latino Am.* 1953, 3, 25.
55. HOUSTON, C.S.: The diagnostic importance of the myxoedema reflex (Woltman's sign.). *Canad.Med.Ass.J.* 1958, 78, 108.
56. HUNTON, R.B.; WELLS, M.V.: Ankle reflex recordings in diabetics. *Amer.J.Med.Sci.* 1966, 251, 277.

57. JOHNSON, B.L.; JOKL, E.; JOKL, P.: The effect of exercise upon the duration of the triceps surae stretch reflex. *J. Ass. Phys. Ment. Rehab.* 1963, 17, 172.
58. JOHNSON, E.W.; OLSEN, K.J.: Clinical value of motor nerve conduction velocity determination. *J. Amer. Med. Ass.* 1960, 172, 2030.
59. JORFELDT, L.; WAHREN, J.: Leg blood flow during exercise in man. *Clin. Sci.* 1971, 41, 459.
60. KATZ, H.P.; ROBINSON, T.A.: The normal Achilles tendon reflex time in children as measured with the photomograph. *Pediatrics*, 1967, 70, 772.
61. KIEFFER, J.; THOM, A.F.; COELHO NETO, A.; ZANCANER, W.; PIERONI, R.R.: Diagnostic value of the Achilles tendon reflex in thyroid diseases. *Arq. Bras. Endocrin. Metab.* 1966, 15, 55.
62. KIMURA, N.: On the Achilles tendon reflex recorded by new strain-gauge method. *Hiroshima J. Med. Sci.* 1967, 16, 139.
63. KISSEL, P.; HARTEMANN, P.; DUC, M.; DUC, M.L.: Le réflexogramme achilléen dans les dysthyroïdies et dans les troubles du métabolisme électrolytique. *Presse Méd.* 1964, 72, 2201.
64. KISSEL, P.; HARTEMANN, P.; DUC, M.: Les syndromes myo-thyroïdiens. Paris: Masson & Cie. 1965.
65. KISSEL, P.; DEBRY, G.; DUC, M.; VAILLANT, G.; DUC, M.L.: Le réflexogramme achilléen chez les diabétiques. *Presse Méd.* 1966, 74, 111.
66. KLUGMAN, L.H.; DURBACH, D.: A study of the ankle jerk in thyroid disorders. *S.A. Tydskrif vir Geneeskunde* 1964, 38, 63.
67. KROSNICK, A.: Achilles tendon areflexia in diabetic patients. *J. Amer. Med. Ass.* 1964, 190, 134.
68. LAMBERT, E.H.; UNDERDAHL, L.O.; BECKETT, S.; MEDEROS, L.O.: A study of the ankle jerk in myxedema. *J. Clin. Endocrin.* 1951, 11-2, 1186.
69. LAWSON, J.D.: The free Achilles reflex in hypothyroidism and hyperthyroidism. *New Engl. J. Med.* 1958, 259, 761.
70. LAWSON, J.D.; WEISSBEIN, A.S.: The free Achilles reflex during treatment of hyperthyroidism. *Amer. J. Med. Sci.* 1959, 238, 75.
71. LAWSON, J.D.; WEISSBEIN, A.S.: The effect of parenteral vitamin B₁₂ on muscle contraction in hypothyroidism. *Amer. J. Med. Sci.* 1960, 239, 77.
72. LEADING ARTICLES: Diagnosis of myxoedema. *Brit. Med. J.* 1960, I, 115.
73. LEADING ARTICLES: Tendon reflexes in myxoedema. *Brit. Med. J.* 1962, I, 999.
74. LEADING ARTICLES: Ankle jerk as a measure of thyroid function. *Brit. Med. J.* 1965, I, 140.
75. LENMAN, J.A.R.; RITCHIE, A.E.: "Clinical Electromyography. Londen: Pitman Medical, 1970.
76. LINQUETTE, M.; DUBRULE, FOSSATI, P.; MAY, J.P.; MANGEOT, J.P.: Le réflexogramme achilléen dans l'exploration fonctionnelle thyroïdienne. *Lille Médical* 1965, 10, 473.
77. Mac KINNEY, W. T.; PRANGE, A. J.; COCHRANE, C. M.; DOWNIE, A. W.: The effect of reserpine on the Achilles reflex in normal young men. *Experientia* 1965, 21, 658.
78. MANN, A.S.: The value of kinemography in the diagnosis of thyroid dysfunction. *Amer. J. Med. Sci.* 1963, 245, 317.
79. MARSDEN, C.D.; GIMLETTE, T.M.D.; McALLISTER, R.G.; OWEN, D.A.L.; MILLER, T.N.: Effect of β -adrenergic blockade on finger tremor and achilles reflex time in anxious and thyrotoxic patients. *Acta Endocrinologica* 1968, 57, 353.

80. MÉTRAL, S.; MONOD, H.; KETELAER, P.; MOURITZEN, A.; SKORPIL, V.: Enregistrement potentiométrique du réflexe achilléen (Technique et résultats). *Entretiens de Bichat-Médecine* 1970, 1, 239.
81. MILES, D.W.; SURVEYOR, I.: Role of the ankle-jerk in the diagnosis and management of thyroid disease. *Brit.Med.J.* 1965, 1, 158.
82. MOULOPOULOS, S.D.; KOUTRAS, D.A.; KRALIOS, A.C.: A simple inexpensive method for recording Achilles tendon reflexes. *Lancet* 1964, 1, 85.
83. MURRAY, I.P.C.; SIMPSON, J.A.: Acroparaesthesia in myxoedema. A clinical and electromyographic study. *Lancet* 1958, 1, 1360.
84. NORDYKE, R.A.; GILBERT, F.J.: Mass screening for hypothyroidism by the achilles reflex time. *Arch.Environm.Health* 1967, 14, 827.
85. NORDYKE, R.A.: Screening for thyrotoxicosis by the Achilles reflex time. *Pac.Med. & Surg.* 1966, 74, 8.
86. NORDYKE, R.A.; GILBERT Jr., F.I.: The Achilles reflex thyroid function test: evaluation of a new instrument. *Am.J.Med.Sci.* 1970, 259, 419.
87. NORTH, K.A.K.: The Achilles reflex in thyrotoxicosis. *N.Z.Med.J.* 1967, 66, 16.
88. NUKI, G.; BAYLISS, R.I.S.: The Achilles tendon reflex as an index of thyroid function. *Postgrad.Med.J.* 1968, 44, 97.
89. NUTTALL, F.Q.; DOE, R.P.: The Achilles reflex in thyroid disorders. *Ann.Intern.Med.* 1964, 61, 269.
90. NUTTALL, F.Q.: Reflex speed recording, an aid in the diagnosis of thyroid disorders. *Postgraduate Medicine* 1966, 40, 50.
91. ORD, W.M.: Address in medicine on some disorders of nutrition related with affections of the nervous system. *Brit.Med.J.* 1884, Aug. 2, 205.
92. PETAJAN, J.H.; EAGAN, C.J.: Effect of temperature, exercise, and physical fitness on the triceps surae reflex. *J.Appl.Physiol.* 1968, 25, 16.
93. PETAJAN, J.H.; WATTS, N.: Effects of cooling on the triceps surae reflex. *Amer.J.Phys. Med.* 1962, 41, 240.
94. QUIGLEY, M.; HALES, I.: Achilles tendon reflex in the diagnosis of thyroid disease. *Med.J. Austr.* 1963, 2, 615.
95. REINFRANK, R.F.; KAUFMAN, R.P.; WETSTONE, H.J.; GLENNON: Observations on the Achilles reflex test. *J.Amer.Med.Ass.* 1967, 199, 1.
96. RICHARDS, A.G.: The "myxedema reflex" as a presenting sign in sarcoidosis. *Canadian Med. Ass.J.* 1962, 86, 32.
97. RINGQVIST, I.: Achilles reflex time as a measure of thyroid function. *Acta Med.Scand.* 1970, 188, 231.
98. RIVES, K.L.; FURTH, E.D.; BECKER, D.V.: Limitations of the ankle jerk test; intercomparison with other tests of thyroid function. *Ann.Int.Med.* 1965, 62-2, 1139.
99. ROBSON, A.M.; HALL, R.; SMART, G.A.: A critical evaluation of the tendon reflex measurement as an index of thyroid function. *Postgrad.Med.J.* 1965, 41, 518.
- 99a. ROSENBERG, H.; SUGIMOTO, T.: Ueber die physikochemischen Bedingungen der Erregungsleitung im Nerven. *Biochem.Z.* 1925, 156, 262.
100. ROTHSCILD, B.: Über Veränderungen der Reflexzeit beim Diabetiker. *Dissertation, Zürich* 1963.

101. SABEH, G.; SARVER, M.E.; MOSES, C.; DANOWSKI, T.S.: Triiodothyronine binding to red blood cells and Achilles tendon reflex as thyroid indices. *Amer.J.Med.Sci.* 1964, 248, 253.
102. SANER, R.; ZENTNER, P.; FANKHAUSER, S.: Ueber den diagnostischen Wert des Elektrokardiogramms und der Achillessehnenreflexzeit bei der Hyperkaliämie. *Schweiz.Med.Wschr.* 1968, 91, 1137.
103. SCHWARTZ, N.B.; INGOLD, H.; HAMMOND, G.E.; GRONERT, G.A.: Role of temperature in determining effects of thyroxine and propyl-thiouracil on the motor unit. *Amer.J.Physiol.* 1960, 198-1, 456.
104. SHARPE, A.R.: A simple isotope method for recording the Achilles tendon reflex in myxedema. *J.Lab.Clin.Med.* 1961, 57, 165.
105. SHELTON, W.H.; BISHOP, M.P.; GALLANT, D.M.: The Achilles reflex and antipsychotic drugs. *Current Therapeutic Research* 1969, 11, 22.
106. SHERMAN, L.: Reflex changes in myxedema. *New Engl.J.Med.* 1962, 266, 1120.
107. SHERMAN, L.; GOLDBERG, M.; LARSON, F.C.: The Achilles reflex; a diagnostic test of thyroid dysfunction. *Lancet* 1963, I, 243.
108. SHERMAN, L.: The Achilles reflex. *Lancet* 1963, 2, 942.
109. SIMPSON, G.M.; BLAIR, J.H.; NARTOWICZ, G.R.: Prolonged Achilles reflex in neurosyphilis simulating the "myxedema reflex". *New Engl.J.Med.* 1963, 268, 89.
110. SIMPSON, G.M.; BLAIR, J.H.; NARTOWICZ, G.R.: Diagnostic limitations of Achilles tendon reflex in thyroid disease. *New York State J.Med.* 1963, 63, 1148.
111. SMART, G.A.; ROBSON, A.M.: A simple method for recording Achilles tendon reflexes. *Lancet* 1963, 1, 363.
112. TSCHUDI, N.: Die Bedeutung des Achillessehnenreflexes in der Schilddrüsenfunktionsdiagnostik im Vergleich mit anderen Schilddrüsenfunktionsprüfungen. *Praxis* 1966, 55, 858.
113. TUBIANA, M.; GUÉRIN, J.C.; LELLOUCH, J.; PEREZ, R.: Étude comparative du réflexogramme achilléen et des autres tests de la fonction thyroïdienne. *Presse Méd.* 1967, 75, 375.
114. VERDY, M.; LAPIERRE, J.; SANSOUCY, H.; LEFEBVRE, R.: Shortening of Achilles reflex time after exercise. *J.Amer.Med.Ass.* 1968, 204, 71.
115. VISSER, J.L.: De betekenis van de Achillespeesreflex voor de schildklierdiagnostiek. Proefschrift, Groningen 1970.
116. VULPE, M.; MARTINEZ, A.: Rapid estimation of thyroid function by photomotography. *Canad.Med.Ass.J.* 1964, 91, 101.
117. WAAL-MANNING, H.J.: Effect of propranolol on the duration of the Achilles tendon reflex. *Clin.Pharmacol.Therapeutics* 1969, 10/2, 199.
118. WALDSTEIN, S.S.; BRONSKY, D.; SHRIFTER, H.B.; OESTER, Y.T.: The electromyogram in myxedema. *Arch.Intern.Med.* 1958, 101, 97.
119. WALKER, S.M.: Potentiation of twitch tension and prolongation of action potential induced by reduction of temperature in rat and frog muscle. *Am.J.Physiol.* 1949, 157, 429.
120. WALL, R.L.; UMLAUF, H.J.; GEPPER, L.J.: Muscle reflex patterns in infancy and childhood. *Pediatrics* 1964, 64, 701.
121. WALLIS, A.T.: A central recording system for medical research. *World Medical Electronics*, 1967, 36.
122. WALLIS, A.T.; MEEK, N.G.J.: Clinical and experimental applications of a central recording system. *New Zeal.Med.J.* 1968, 67, 356.

123. WARDROP, C.; HUTCHISON, H.E.: Red-cell shape in hypothyroidism. *Lancet* 1969, 1, 1243.
124. WAYNE, E.J.: Clinical and metabolic studies in thyroid disease. *Brit.Med.J.* 1960, 1, 78.
125. WEISSBEIN, A.S.; LAWSON, J.D.: Paradoxical lengthening of muscle contraction time in hypothyroid patients give small doses of 1-triiodothyronine, thyroxine and desiccated thyroid. *J.Clin.Endocr.* 1960, 20, 429.
126. WESTERMAN, R.F.; OTTOLANDER, G.J.H. DEN; GERBRANDY, J.: Body measures and ankle jerk. *Folia Med.Neerlandica* 1969, 12, 49.
127. WESTERMAN, R.F.; GERBRANDY, J.: Muscle temperature and ankle jerk. *Folia Med.Neerlandica* 1969, 12, 51.
128. YOUNG, J.A.: The Achilles tendon reflex in thyroid disease. *Scot.Med.J.* 1965, 1, 34.
129. ZACHMANN, M.: Influence of glucose and insulin administration on the Achilles tendon time. *Brit.Med.J.* 1967, 4, 528.
130. ZAMRAZIL, V.; NEMEC, J.; VANA, S.: Diurnal variations of the Achilles tendon reflex-time. *J.Endocr.* 1971, 49, 403.

GEBRUIKTE AFKORTINGEN

HRT = "helft-relaxatie-tijd" van de isotone achillespeesreflex

\bar{x} = gemiddelde van de elementen in een steekproef

n = omvang van de steekproef (aantal elementen)

s = standaardafwijking van de steekproef

r = correlatiecoëfficiënt van de steekproef

p = steekproeffractie

VERANTWOORDING

Aan de initiële gedachtenvorming droegen bij dr. G. J. H. den Ottolander, prof. dr. J. Gerbrandy, drs. H. C. van Elst, fysicus, prof. dr. M. W. van Hof. Voorts werd waardevolle hulp verkregen van prof. dr. J. W. G. ter Braak † en prof. dr. H. A. Valkenburg. Belangrijke technische bijstand werd verleend door de afdeling pathofysiologie: mej. J. Gohres en medewerkers; instrumentmakerij: de heer C. L. Wiltenburg; afdeling revalidatie: collega J. Gevers en de heer L. N. van der Hoek; afdeling elektroneurologie: collega C. H. Terpstra en medewerkers; laboratorium voor endocrinologie: dr. G. Hennemann en ir. R. Docter. Bij vele waarnemingen werd praktische hulp verleend door mej. L. M. Quist. Aan de realisering van tekst en figuren werkten mee mevr. P. G. M. Eggens-van der Roest, mevr. Th. de Kock-de Gier, mej. C. Swaab. Een bijzondere bijdrage werd geleverd door de audiovisuele dienst, vooral door mej. H. F. Spijker en de heer J. van Dijk. Het is niet mogelijk alle ruim 400 proefpersonen individueel te danken voor hun medewerking. Geduldig ondergingen zij het voor hen soms niet aangename onderzoek. Gaarne dank ik hen collectief. Uitzonderingen moeten gemaakt worden voor de extra inzet van de proefpersonen de collegae mej. J. A. Knoop, J. Krijger en dr. A. A. H. Meurs.

CURRICULUM VITAE AUCTORIS

De schrijver, geboren 16 augustus 1934, verkreeg in 1951 het diploma HBS-B te Amsterdam. Hij ving de studie in de geneeskunde aan in 1952 aan de Universiteit van Amsterdam en legde daar het artsexamen af in 1961. Hij was gedurende 3 jaren studentassistent op de afdeling anatomie (prof. dr. M. W. Woerdeman). De militaire dienstplicht vervulde hij van 1961 tot 1963 aan boord van Hr. Ms. "Friesland". De opleiding tot internist ontving hij van 1963 tot 1968 aan de afdeling inwendige geneeskunde I (prof. dr. J. Gerbrandy) van het Academisch Ziekenhuis Rotterdam-Dijkzigt. Op 1 februari 1968 werd hij ingeschreven in het specialistenregister. Tot op heden is hij als wetenschappelijk hoofdmedewerker aan genoemde afdeling verbonden.

