

Werken in magneetvelden rondom MRI-systemen - een onderzoek naar de blootstelling en de klachten

Hinkelien van Drooge^{1,2}, Marc Smeets³, Hans Kromhout¹

Samenvatting

De afgelopen tien jaar zijn door de systeemtesters van een afdeling waar MRI-systemen geassembleerd en getest worden regelmatig gezondheidsklachten gerapporteerd na het werken in magneetvelden. Er is echter weinig bekend over de factoren die een rol spelen bij het ontstaan van de klachten. Het onderzoek richtte zich op het verkrijgen van objectieve gegevens omtrent blootstelling aan en effecten van het werken in magneetvelden met als doel een gericht arbeidsgezondheidskundig beleid te kunnen ontwikkelen. De systeemtesters worden blootgesteld aan een sterk statisch magneetveld en een dynamisch magneetveld dat ontstaat door het bewegen van de systeemtesters in het statisch magneetveld. De blootstelling aan het dynamisch magneetveld is bepaald door het analyseren van bewegingspatronen. Systeemtesters die snel en vaak bewegen hebben een grotere blootstelling aan het dynamisch magneetveld dan systeemtesters die rustig en weinig bewegen. Gedurende drie weken is met dagelijkse vragenlijsten het klachtenpatroon op de afdeling MR-fabricage en een controlegroep geïnventariseerd. De klachten duizeligheid, concentra-

tieproblemen en metaalsmaak in de mond worden significant meer gerapporteerd op de afdeling MR-fabricage. Het ontstaan van klachten wordt met name bepaald door de veldsterkte van het systeem en de blootstelling aan het dynamisch veld. Met behulp van psychometrische testen van de NES-testbatterij is onderzocht of naast de klachten ook objectieve gezondheidseffecten waarneembaar zijn na blootstelling aan magneetvelden. De systeemtesters van MR-fabricage hebben op twee dagen, één dag zonder of met een lage blootstelling en één dag met een relatief hoge blootstelling voor en na het werk zes computergestuurde testen gericht op het concentratievermogen uitgevoerd. Een controlegroep heeft dit op één dag voor en na het werk gedaan. Slechts bij één test was een significante afname van de uitvoering gevonden bij een toenemende blootstelling aan het magneetveld. Op grond van de resultaten van de concentratietesten lijkt het niet direct noodzakelijk ingrijpende maatregelen te nemen. Wel zijn enkele aanbevelingen gedaan om de blootstelling en het ontstaan van klachten zoveel mogelijk te beperken.

Inleiding

Magnetic resonance imaging (MRI) is een moderne medische diagnose techniek gebaseerd op het fenomeen 'nuclear magnetic resonance'. Tijdens de scanprocedure worden met behulp van elektrische en magnetische velden zeer gedetailleerde drie dimensionale afbeeldingen van het lichaam gemaakt. Uit de conclusies van een uitgebreid literatuuronderzoek naar de effecten van het werken in magneetvelden (Simon, 1992) blijkt, dat door medewerkers van diverse instellingen gezondheidsklachten na blootstelling aan magneetvelden van MRI-systemen zijn gerapporteerd. Genoemd worden lichte duizeligheid, magneetfosfenen, hoofdpijn, spierstimulaties en metaalsmaak in de mond. In de bestaande literatuur zijn echter nog veel onduidelijkheden over de werkelijke effecten van de blootstelling van mensen aan magneetvelden.

Op de MR-fabricageafdeling, waar het onderzoek heeft plaatsgevonden, worden nieuwe MRI scan-systemen geassembleerd en getest. De systeemtesters van de afdeling MR-fabricage worden tijdens hun werkzaamheden met name blootgesteld aan een sterk statisch magneetveld (0,5, 1,0, of 1,5 Tesla) en een dynamisch veld dat ontstaat doordat de systeemtesters zich bewegen door het statische magneetveld. De afgelopen tien jaar zijn door de systeemtesters van de MR-fabricage regelmatig gezondheidsklachten gerapporteerd, waarvan men vermoedt dat ze gerelateerd zijn aan het werken in magneetvelden. Er is weinig bekend over de factoren die van invloed zijn op het ontstaan van de klachten. Tevens is het onbekend of er naast de klachten ook objectieve gezondheidseffecten waarneembaar zijn. Doel van het onderzoek was het verzamelen van

gegevens over de blootstelling en effecten om een adequaat beleid te kunnen bepalen ten aanzien van het werken in magneetvelden op de afdeling MR-fabricage en de ontwikkeling van nieuwe MR-technologie. Om dit te bereiken is het klachtenpatroon van de medewerkers in kaart gebracht en is met behulp van concentratietesten gekeken of naast de klachten ook objectieve effecten waarneembaar zijn. Daarnaast is onderzocht welke blootstellingsfactoren of persoonskenmerken gerelateerd zijn aan het ontstaan van de klachten. Ten slotte zijn aan de hand van de resultaten maatregelen ter beperking van de blootstelling en gezondheidsklachten geformuleerd.

Materialen en methode

Blootstellingsbeoordeling

De systeemtesters worden blootgesteld aan een sterk statisch magneetveld. Door het bewegen van de testers in het statisch magneetveld ontstaat een dynamisch magneetveld. Het bewegen in een statisch magneetveld wordt in de literatuur en door de systeemtesters in verband gebracht met het ontstaan van de klachten. Systeemtesters die veel en snel bewegen hebben een hogere blootstelling aan het dynamisch veld dan systeemtesters die in verhouding weinig en langzaam bewegen. Om vast te stellen of blootstelling aan het dynamisch magneetveld van invloed is op het ontstaan van klachten, is onderzocht of snelle bewegers meer klachten hebben en afwijkend scores op concentratietesten. De bewegingspatronen zijn geanalyseerd aan de hand van video-opnamen. De achttien systeemtesters van MR-fabricage hebben op twee verschillende dagen een aantal standaard testactiviteiten uitgevoerd, die een goed beeld geven van de bewegingen van een gehele systeemtest. De video-opnamen zijn gemaakt met vier camera's. Twee camera's gericht op het werkgebied

1 Afdeling Gezondheidsleer, Wageningen Universiteit, Postbus 238, 6700 AE Wageningen

2 Tegenwoordig werkzaam bij TNO Voeding, Zeist

3 Arbo Management Groep, BU Zuid, Eindhoven

voor rond de magneet en twee zogenaamde inbore camera's gericht op het werkgebied in de bore. Met behulp van een splitter zijn de beelden van vier camera's op één band opgenomen. De bewegingen zijn op twee dagen geanalyseerd om te onderzoeken of de bewegingspatronen van de systeemtesters van dag tot dag verschillen. De volgende vier factoren zijn gescoord:

1. aantal bewegingen in het werkgebied rond de magneet;
2. snelheid van bewegingen in het werkgebied rond de magneet;
3. aantal bewegingen in de bore;
4. snelheid van bewegingen in de bore.

Het aantal bewegingen is op basis van het absolute aantal per opname ingedeeld in vijf klassen, waarbij 1 zeer weinig en 5 zeer veel was. De snelheid van de bewegingen is eveneens beoordeeld op een schaal van 1 tot 5, waarbij 1 zeer langzaam was en 5 zeer snel. Vervolgens is een totaalscore berekend door de vier factoren met elkaar te vermenigvuldigen. Per persoon is de gemiddelde score over twee dagen berekend. Systeemtesters die gemiddeld lager scoorden dan de mediaan van alle persoonlijk gemiddelde scores, zijn als langzame bewegers aangemerkt en systeemtesters met een score hoger dan de mediaan als snelle bewegers.

Vragenlijst gezondheidsklachten en blootstellingsfactoren
Gedurende drie weken zijn door de systeemtesters van de MR-fabricage en door een controlegroep gezondheidsklachten gerapporteerd. De controlegroep bestond eveneens uit systeemtesters van medische apparatuur, waarbij geen sprake is van blootstelling aan magneetvelden. De klachten zijn gerapporteerd met behulp van een dagelijkse vragenlijst. In de vragenlijst werd gevraagd naar zestien gezondheidsklachten, waarbij kon worden aangestreept of de klachten tijdens de werkdag optraden en of deze klachten voor werktijd al aanwezig waren. De lijst is samengesteld op basis van klachten die in de literatuur reeds in verband zijn gebracht met het werken in magneetvelden, aangevuld met klachten die door de systeemtesters zijn genoemd. Ter validatie zijn enkele klachten opgenomen die verband houden met allergieën en voor zover bekend niet worden beïnvloed door magneetvelden. Op de afdeling MR-fabricage worden MRI-systemen met drie verschillende veldsterktes gemaakt. De blootstelling aan magneetvelden is afhankelijk van de testactiviteiten die worden uitgevoerd. Ongeveer één dag per week worden werkzaamheden uitgevoerd, waarbij geen blootstelling aan het magneetveld plaatsvindt. Om deze factoren die van invloed zijn op de blootstelling in kaart brengen, hebben de systeemtesters van MR-fabricage naast een vragenlijst dagelijks een activiteitenregistratieformulier ingevuld. Op het formulier werden de veldsterkte van de magneet waarbij ze werkten, de testactiviteiten die ze hebben uitgevoerd en een schatting van de duur van de blootstelling aan de magneetvelden aangegeven.

Concentratietesten

Concentratiezwakte is één van de genoemde klachten op de afdeling MR-fabricage en wordt alleen gerapporteerd na blootstelling aan het magneetveld. Met behulp van het 'Neurobehavioral Evaluation System' (NES2) is onderzocht of de blootstelling aan het magneetveld van invloed is op bepaalde functies van het centrale zenuwstelsel. De NES2 bestaat uit een serie computergestuurde psychometrische testen. De testen

zijn ontwikkeld door Baker en Letz (1986) en door TNO geschikt gemaakt voor gebruik in Nederland (Emmen et al, 1992). Voor het onderzoek zijn zes testen geselecteerd, die betrekking hebben op een aantal functies van het centrale zenuwstelsel: motoriek, aandachtvermogen, perceptie en kortetermijngeheugen (tabel 1). De testen zijn uitgevoerd met behulp van een IBM-PC met kleurenmonitor, joystick en drukknoppen.

De systeemtesters van MR-fabricage hebben op twee dagen, voor en na het werk, de testen uitgevoerd. Het betrof één dag met weinig of geen blootstelling (minder dan 10 minuten) en één dag met een relatief lange blootstelling (meer dan 20 minuten) aan de magneetvelden. De systeemtesters van de controlegroep hebben één dag voor en na het werk de testen uitgevoerd. De mogelijke aanwezigheid van langdurige effecten van blootstelling aan magneetvelden is onderzocht door de testscore van de ochtendtesten van de twee afdelingen met elkaar te vergelijken.

De aanwezigheid van acute effecten gedurende de werkdag is onderzocht door het verschil in testcores tussen de ochtend- en middagtesten van de controlegroep en de twee blootstellingscategorieën van MR-fabricage te analyseren. Tevens is binnen MR-fabricage onderzocht of er een verband was tussen het verschil in individuele testcores tussen de ochtend- en middagtest en de duur van de blootstelling aan het statische magneetveld.

NES-test	test functie	test parameter
1 Vingertappen - schrijfhand - niet-schrijfhand - om en om	motoriek	aantal vingertaps
2 Hand-oog coördinatie - sinusvorm - zaagtandvorm	motoriek	afwijking (beeldpixels)
3 Simpele reactietijd	aandacht	tijd (milliseconde)
4 Wisselende aandacht - blokken - pijl - blok/pijl	aandacht	tijd (milliseconde)
5 Symbool/cijfer combinatie herkennen	perceptie/ informatie verwerking	tijd (seconde)
6 Cijferreeks omgekeerde volgorde reproducieren	kortetermijn- geheugen	aantal getallen

Tabel 1. Geselecteerde NES-testen met testfunctie en testparameter.

Statistische analyse

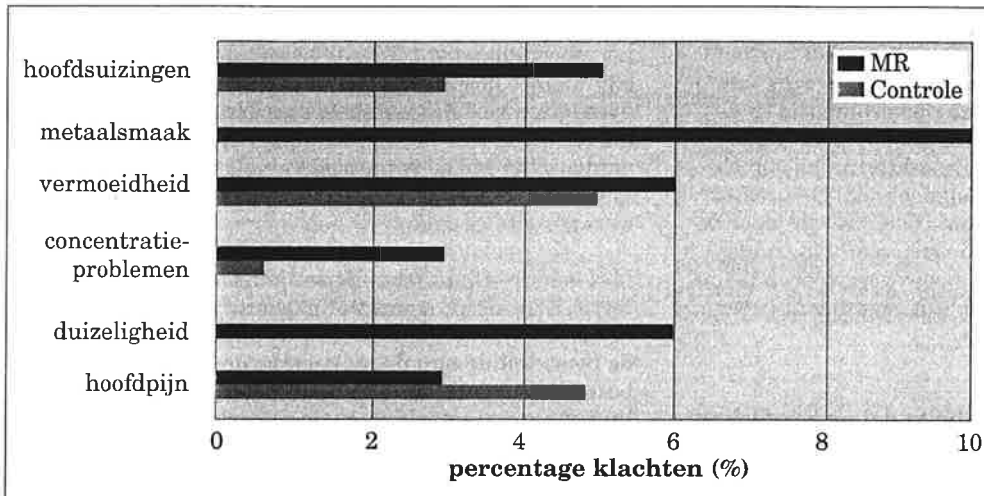
Alle statistische analyses zijn uitgevoerd met behulp van het Statistical Analysis System (SAS, 1994). Met behulp van de toets van Kruskal-Wallis is statistisch getoetst of een significant verschil aanwezig was tussen het aantal gerapporteerde klachten op de afdeling MR-fabricage en de controlegroep. Het verschil in uitvoering van de concentratietesten tussen de drie blootstellingscategorieën is eveneens getoetst met de toets

van Kruskal-Wallis. Verder is met regressie-analyse (General Linear Models) de relatie tussen de duur van de blootstelling en de uitvoering van de concentratie-testen onderzocht.

Resultaten

Klachteninventarisatie

Op de afdeling MR-fabricage werkten ten tijde van het onderzoek achttien systeemtesters en op de controle-afdeling twintig. Gedurende de drie weken dat de klachteninventarisatie plaatsvond zijn er 215 vragenlijsten ingevuld door de systeemtesters van MR-fabricage en 245 vragenlijsten door de controlegroep. In totaal zijn er door de systeemtesters van MR-fabricage 70 klachten gerapporteerd en door de controlegroep 39 klachten. Op beide afdelingen werd door twaalf systeemtesters gedurende de klachteninventarisatie eenmaal of vaker een gezondheidsklacht gerapporteerd.



Figuur 1. Percentages van de belangrijkste gezondheidsklachten gerapporteerd door systeemtesters van MR-fabricage en de controlegroep.

Figuur 1 geeft een overzicht van de belangrijkste resultaten van de klachteninventarisatie.

De klachten metaalsmaak en duizeligheid werden alleen gerapporteerd door systeemtesters van de afdeling MR-fabricage. Op beide afdelingen werden de klachten hoofdsuizingen, vermoeidheid, concentratieproblemen en hoofdpijn gerapporteerd. Hoofdsuizingen en vermoeidheid komen iets meer voor op MR-fabricage; moeite met concentreren komt significant meer (Kruskal-Wallis test) voor. Hoofdpijn werd vaker gerapporteerd door de controlegroep.

Tabel 2 geeft een overzicht van de relatie tussen de verschillende blootstellingsfactoren en het ontstaan van klachten. Op dagen dat geen blootstelling aan het magneetveld heeft plaatsgevonden en bij een veldsterkte van 0,5 Tesla werd slechts één klacht gerapporteerd. Bij de twee hogere veldsterkten werden veel meer klachten gerapporteerd. Het verschil in het aantal gerapporteerde klachten bij magneten met verschillende veldsterkten is statistisch significant. De invloed van de duur van de blootstelling aan het statisch magneetveld is onderzocht door de dagen waarop klachten zijn gerapporteerd in te delen op basis van de door systeemtesters geschatte verblijfstijd in het magneetveld. De dagen zijn ingedeeld in drie categorieën: dagen zonder blootstelling, dagen met een verblijfstijd in de magneetvelden tot twintig minuten, en een verblijfstijd langer dan twintig minuten. De grens van twintig minuten is gekozen, omdat dit de mediaan

was van de verdeling van de door de systeemtesters zelf geschatte verblijfstijden in de magneetvelden. Het aantal gerapporteerde klachten bij een verblijfstijd groter of kleiner dan twintig minuten is vergelijkbaar. Snelle bewegers, die in verhouding een hogere blootstelling aan het dynamische magneetveld hebben, rapporteren veel meer klachten dan langzame bewegers. Het verschil tussen het aantal gerapporteerde klachten door snelle en langzame bewegers is significant.

NES-testen

De invloed van de blootstelling aan magneetvelden is beoordeeld door vergelijking van de testresultaten van de drie verschillende blootstellingscategorieën: de systeemtesters van MR-fabricage op een dag met een hoge blootstelling (>20 minuten), op een dag met een lage blootstelling (<10 minuten) en de controlegroep. Leeftijd en opleidingsjaren en -niveau kunnen van invloed zijn op de uitvoering van de testen, maar

waren vergelijkbaar voor de twee onderzochte groepen medewerkers. Een correctie voor deze drie factoren was daardoor niet nodig. Tabel 3 geeft de gemiddelde scores weer van de ochtenden de middagtest per blootstellingscategorie. Bij de testen gericht op de motoriek, de hand-/oogcoördinatie, de perceptie en het kortetermijngeheugen was bij alle drie de groepen een verbetering te zien bij de middagtest ten opzichte van de ochtendtest. Het niveau

van de verbetering was voor de drie groepen nagenoeg gelijk. Bij de simpele reactietijdtest was bij de controlegroep geen verschil tussen uitvoering van de ochtend-

Blootstellingsfactor	Blootstellingscategorie	Aantal klachten	Aantal dagen	Klachtenpercentage (%) [*]
veldsterkte statisch veld	geen blootstelling	1	3	33
	0,5 Tesla	1	38	3
	1,0 Tesla	9	54	17
	1,5 Tesla	58	90	64
blootstellingsduur	geen blootstelling	1	33	3
	< 20 minuten	37	105	35
	> 20 minuten	31	77	40
dynamisch veld	langzame bewegers	6	99	6
	snelle bewegers	63	116	54

^{*} Percentage klachten van het totaal aantal dagen dat klachten kunnen worden gerapporteerd.

Tabel 2. Aantal gezondheidsklachten in relatie tot kenmerken van de blootstelling aan magneetvelden.

en middagtest. Op de afdeling MR-fabricage was zowel bij de korte als de lange blootstelling sprake van een verslechtering gedurende de werkdag.

De enkelvoudige aandachtstesten (blok en pijl) werden door de controlegroep en de systeemtesters van de MR-fabricage met een korte blootstelling aan de magneetvelden 's middags beter uitgevoerd dan 's ochtends. Bij de werknemers met een lange blootstelling aan het magneetveld bleef de uitvoering van de test gelijk. Bij de gecombineerde aandachtstest (blok/pijl) was bij alle drie de groepen een verbetering gedurende de werkdag te zien. De verbetering van de groep medewerkers die lang blootgesteld waren aan het magneetveld was echter in verhouding kleiner dan de verbetering van de andere twee groepen. Bij de reactietijd- en de aandachtstesten lijkt de blootstelling aan het magneetveld een negatieve invloed te hebben op de uitvoering van de testen. De verschillen tussen de blootstellingscategorieën bij de reactietijdtest en de aandachtstesten zijn echter niet significant.

De relatie tussen de duur van de blootstelling en het concentratievermogen is onderzocht door het verband te bepalen tussen het verschil van de uitvoering van de ochtend- en de middagtesten en de verblijfstijd in de magneetvelden. Bij de test gericht op de perceptie is sprake van een significante verslechtering bij een toenemende verblijfstijd in het magneetveld. De invloed van het dynamisch magneetveld is onderzocht door de uitvoering van de testen van de snelle en langzame bewegers te vergelijken. Snelle bewegers voeren testen zowel bij lage als hoge blootstelling significant beter uit dan de langzame bewegers.

Discussie en conclusies

Uit de klachteninventarisatie blijkt dat op de afdeling MR-fabricage de klachten duizeligheid, concentratieproblemen en metaalsmaak met name zijn gerelateerd aan de blootstelling aan magneetvelden. Hoofdpijn en vermoeidheid worden ook veel gerapporteerd, maar deze klachten komen in dezelfde mate voor op de controleafdeling, waardoor de invloed van blootstelling aan de magneetvelden op het ontstaan van de klachten niet waarschijnlijk is. Duizeligheid, hoofdpijn en metaalsmaak zijn in de literatuur reeds eerder in verband gebracht met de blootstelling aan statische mag-

neetvelden (Simon, 1992).

De veldsterkte van het MRI-systeem is significant gerelateerd aan het totaal aantal klachten dat werd gerapporteerd. Hoewel de blootstelling aan het magneetveld gerelateerd is aan het rapporteren van klachten, blijkt de duur van de blootstelling veel minder van invloed. Zowel bij een korte als een lange blootstelling zijn veel klachten gerapporteerd. Het bewegingspatroon en het daarvan afgeleide dynamische veld bleek wel sterk gerelateerd aan het rapporteren van klachten.

De blootstelling aan het dynamische veld is bepaald door observatie. Een dosimeter zou een zeer geschikt instrument kunnen zijn. Ten tijde van het onderzoek (1997) was er echter geen dosimeter beschikbaar voor het meten van dynamische velden die ontstaan door het bewegen in een sterk statisch veld. Er was alleen een dosimeter beschikbaar voor het meten van het statische veld. Deze dosimeter had echter slechts een door de fabrikant gegarandeerd bereik tot 300 mT. Dit was niet toereikend voor de situatie op MR-fabricage, waar magneetvelden tot 1,5 Tesla aanwezig zijn. Momenteel zijn nieuwe dosimeters in ontwikkeling waarmee het dynamisch veld dat ontstaat door het bewegen in een (sterk) statisch veld kan worden gemeten. Het verdient aanbeveling in een eventueel vervolgonderzoek de mogelijkheden voor het gebruik van deze nieuwe dosimeters na te gaan.

Met behulp van psychometrische testen van de NES-testbatterij is onderzocht of naast de klachten ook objectieve gezondheidseffecten waarneembaar zijn na de blootstelling aan de magneetvelden. Met de NES-testbatterij is onderzocht wat de invloed is van blootstelling aan magneetvelden op de motoriek, het aandachtsvermogen, de perceptie en het kortetermijngeheugen. Een significant verschil in uitvoering van de testen tussen de drie blootstellingscategorieën - de systeemtesters van de afdeling MR-fabricage op dagen met een korte blootstelling en op dagen met een lange blootstelling en de controlegroep - was niet aantoonbaar. Snelle bewegers voeren zowel bij een hoge als een lage blootstelling de testen beter uit dan langzame bewegers. Slechts bij de uitvoering van de symbool/cijfer-combinatietest, die de perceptie en de informatieverwerking

Naam test	gem. controle groep ochtend	gem. controle groep middag	gem. MR laag blst. ochtend	gem. MR laag blst. middag	gem. MR hoog blst. ochtend	gem. MR hoog blst. middag
vingertapping schrijfhand (1)	177 (29)	194 (24)	180 (24)	188 (32)	179 (23)	189 (29)
vinger tapping niet-schrijfhand (1)	165 (23)	177 (17)	168 (30)	170 (31)	162 (26)	168 (24)
vingertapping om en om (1)	228 (51)	252 (43)	197 (71)	224 (45)	218 (63)	232 (52)
hand/oog coördinatie sinus (2)	1.53 (0.30)	1.33 (0.29)	1.48 (0.41)	1.27 (0.28)	1.33 (0.28)	1.22 (0.25)
hand oog coördinatie zaag (2)	1.84 (0.34)	1.71 (0.23)	1.92 (0.28)	1.74 (0.20)	1.84 (0.22)	1.72 (0.17)
simpele reactietijd test (3)	237 (21)	235 (19)	231 (31)	237 (30)	236 (30)	242 (41)
aandachtstest blok (3)	276 (39)	261 (27)	274 (40)	258 (43)	258 (37)	260 (36)
aandachtstest pijl (3)	407 (62)	373 (52)	385 (57)	377 (57)	377 (55)	379 (50)
aandachtstest blok/pijl (3)	628 (199)	498 (128)	612 (204)	492 (143)	520 (174)	444 (130)
symbool /cijfer combinatieherkennen (4)	2.22 (0.25)	2.02 (0.18)	2.25 (0.23)	2.11 (0.21)	2.18 (0.27)	2.06 (0.19)
getallenreeks achterwaarts reproduceren (5)	5.62 (1.19)	6.03 (1.36)	6.15 (1.28)	6.54 (1.28)	6.70 (1.02)	7.02(1.20)
() = standaard deviatie	2 = aantal beeldpixels		4 = seconde			
1 = aantal taps	3 = milli seconde		5 = aantal onthouden getallen			

Tabel 3. Gemiddelde scores NES-testen per blootstellingscategorie voor de ochtend- en middagtest.

test, werd een kleine, maar significante afname bij toenemende blootstellingsduur aan het statisch magneetveld gevonden.

De NES-batterij wordt veel gebruikt in onderzoeken naar het effect van oplosmiddelen bij schilders en van pesticiden in de landbouwsector. Daarbij is meerdere malen een significante verslechtering van de uitvoering van de testen aangetoond (Emmen et al, 1992). De reden, dat ondanks de klachten van de systeemtesters van MR-fabricage, nauwelijks significante verschillen in uitvoering van de testen zijn aangetoond, is mogelijk dat de klachten duizeligheid en concentratieproblemen zeer acuut zijn.

De NES-batterij is op zijn vroegst vijf minuten, maar in de meeste gevallen veel langer na de blootstelling aan het magneetveld afgenomen, waardoor mogelijke acute effecten niet meer aantoonbaar waren.

Op grond van de resultaten van de concentratietesten lijkt het niet direct noodzakelijk ingrijpende maatregelen te nemen. Wel zijn enkele aanbevelingen gedaan om de blootstelling en het ontstaan van de gezondheidsklachten zoveel mogelijk te beperken. Aan het afdelingsmanagement is geadviseerd om een systeem op te zetten, waarmee de klachten doorlopend kunnen worden geregistreerd. Bij een toename van het aantal klachten of van veranderende werkomstandigheden waarbij de blootstelling aan de magneetvelden toeneemt, is een vervolgonderzoek gewenst. Verder is benadrukt dat het belangrijk is om op de hoogte te blijven van nieuwe onderzoeksmethoden en -resultaten,

die meer duidelijkheid geven over de gezondheidseffecten van het werken in magneetvelden. Aan de systeemtesters is aangeraden om de blootstelling aan de magneetvelden zoveel mogelijk te beperken en in de magneetvelden zo weinig en rustig mogelijk te bewegen.

Naschrift

Dank wordt uitgesproken jegens de medewerkers van de afdeling MR-fabricage en de controlegroep, de begeleidingscommissie van het onderzoek, H.H. Emmen van TNO Voeding in Zeist voor de medewerking en betrokkenheid bij het onderzoek, en L. Preller van TNO Voeding in Zeist voor het kritische commentaar bij het schrijven van dit artikel.

Literatuur

- Bracken T.D., Electric and magnetic fields in a magnetic resonance imaging facility: measurements and exposure assessment procedures, report prepared for the National Institute of Occupational Safety and Health, USA, 1994.
- Emmen H.H., Hooisma, J., Kulig B.M., Brouwer E.J., Health in relation to occupational exposure to pesticide in the dutch flower bulb culture, Rapport voor Ministerie voor Sociale Zaken, 1992.
- Muijser H, Geuskens R.B.M., Hooisma J., Emmen H.H., Kulig B.M., Behavioral effects of exposure to organic solvents in carpet layers, Neurotoxicology en Teratology 18, 4, 455-462, 1996.
- Phillips M.L., Industrial hygiene investigation of a static magnetic resonance facility, Appl. Occup. Environm. Hyg. 5, 353-358, 1990.
- Simon N.J., A review: Biological effects of static magnetic fields, International Cryogenic Materials Commission, USA, 1992.