

**NEDERLANDS
MILITAIR GENEESKUNDIG
TIJDSCHRIFT**

Uitgegeven door het Ministerie van Defensie onder verantwoordelijkheid van de Voorzitter van het Militair Geneeskundig Comité.

REDACTIE

J. de Lange,
kolonel (hmv) b.d. (hoofdredacteur)

M.J.J. Hoebenbos,
kapitein ter zee-arts

Dr. H.A. Hoogendoorn,
kolonel-arts

J.G.A. Leijh,
luitenant-kolonel (hmv)

M. van Ormondt,
arts

L.B.G.M. Tinsel,
luitenant-kolonel-tandarts

Dr. D.J. Versluis,
kolonel-arts

M.L. Vervelde,
kapitein-apotheker

B. Voorsluijs,
kolonel-vliegerarts.

ADMINISTRATIE

NMGT, postbus 20701,
2500 ES 's-Gravenhage.
Telefoon 070-3187159 of 03417-54169.
Fax 070-3187701

ADRESWIJZIGINGEN

Alle adreswijzigingen en vragen richten aan de administratie. Verzoeken steeds de complete adreswijziging bij te voegen.

DRUK

Drukkerij Hub. Tonnaer,
Postbus 10060 - 6000 GB Weert.

ADVERTENTIE-EXPLOITATIE

NABER
MEDIA EXPLOITATIE

Naber Media Exploitatie
Postbus 6751 - 6075 ZH Herkenbosch
Telefoon 04752-5108 - Fax 04752-6404

VERSPREIDING

Het NMGT wordt kosteloos gezonden aan alle beroeps-, reserve- en dienstplichtige officieren en onderofficieren, alsmede de daarmee gelijkgestelde burgerambtenaren, van de militair-geneeskundige diensten, alsmede naar alle militair-geneeskundige eenheden en inrichtingen en naar civiele geneeskundige instellingen. Men kan zich ook op het NMGT abonneren; abonnementsprijs voor Nederland, België en Nederlandse Antillen, f 23,50 per jaar; alle overige landen f 34,00 per jaar; losse nummers f 4,75 (incl. 6% BTW).

VOORBEHOUD

Plaatsing van een artikel in dit tijdschrift houdt niet in, dat de inzichten van de schrijver worden gedeeld door de Voorzitter van het Militair Geneeskundig Comité en de redactie. Het adverteren in dit blad kan het verkrijgen van voorkeur voor leveranties aan de Geneeskundige Diensten van de Koninklijke Marine, de Koninklijke Landmacht en de Koninklijke Luchtmacht niet inhouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de redactie van dit tijdschrift.

**NETHERLANDS MILITARY
MEDICAL REVIEW**

Edited under the responsibility of the Chairman of the Military Medical Committee. Postbox 20701, 2500 ES The Hague (Netherlands). Telephone 070-3187159 or 03417-54169. All rights reserved. ISSN 0369-1811

Inhoud



Oorspronkelijke artikelen:

Relevantie van het evenwichtsorgaan in de waarneming van helikoptermanoeuvres
door Dr. B. de Graaf, Ing. R. Vunderink en majoor-vlieger E. Roelofs4

Uveitis anterior, conjunctivitis zonder uitvloed
door reserve-eerste-luitenant-arts F.A. van der Sluijs en kapitein ter zee-arts Dr. A.J.P. Rouwen8

Lange termijn effecten bij het duiken
door luitenant ter zee-arts 1e klasse (KMR) A.P. van Vierbergen en luitenant ter zee-arts 1e klasse (KMR) B.C.T.M. Schaapveld9

Het toenemende belang van militaire tandheelkunde; een prognose voor de toekomst
door majoor-tandarts R. Vos13

Mobilisations with movements; een nieuwe kijk op arthrogene problematiek
door eerste luitenant P. van Dalen14

Referaten:

Militair geneeskundige zorg, een integrale zorg
door kolonel-vliegerarts H.J.M. Groenhout en commandeur-arts A.J. Noordhoek18

Militair geneeskundige zorg, algehele verzorging volgens de regels van wet en kunst (Reactie)
door luitenant-kolonel-arts W.T.H. van de Water en luitenant-kolonel-arts C. IJzerman22

Militair geneeskundige zorg, een integrale zorg (Weerwoord)
door kolonel-vliegerarts H.J.M. Groenhout en commandeur-arts A.J. Noordhoek25

Verslagen:

Terreinvaardige ambulance voor Terschelling
door J. de Lange26

Van de redactie:

Inhoud en register van de 47e jaargang, 1994213

Contents



Original contributions:

Relevance of the vestibular system in the perception of helicopter manoeuvres
by Dr. B. de Graaf, Ing. R. Vunderink and major pilot E. Roelofs4

Uveitis anterior
by reserve first lieutenant mc F.A. van der Sluijs and surgeon captain Dr. A.J.P. Rouwen8

Diving and long-term health effects
by surgeon lieutenant commander A.P. van Vierbergen and surgeon lieutenant commander B.C.T.M. Schaapveld9

Increasing importance of military dentistry
by major R. Vos, dental officer13

Mobilisations with movements, a new approach in treating joint problems
by first lieutenant P. van Dalen14

Excerpts:

Military medical care, integral care
by colonel flight surgeon H.J.M. Groenhout and surgeon commodore A.J. Noordhoek18

Military medical care, total care according to the general rule (Reaction)
by lieutenant colonel mc W.T.H. van de Water and lieutenant colonel mc C. IJzerman22

Military medical care, integral care (Reply)
by colonel flight surgeon H.J.M. Groenhout and surgeon commodore A.J. Noordhoek25

Reports:

Civilian cross country ambulance for Terschelling
by J. de Lange26

From the editor:

Index of volume 47, 1994213

Voorpagina:

Snelle hulpverlening op Terschelling verzekerd door inzet van een KLu-helicopter in samenwerking met een civiele terreinvaardige Miesen/Mercedes Benz ambulance. (Foto NEDAM)

RELEVANTIE VAN HET EVENWICHTS-ORGAAN IN DE WAARNEMING VAN HELIKOPTERMANOEUVRES

Inleiding

De navolgende rapportage betreft een onderzoek naar de rol die het evenwichtsorgaan kan spelen bij de (des)oriëntatie van helikoptervliegers tijdens manoeuvres. Momenteel worden vliegers er op voorbereid dat de vliegsituatie een oneigenlijke stimulans vormt voor het evenwichtsorgaan, en dat de *enig* juiste informatie relevant voor het vliegen komt van de instrumenten en het zicht buiten. Sensaties van andere zintuigen, en zeker die van het evenwichtsorgaan, worden van secundair belang geacht en dienen zoveel mogelijk te worden onderdrukt. De echter steeds weer terugkerende vraag met betrekking tot de desoriëntatieproblematiek is, of vestibulaire informatie wel onderdrukt kan worden in sommige omstandigheden.

In het hier beschreven onderzoek¹, dat in 1992 werd uitgevoerd in opdracht van de Afdeling Gedragswetenschappen van de Koninklijke Luchtmacht, is nagegaan wat nu de feitelijke invloed van het evenwichtsorgaan is tijdens het maken van vaak voorkomende "standaard" helikoptermanoeuvres. Hiervoor werden tijdens een serie zorgvuldig voorbereide vluchten metingen verricht aan mens en machine, met de opzet een maat te vinden waarmee (des)oriëntatie kan worden gekwantificeerd. Een maat, waarmee (eventueel) een systematisch verschil valt aan te tonen tussen de responsies met en zonder visuele referentie, waardoor iets te zeggen valt over de relevantie van het evenwichtsorgaan voor de vliegsituatie.

De stimulus

Voor een verantwoorde evaluatie van de responsies van de proefpersonen was het noodzakelijk een exact beeld te krijgen van de karakteristieken van de vliegbewegingen. Hiervoor werd een "stand alone" meetstelsel ontwikkeld, bestaande uit versnellingsmeters en hoekgyro's. Vervolgens werd een set van vlieg oefeningen vastgesteld, die op vaste wijze diende te worden gevlogen om een

door Dr. Bernd de Graaf,
Ing. Reinier Vunderink^a en
majoor-vlieger Ed Roelofs^b

goede vergelijking met verschillende proefpersonen mogelijk te maken. Deze oefeningen moesten representatief zijn voor de normale helikoptervliegpraktijk bij de Koninklijke Luchtmacht.

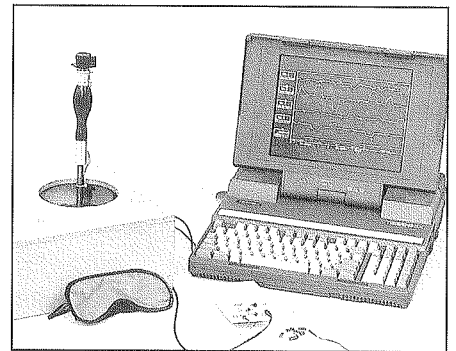
De respons

Anders dan bij het "zien" het geval is, kan het evenwichtsorgaan niet even worden uitgeschakeld. Een directe wijze van manipulatie (isolatie) van alle meetvariabelen is dus niet mogelijk. Wanneer echter de proefpersoon het zicht op buiten en op het instrumentarium wordt ontzegd door hem te blinddoeken, en hem wordt gevraagd toch de bewegingen van het vliegtuig in te schatten, dan valt (door zijn prestatie te beoordelen) een inschatting te maken van de precisie van de overgebleven informatiebronnen. Natuurlijk spelen hier, naast de overgebleven zintuigen (vestibulum, "seat of the pants"), ook vliegervaring en verstand van zaken mede een rol. Vergelijken wij deze prestatie met de prestatie in een conditie met zicht op de buitenwereld (waarbij het instrumentarium natuurlijk taboe blijft!) dan kan een indruk worden verkregen van het belang van het "zien" in deze. Als de geblinddoekte conditie wordt uitgevoerd met ervaren vliegers en ook met niet-vliegers (naïef met betrekking tot vliegsituaties en helikopters), dan kan een vergelijking van die twee groepen de inschatting geven van het belang van vliegervaring op de ruimtelijke oriëntatie. De prestatie van de niet-vlieger proefpersonen in de *geblinddoekte* conditie, tenslotte, geldt als de (praktisch) best denkbare maat voor het functioneren van het evenwichtsorgaan tijdens de vliegmanoeuvres (helaas altijd nog tezamen met enige resterende overige zintuiglijke informatie).

Deze opzet moest het in principe mogelijk maken om zowel een totaalbeeld te verkrijgen van de respons van de groep vliegers op bepaalde vliegcondities, alsook de specifieke momenten van desoriëntatie van de individuele vlieger te bepalen.

Methode

Figuur 1 presenteert de meetset welke werd ontwikkeld voor registratie van vliegbewegingen en proefpersoonresponsies. De doos wordt door de proefpersoon op schoot gehouden.



Figuur 1. De huidige meetset, zoals ontwikkeld voor registratie van vliegbewegingen en proefpersoonresponsies. Zie de text voor details.

Registratie van de vliegbewegingen

In de doos zitten o.a. versnellingsmeters. De G_x , G_y , en G_z signalen worden tezamen met de pitch- en rollhoek van het luchtvaartuig, welke worden aangegeven door een gyroscoop (die niet in de doos zit, maar op een plaats direct onder de zitplaats van de proefpersoon), geregistreerd en opgeslagen met behulp van een "laptop computer", maar eveneens op een (back-up) instrumentatierecorder. Deze laatste registreert ook de gesprekken op de intercom in de helikopter.

a. TNO Technische Menskunde.
b. 298 Squadron, Vliegbasis Soesterberg.
Artikel ontvangen april 1994.

De gyroscoop verdient nog een nadere beschrijving, omdat deze tijdens de meetvliegcondities op een stand kan worden gezet waarin hij onafhankelijk van de G-belasting functioneert. Tussen de meetcondities in wordt hij echter tijdens het recht vooruit vliegen weer aan de zwaartekracht ge-*reset* om de, weliswaar zeer kleine, drift te beteugelen (driftcompensatiesysteem; Gyroscope VG-14, Sperry Flight Systems)*.

Registratie van de proefpersoon-responsies

Uit ervaringen in het laboratorium is gebleken dat mensen de hoek die zij tijdens een kanteling maken ten opzichte van de zwaartekracht (de zgn. Subjectieve Verticaal) heel goed kunnen aangeven met behulp van een staaf. Daarom is het ook in de lucht de taak van de proefpersonen om continu de oriëntatie van het luchtvoertuig ten opzichte van de zwaartekracht aan te geven door een staaf evenwijdig aan de zwaartekracht in te stellen. Deze staaf (27 cm lang) zit op de hierboven genoemde doos en kan door de proefpersoon vrij worden bewogen in pitch (voorwaarts-achterwaartse kantelhoek) en roll (zijwaartse kantelhoek). De ingestelde pitch- en rollhoek worden elk door middel van potentiometers omgezet in een spanning, welke waarde continu wordt bemonsterd door de laptop computer en instrumentatierecorder. Deze maat kwantificeert de ervaren kanteling. De staaf levert geen feedback.

Naast deze gravitationele oriëntatie kan ook nog de geografische oriëntatie van de proefpersoon worden geregistreerd. Dit laatste gebeurt met behulp van een *yaw*-knop die bovenop de staaf zit; met de knop kan de proefpersoon de ervaren yaw-beweging (horizontale draaibewegings-sensaties, gieren) van het luchtvoertuig aangeven door middel van een soort kompasfunctie, aan de hand van referentiepunten in het gezichtsveld buiten, of - in de geblinddoekte condities - ten opzichte van het ingebeelde recht vooruit ("twaalf uur") vlak voordat de oefening wordt gevlogen.

De proefpersoon zat (meest) links achter in een Alouette helikopter, naast de proefleider. Behalve de vlieger zat niemand voorin, hetgeen voor de proefpersoon een goed zicht op de buitenwereld garandeerde.

	langzaam (L)	snel (S)
blinddoek (D)	DL	DS
vrij zicht (L)	LL	LS

Tabel 1. Experimentele condities

Onderzoeksonwerp

Er werden twee dimensies gevarieerd (2*2 design): met blinddoek of met vrij zicht (naar buiten, niet op het instrumentarium!), gecombineerd met soepele trage uitvoering van de manoeuvres of juist een vlotte hevige uitvoering.

Dit leverde in totaal 4 condities, die beschreven staan in tabel 1.

In *iedere* conditie werden *vijf oefeningen* achter elkaar uitgevoerd, te weten:

1. een bocht naar rechts van 180° (in L: 30° bank in 50 sec, in S: 55° in 20 sec);
2. een bocht naar links van 180° (in L: 30° bank in 50 sec, in S: 55° in 20 sec);
3. horizontale deceleratie (L: 100 naar 60 knopen in 40 sec, S: idem maar dan in 20 sec);
4. oefening 1 en 3 aaneengesloten (L: in 90 sec, S: in 40 sec);
5. tijdens het "level" vliegen een deceleratie tot in de hover (snelheid = 0) + acceleratie naar 100 knopen; de neusstand verandert hierbij van 20-30° up tot 20° down (L: 70 sec, S: 40 sec).

Bij oefening 1, 2 en 3 werd de indicator voor de yaw-beweging niet benut, bij oefening 4 en 5 echter wel. Hierdoor werd gecontroleerd voor het mogelijke (voor de vraagstelling mogelijk verwarrende) effect van het gebruik van deze indicator (door middel van een vergelijking van de responsies op oefening 1 en 4), terwijl de extra informatie die ervaren yaw-beweging kan bieden toch in de relevante oefeningen aanwezig was.

Zes vliegers, met uiteenlopende ervaring (300 - 1500 vlieguren bij het squadron), fungeerden als proefpersonen. Naast een briefing met betrekking tot de globale

achtergronden van het onderzoek, kregen zij een korte demonstratie aangaande het gebruik van de staaf en de yaw-knop. Er werd met 3 proefpersonen op één dag gevlogen. De condities werden in een vaste volgorde aangeboden (DL, DS, LL, LS; eerst een reeks mét blinddoek, hierna dezelfde reeks met vrij zicht). De manoeuvres werden op een hoogte van rond de 1000 voet uitgevoerd.

Resultaten

Het weer was tijdens de twee meetdagen betrekkelijk rustig en somber. Het zicht op buiten was redelijk; de grond was goed te zien, er was echter geen sprake van een scherp gelijnde horizon. De verzamelde en verwerkte gegevens leverden de volgende resultaten.

De stimulus

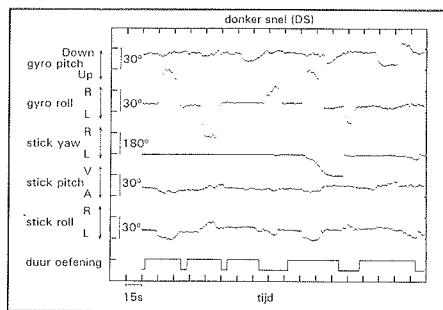
De reproduceerbaarheid van de vliegmanoeuvres is heel goed. Dit wordt inzichtelijk gemaakt in tabel 2 en figuur 2. De opgegeven (gewenste) hoekveranderingen werden gerealiseerd en de spreiding binnen dezelfde oefeningen was zeer gering. Er was geen aantoonbaar statistisch verschil in de kwaliteit van de uitvoering op de twee meetdagen. De vier stimuluscondities tezamen (met vijf oefeningen ieder) duurden ± 20 minuten. De totale vliegtijd per proefpersoon was ongeveer 35 minuten.

De respons

De gemiddelde respons is weergegeven in tabel 3 in termen van een versterkingsfactor ("gain"), namelijk de verhouding tussen de hoek die de proefpersonen ervaren dat de helikopter maakt, en de daadwerkelijk gemeten hoek. Een correlatie-analyse, uitgevoerd op deze simultaan verworven gegevens, geeft niet alleen het verband aan tussen de beide variabelen, maar ook hun verhouding (de gain). Zoals verwacht bleek er altijd een

	roll (1,2,4a)	pitch up (3,4b)	pitch up (5)	pitch down (5)
langzaam DL,LL	31.5° sd=1.7°	11.0° sd=2.4°	12.0° sd=2.2°	15.9° sd=3.1°
snel DS,LS	54.0° sd=4.5°	14.3° sd=2.9°	14.9° sd=3.5°	23.1° sd=4.8°

Tabel 2. De stimulus: de maximale amplitude (en standaarddeviatie) van de gevlogen hoek, gemeten met de gyroscoop en gemiddeld over identieke manoeuvres. Tussen haakjes staat het nummer van de oefeningen waarin de betrokken manoeuvre werd gevlogen. Het verschil in gemiddelde amplitude tussen langzaam en snel genomen manoeuvres is steeds statistisch significant.



Figuur 2. Presentatie van de helikopterbewegingen en de proefpersoonresponsies.

Alle signalen zijn uitgezet tegen dezelfde tijdas. De signalen "gyro pitch" en "gyro roll" geven de pitch- en rollhoek van de helikopter aan, zoals deze continu gemeten zijn m.b.v. de gyroscoop. De (compensatoire) responsies van de proefpersonen zijn aangegeven in yaw, pitch en roll. R = rechts, L = links, V = staaf naar voren, en A = staaf naar achteren. De dataset is gemeten in de conditie DS tijdens de oefeningen 1 t/m 5, welke op het onderste signaal "duur oefening" zijn gemarkeerd in de tijd. In iedere oefening werd eerst 10 seconden normaal rechtdoor gevlogen, alvorens de manoeuvre te beginnen. Uit de figuur wordt direct duidelijk dat de roll en pitchbewegingen van de helikopter sterk worden onderschat door de proefpersoon.

groot, negatief lineair verband te bestaan tussen de instelling van de staaf (de subjectieve compensatie voor de ervaren hoek) en de gemeten hoek per oefening. Ter illustratie wordt dit duidelijk gemaakt in figuur 2 voor de respons van een willekeurige vlieger tijdens de vijf oefeningen in de conditie DS.

Op basis van de gemiddelde gegevens zoals vermeld in tabel 3 kunnen we het volgende concluderen:

1. Er bestaat een significant verschil in de waarneming tussen de condities zonder en met blinddoek. De gemiddelde gain-waarden zijn respectievelijk -0.61 en -0.18, een factor 3.4 verschil.
2. Er is geen verschil in gain gevonden tussen langzaam en snel uitgevoerde oefeningen. De gemiddelde gain is statistisch gelijk (resp. -0.40 en -0.39).
3. Er bestaat een gemiddeld verschil in gain tussen de aangegeven pitch- en rollhoek, een verschil dat te duiden valt in de interactie met de zonder/met blinddoek dimensie: in de blinddoek condities is de gain bij pitch- en rollaanduidingen gelijk (resp. -0.18 en -0.17), in de condities met vrij zicht

echter wordt de pitchhoek reëler aangegeven dan de rollhoek (-0.77 en -0.44).

4. Er is geen systematisch verschil in respons gevonden tussen een bocht naar rechts en een bocht naar links (gemiddeld resp. -0.36 en -0.32).
5. Wel is een verschil aangetoond voor het gebruik van de staaf "sec" of gezamenlijk met de yaw-knop (-0.36 en -0.26). Wij interpreteren dit verschil (40%) niet als een verdere onderschatting van de subjectief ervaren hoek, maar als een minder nauwkeurig kunnen aangeven als gevolg van de dubbeltaak als gevolg van aandachtsverdeling, motorische coördinatie, enz.

De 180° bocht van oefening 4 leek, gemiddeld gesproken, goed te worden aangegeven met behulp van de yaw-indicator: 201° in de blinddoekcondities en 204° in de vrij zicht condities. Een nadere analyse gaf echter een totaal ander beeld. In de vrij zicht condities varieerden de individuele waarden tussen 171° en 239°, terwijl in de blinddoekcondities het bereik veel groter was: van 0° tot 352°! Zo bekrachtigt de yaw-knop respons de indruk die met de staaf al wordt gegeven (b.v. in figuur 2, oefening 4), óók wanneer de vliegers feitelijk fout zitten: bijvoorbeeld de bocht waarin de vlieger in conditie 1, oefening 5, denkt te zitten (zie figuur 3). Vooral in dit laatste geval biedt de yaw-indicator nuttige informatie. Zoals hieronder nader zal worden besproken bleek dat 5 van de 6 vliegers in oefening 5 van de donkercondities abusievelijk aangaven zich in een bocht te bevinden. Opmerkelijk was dat de zes vliegers ook

een onderschatting van de pitch- en rollhoek aangaven in de "vrij zicht" condities. Omdat het vermoeden bestond dat dit te wijten was aan de weersomstandigheden, doordat er geen sprake was van een duidelijke visuele horizon, zijn de vrij zicht-condities LL en LS nog eens overgevlogen met twee van de vliegers, nu tijdens heldere omstandigheden. Zoals tabel 4 laat zien werd de gain van hun staafinstelling hierdoor systematisch verhoogd ten opzichte van de vorige metingen. Wanneer wij deze verhoging (gemiddeld een factor 1.46) ter extrapolatie vermenigvuldigen met de gemiddelde gain van het experiment met de zes vliegers ($1.46 \times -0.61 = -0.89$), kunnen wij veilig aannemen dat het hier een weerseffect betrof. Uit het feit dat de twee vliegers nu wel het hele bereik van de meetschaal hanteerden valt te concluderen, dat met behulp van de staaf zeer wel de gravitationele oriëntatie van vliegers valt te kwantificeren.

Eindconclusies met betrekking tot de vliegpraktijk

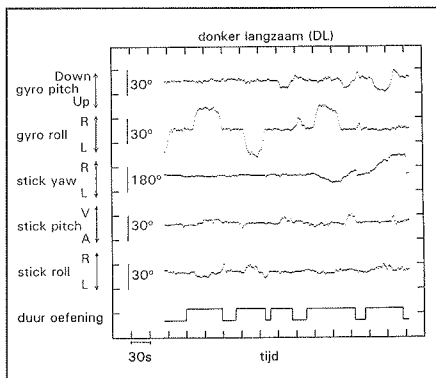
Bovenstaande gegevens geven aan dat het mogelijk is veldonderzoek te doen naar de relatie tussen vliegbewegingen en de menselijke waarneming, op zodanige wijze dat de (des)oriëntatie van de proefpersonen in getal kan worden uitgezet. Op deze wijze werd een systematisch verschil aangetoond tussen oriëntatie met en zonder visuele referentie. Uitgedrukt in termen van "gain" (= de verhouding tussen respons en stimulus) en gemiddeld over 6 vliegerproefpersonen bedraagt het

	roll (1)	roll (2)	pitch (3)	roll (4a)	pitch (4b)	pitch (5)	roll gem	pitch gem	tot gem
DL	-0.16	-0.16	-0.30	-0.15	-0.17	-0.06	-0.16	-0.18	-0.17
LL	-0.53	-0.40	-0.85	-0.35	-0.89	-0.63	-0.43	-0.79	-0.61
DS	-0.22	-0.23	-0.25	-0.18	-0.17	-0.08	-0.21	-0.17	-0.19
LS	-0.53	-0.47	-0.82	-0.37	-0.76	-0.69	-0.46	-0.76	-0.61
gem	-0.36	-0.32	-0.56	-0.26	-0.50	-0.37			

Tabel 3. De respons: weergegeven als de verhouding (gain) tussen de hoek die de proefpersoon ervaren dat de helikopter maakt en de exacte hoek van de helikopter t.o.v. het aardoppervlak, zoals gemeten met de gyroscoop. Wanneer de vliegerproefpersonen de gehele hoek in de tijd nauwgezet met de staaf zouden aangeven, is de gain -1.00. Tussen haakjes staat de oefening waarin de betreffende hoek gevlogen werd. In de tabel komt duidelijk naar voren dat de gevlogen hoeken enorm worden onderschat in de blinddoek-condities (DL en DS). De gain ligt gemiddeld een factor 3.4 hoger wanneer de proefpersonen naar buiten konden kijken. Cursief worden de gemiddelden weergegeven.

verschil tussen zien en niet zien (-0.61/-0.17 =) een factor 3.4, maar er is ook een indicatie dat het verschil kan oplopen tot ruim een factor 5: immers wanneer er sprake is van een duidelijke visuele horizon nadert de proefpersoon-respons in vrij zicht omstandigheden het optimaal haalbare (een "gain" van -1.00, en -1.00/-0.17 = 5.9).

Tenslotte, de hamvraag van het onderzoek: *kunnen we iets zeggen over de relevantie van het evenwichtsorgaan voor de vliegsituatie?* Uit voormetingen met personen die naïef waren met betrekking tot helikoptervliegen bleek dat zij in de blinddoekconditie überhaupt geen roll- en pitchbewegingen waarnamen, terwijl deze toch overduidelijk bovendrempelig voor de vestibulaire semi-circulaire kanalen werden uitgevoerd. Blijkbaar domineert de registratie van de gravito-inertiaal kracht (de "resultante") door middel van de otolieten hier de waarneming! De zes vliegerproefpersonen registreerden in principe wel dat ze een bocht ingingen, en gaven ook de juiste richting weer, maar onderschatten de amplitude van de rollhoek enorm. Vermoed mag worden dat de vlieger deze informatie uit andere dan vestibulaire bron verkrijgt. Vliegervaring en auditieve "cues" spelen hier een rol. Dit wordt geïllustreerd door het feit dat de vliegers in de blinddoekcondities aangaven in een bocht te zitten, terwijl er alleen sprake was van deceleratie en acceleratie (oefening 5). Zij reageerden dus op extra-vestibulaire signalen als rotorgeluid e.d. Een reden om oefening 5 in de condities te betrekken was juist om hierop te controleren. Samenvattend kunnen we stellen dat tijdens het vliegen het evenwichtsorgaan nooit met de vlucht overeenstemmende informatie biedt. Dit



Figuur 3. Een voorbeeld van desoriëntatie. Oefening 5: de vlieger geeft aan een lange bocht naar links te ervaren, terwijl er feitelijk alleen sprake is van een deceleratie-acceleratie manoeuvre.

leidt tot een sluipende desoriëntatie wanneer er onvoldoende zicht op buiten is; wanneer de vlieger dan niet voldoende op de informatie van de instrumenten afgaat, zal de bewegingservaring minder zijn dan de werkelijke beweging terwijl ook het verwachtingspatroon van de vlieger een bewegingssensatie kan suggereren welke niet door het vestibulaire systeem wordt weerlegd⁸.

Samenvatting

Een veldonderzoek is verricht naar de rol van het evenwichtsorgaan bij de (des)oriëntatie van helikoptervliegers. De gemeten vliegbewegingen van de helikopter werden vergeleken met de inschatting van proefpersonen van deze vliegbewegingen. Hiermee werd een maat verkregen voor de nauwkeurigheid van de schatting onder verschillende condities; mét en zonder visuele referentie op de buitenwereld, gecombineerd met snelle hevige en langzaam uitgevoerde

manoeuvres. Op basis van de gegevens kan worden gesteld dat het evenwichtsorgaan nooit met de vlucht overeenkomende informatie biedt, hetgeen onmiddellijk leidt tot een sluipende desoriëntatie (type I desoriëntatie) wanneer onvoldoende visuele informatie voorhanden is.

Summary

RELEVANCE OF THE VESTIBULAR SYSTEM IN THE PERCEPTION OF HELICOPTER MANOEUVRES

In the present report a field experiment is described about the role of the vestibular system in the (dis)orientation of helicopter pilots during manoeuvres. By means of a comparison between the registered movements of the aircraft and the estimation of these movements by aviators, a measure could be found for the accuracy of this estimation under particular conditions (with or without a visual reference, this combined with rough and slowly performed manoeuvres). The data gathered this way suggest that the vestibular system is never capable in processing exact information with respect to the actual flight profile: as such causing a creeping disorientation (type I disorientation) in circumstances with insufficient visual information.

Literatuur:

I. De Graaf B., Marcus J.T., Roelofs E.H.: Vestibulaire informatie bij helikopter-manoevres. TNO-rapport IZF 1992 A-31.

Noten:

- Wij danken ir. Hans Ooms van de TU Delft voor het beschikbaar stellen van een set hoogwaardige gyrotollen ten behoeve van het hier besproken onderzoek.
- Buiten het bestek van deze studie, maar natuurlijk van evident belang, is de bijdrage van het evenwichtsorgaan aan acute desoriëntatie d.m.v. "cross coupled" Coriolis effecten tijdens het maken van hoofdbewegingen gedurende een lange bocht.

	roll	roll	pitch	roll	pitch	gem
LL	-.57	-.41	-.52	-.41	-.73	-.53
LLv	-.65	-.67	-.89	-.55	-.95	-.74
LS	-.52	-.45	-.78	-.38	-.57	-.54
LSv	-.66	-.62	-.85	-.50	-.91	-.79

Tabel 4. Opwaardering van de gain (verhouding tussen de door de proefpersonen aangegeven hoek en de bemeaten vlieghoek) als gevolg van verbeterde visuele vliegcondities.

De aangegeven gainwaarden betreffen het gemiddelde van 2 vliegerproefpersonen in de vrij zicht-condities (oorspronkelijke waarden: LL en LS, nieuwe waarden: LLv en LSv). De opwaardering betreft een factor 1.46. Extrapolatie van deze gegevens voor de prestatie van de gehele groep levert een gemiddelde gain van (1.46 x -0.61 =) -0.89.