



De militaire vliegmedische keuring met als voorbeeld een kandidaat vlieger met een geringe anemie

Samenvatting

De vliegmedische keuring kan worden onderscheiden in een eerste of initiële keuring en de daarop volgende periodieke herhalingskeuringen. Met name de initiële keuring is bijzonder uitgebreid en strikt voor wat betreft de keuringseisen. We beschrijven de procedure van en de logistiek rond de vliegmedische keuring. Er wordt gerefereerd aan de militaire regelgeving MAR-FCL3 (Military Aviation Requirements - Flight Crew Licensing 3), deze wordt vergeleken met de civiele regelgeving JAR-FCL3 (Joint Aviation Requirements - Flight Crew Licensing 3).

Aan de hand van een casus van een kandidaat vlieger met een geringe anemie beschrijven we de procedures van de keuring en geven een voorbeeld van de mogelijke / noodzakelijke aanvulling hierop.

Regelgeving en procedures met betrekking tot de vliegmedische keuring

Het doel van de vliegmedische keuring is om te bepalen of de kandidaat vlieger/keurling fysiek en mentaal in staat is om zijn luchtvaart gerelateerde taken op een veilige manier uit te oefenen. Daarnaast is het van belang een inschatting te maken of de kandidaat hier toe in staat zal blijven gedurende de geldigheidsduur van de vliegmedische verklaring welke na goedkeuring wordt verstrekt. Er kan in die geldigheidsperiode sprake zijn van een langzame achteruitgang waardoor de kandidaat onder de grens van het minimaal acceptabele zal komen of er kan een acute incapacitatie optreden. Bij een acute incapacitatie is de vlieger per acuut, tijdens de vlucht niet meer in staat om zijn taken uit te oefenen. Het risico op acute incapacitatie wordt bepaald met behulp van de 1% regel. Hierbij wordt het berekende afkappunt voor het risico op incapacitatie tijdens de vlucht gesteld op 1% per jaar. Boven een risico van 1% per jaar wordt de vlieger in principe afgekeurd of eventueel beperkt goedgekeurd met een meervlieger restrictie^{1, 2}.

De civiele keuring wordt uitgevoerd door een AME (Authorised Medical Examiner). Dit is een arts die een opleiding luchtvaartgeneeskunde heeft gevolgd en na het, met goed gevolg, afleggen van het examen een autorisatie van de Inspectie Verkeer en Waterstaat (IVW) heeft verkregen. De eisen voor de opleiding tot erkende civiele luchtvaartgeneeskundige staan omschreven in de civiele regelgeving de JAR-FCL3^{3, 4}. Ook de militaire vliegerartsen hebben deze opleiding gevolgd en zijn geautoriseerd als (civiele) AME daarnaast hebben ze de militaire opleiding in de

luchtvaartgeneeskunde gevolgd. De eisen voor de militaire vliegerartsopleiding staan omschreven in de militaire regelgeving; de MAR-FCL3⁵.

Na afloop van de keuring zal de AME/vliegerarts een verslag van de keuring met een onderbouwd advies (goedkeuren/afkeuren) overleggen aan de hoogste vliegmedische autoriteit. Dit is de Aeromedical Section van de IVW (AMS) voor civiele vliegers. Voor militaire vliegers is het de hoogste medicus van de Militaire Luchtvaart Autoriteit (MLA). Deze beslist over goed- of afkeuren. Deze procedure is bij eerste of initiële keuringen altijd van toepassing. Bij ongecompliceerde herhalingskeuringen kan de AME of de vliegerarts gedelegeerd beslissen over goedkeuring. Steekproefsgewijs zal de hoogste vliegmedische autoriteit (AMS of MLA) de gedelegeerde beslissingen controleren. Bij een periodieke herhalingskeuring met het advies afkeuren of bij twijfel wordt ook altijd de AMS of de MLA ingeschakeld. Bij goedkeuring van de kandidaat zal de AMS of MLA de vliegmedische verklaring afgeven. Eventueel zal de AMS of MLA in de vliegmedische verklaring een dispensatie van de eisen of restrictie van de bevoegdheden opnemen.

De eerste of initiële vliegmedische keuring is uitgebreider dan de periodieke herhalingskeuringen voor reeds gebrevetteerde vliegers. Ook moet voldaan worden aan striktere keuringseisen. Deze initiële keuring is immers bedoeld voor aspirant luchtvaarders aan het begin van hun carrière. Er wordt, voor zover mogelijk, onder andere al rekening gehouden met de effecten van veroudering van het menselijk lichaam. Anticiperend op het feit dat de periodieke normen van vliegmedische geschiktheid ook in de

door majoor-vlieger/arts E.G.J. Onnouw^a, kolonel-arts H.P.M.M. Gelissen^b, majoor-vliegerarts S.R.H.E.M. Meerhoff^c, kolonel-arts J.F. Monkelbaan^d

toekomst gehaald moeten worden. Het doel hiervan is om alleen die kandidaten aan een vliegopleiding te laten beginnen van wie te verwachten valt dat zij hun gehele werkzame leven zullen blijven voldoen aan de medische eisen. De opleiding tot vlieger vergt immers aanzienlijke investeringen. Tevens kan er in deze fase nog, al dan niet vliegtuigtypespecifiek, beoordeeld worden of een afwijking van bijvoorbeeld de morfometrie consequenties heeft voor de vliegveiligheid.

Voor de periodieke herhalingskeuringen van reeds gebrevetteerde vliegers is de regelgeving iets minder strikt. Daarnaast is het voor de vlieger mogelijk om een vliegmedische verklaring te verkrijgen met, de al eerder genoemde, dispensatie van de eisen of met een restrictie van de bevoegdheden. Voorbeelden hiervan zijn dispensatie voor de maximale sterkte van een refractiecorrectie of een meervliegerrestrictie. In het laatste geval mag de andere vlieger (de safety pilot) dan uiteraard geen soortgelijke restrictie in zijn vliegmedische verklaring hebben. De eerste afgifte van een vliegmedische verklaring met een dispensatie of restrictie kan niet worden gedelegeerd aan de AME/vliegerarts en wordt dus altijd gedaan door AMS voor civiele vliegers, of de MLA voor militaire vliegers. De eerste of initiële keuring mag alleen worden uitgevoerd in een Luchtvaartgeneeskundig centrum (AMC = Aero Medical Centre). Voor de militaire vliegerkeuringen is dat het Centrum voor Mens en Luchtvaart (CML) in Soesterberg. De vervolgkeuringen kunnen eventueel ook worden uitgevoerd door een individuele AME (civiel) of een vliegerarts (militair). Bij de Koninklijke Luchtmacht kan dat op een vliegbasis. Bij de Koninklijke Marine zal dat op het Maritiem Vliegkamp de Kooy zijn.

^a Pilot-physician, Centrum voor Mens en Luchtvaart, Soesterberg.

^b Anesthesioloog-intensivist, Groep Luchtmacht Reserve en VUmc, Intensive Care Volwassenen, Amsterdam.

^c AMA, Centrum voor Mens en Luchtvaart, Soesterberg.

^d Internist/MDL-arts, Centraal Militair Hospitaal, Interne Geneeskunde en MDL-ziekten, Utrecht. Artikel ontvangen december 2009.

JAR-FCL3 en MAR-FCL3 SUBPART A - GENERAL REQUIREMENTS

JAR/MAR-FCL 3.015	Acceptance of licences, ratings, authorisations, approvals or certificates
JAR/MAR-FCL 3.025	Validity of licences and ratings
JAR/MAR-FCL 3.035	Medical fitness
JAR/MAR-FCL 3.040	Decreases in medical fitness
JAR-FCL 3.045	Special circumstances
MAR-FCL 3.045	Reserved
JAR-FCL 3.046	Special medical circumstances
MAR-FCL 3.046	Reserved
JAR/MAR-FCL 3.060	Curtailement of privileges of licence holders aged 60 years or more
JAR-FCL 3.065	State of licence issue
MAR-FCL 3.065	Reserved
JAR/MAR-FCL 3.080	Aeromedical Specialist (AMS)
JAR/MAR-FCL 3.085	Aeromedical Centers (AMCs)
JAR-FCL 3.090	Authorised Medical Examiners (AMEs)
MAR-FCL 3.090	Flight Surgeons
JAR/MAR-FCL 3.095	Aeromedical examinations
JAR/MAR-FCL 3.100	Medical certificates
JAR/MAR-FCL 3.105	Period of validity of medical certificates
JAR/MAR-FCL 3.110	Requirements for medical assessments
JAR/MAR-FCL 3.115	Use of medications, drugs or other treatments
JAR/MAR-FCL 3.120	Responsibilities of the applicant
JAR-FCL 3.125	Variation and review policy
MAR-FCL 3.125	Delegation of Fit assessment, review policy and Secondary review
Appendix 1 to JAR-FCL 3.105	Validity of medical certificates
Appendix 1 to MAR-FCL 3.105	Validity period/transfer of medical records for Class 1, Class 2 and Class 3 renewal

Tabel 1: Hoofdstukindeling JAR-FCL3 en MAR-FCL3 subdeel A - Algemene eisen.

JAR-FCL3 en MAR-FCL3 SUBPART B - CLASS 1 MEDICAL REQUIREMENTS

JAR/MAR-FCL 3.130	Cardiovascular system - Examination
JAR/MAR-FCL 3.135	Cardiovascular system - Blood pressure
JAR/MAR-FCL 3.140	Cardiovascular system - Coronary artery disease
JAR/MAR-FCL 3.145	Cardiovascular system - Rhythm/conduction disturbances
JAR/MAR-FCL 3.150	Cardiovascular system - General
JAR/MAR-FCL 3.155	Respiratory system - General
JAR/MAR-FCL 3.160	Respiratory system - Disorders
JAR/MAR-FCL 3.165	Digestive system - General
JAR/MAR-FCL 3.170	Digestive system - Disorders
JAR/MAR-FCL 3.175	Metabolic, nutritional and endocrine diseases
JAR/MAR-FCL 3.180	Haematology
JAR/MAR-FCL 3.185	Urinary system
JAR/MAR-FCL 3.190	Sexually transmitted diseases and other infections
JAR/MAR-FCL 3.195	Gynaecology and obstetrics
JAR/MAR-FCL 3.200	Musculoskeletal requirements
JAR/MAR-FCL 3.205	Psychiatric requirements
JAR/MAR-FCL 3.210	Neurological requirements
JAR/MAR-FCL 3.215	Ophthalmological requirements
JAR/MAR-FCL 3.220	Visual requirements
JAR/MAR-FCL 3.225	Colour perception
JAR/MAR-FCL 3.230	Otorhinolaryngological requirements
JAR/MAR-FCL 3.235	Hearing requirements
JAR/MAR-FCL 3.240	Psychological requirements
JAR/MAR-FCL 3.245	Dermatological requirements
JAR/MAR-FCL 3.246	Oncology

Tabel 2: Hoofdstukindeling JAR-FCL3 en MAR-FCL3 subdeel B - Medische eisen (klasse 1). Dezelfde indeling wordt gebruikt voor klasse 2 (privévliegers) in de JAR-FCL3 en voor klasse 2 (meevliegers) en klasse 3 (gevechts- en verkeersleiders) in de MAR-FCL3.

De AME of vliegerarts bepaalt, zo nodig in overleg met de kandidaat, welke klasse vliegmedische verklaring benodigd is voor het type luchtvaartactiviteit en de functie. In de civiele luchtvaart zijn er twee klassen vliegmedische verklaringen, namelijk voor beroeps- en voor privévliegers. De militaire luchtvaart werkt met drie klassen. Voor vliegend personeel (vliegers en boordwerktuigkundigen), voor meevliegers (bijv. load masters) en voor verkeers- en gevechtsleiders. Daarna wordt het onderzoek aan de hand van de JAR-FCL3³ of de MAR-FCL3⁵ regelgeving afgewerkt. Het is daarbij van belang om steeds te beoordelen volgens ofwel de initiële ofwel de herhalingskeuringseisen. Bij de keuring van civiele vliegerkandidaten wordt gebruik gemaakt van de Nederlandse vertaling van de JAR-FCL³ Medisch; Inclusief Amending 5³. Dit is de recentste versie en deze bestaat uit 5 delen.

1. Subdeel A; algemene eisen (tabel 1)
2. Subdeel B; eisen voor klasse 1 (beroepsvliegers) (tabel 2)
3. Subdeel C; eisen voor klasse 2 (privévliegers)
4. Bijlagen bij subdelen B & C; toelichting per orgaansysteem op de keuringseisen zoals omschreven in de subdelen B en C
5. AMC/IEM A (Acceptable Means of Compliance/Interpretative and Explanatory Material); toelichting op de algemene eisen uit subdeel A

Naast de toelichting volgens de Bijlage bij subdelen B & C en de AMC/IEM A is er ook nog het "JAA Manual of Civil Aviation Medicine"⁶ beschikbaar. Dit is het Europese handboek voor de civiele luchtvaartgeneeskunde waarin de door JAA (Joint Aviation Authorities) geaccepteerde toepassing van de regelgeving verder wordt toegelicht. De laatste versie dateert van 1 juni 2009. De JAR-FCL3 wordt ook opgesteld door de JAA. De JAA is een organisatie die zich bezighoudt met de uniformering van de regelgeving in de Europese luchtvaart en de harmonisatie met luchtvaartorganisaties buiten Europa. Het hoofdkantoor van JAA is gevestigd in Hoofddorp. In de loop van 2009/2010 wordt de JAA opgeheven en vervangen door de European Aviation Safety Agency (EASA) met als vestigingsplaats Keulen. De aanpassing van de regelgeving voor de civiele vliegmedische keuring is vooruitlopend hierop reeds in gang gezet. Voor militaire luchtvaardenden wordt uitgegaan van de MAR-FCL3 Medical⁵. Deze is beschikbaar sinds

MAR-FCL3.180 Haematology

- a. An applicant for or the holder of a Class 1 medical certificate shall not possess any haematological disease which is likely to interfere with the safe exercise of the privileges of the applicable licence(s).
- b. Haemoglobin shall be tested at every medical examination. Applicants with abnormal haemoglobin (male < 8,0 mmol/l; female < 7,0 mmol/l) shall be investigated. Applicants with a haematocrit below 32% shall be assessed as unfit. (See paragraph 1 of Appendix 5 to Subpart B)
- c. Applicants with sickle cell disease shall be assessed as unfit. (See paragraph 1 of Appendix 5 to Subpart B)
- d. Applicants with significant localised and generalised enlargement of the lymphatic glands and diseases of the blood shall be assessed as unfit. (See paragraph 2 of Appendix 5 to Subpart B)
- e. Applicants with acute leukaemia shall be assessed as unfit. After established remission, applicants may be assessed as fit by the AMS at revalidation or renewal. Initial applicants with a history of acute lymphatic leukaemia may be assessed as fit by the AMS if the ALL is in remission for at least 10 years; after radiation therapy of the skull, a neurological and psychiatric evaluation is necessary. Applicants with chronic leukaemias shall be assessed as unfit. After a period of demonstrated stability a fit assessment may be considered by the AMS. (See paragraph 3 of Appendix 5 to Subpart B)
- f. Applicants with significant enlargement of the spleen shall be assessed as unfit. (See paragraph 4 of Appendix 5 to Subpart B)
- g. Applicants with significant polycythaemia (haematocrit >51% by male or >48% by female) shall be assessed as unfit. (See paragraph 5 of Appendix 5 to Subpart B)
- h. Applicants with a coagulation defect or a severe thrombocytopenia (<75.000) shall be assessed as unfit. (See paragraph 6 and 7 of Appendix 5 to Subpart B)

Tabel 3: De volledige tekst betreffende hematologie uit de MAR-FCL3⁵.

eind 2008. De MAR-FCL3 is een specifiek op de militaire situatie aangepaste versie die sterk lijkt op de civiele JAR-FCL3 en daar ook van is afgeleid. De MAR-FCL3 is via het Defensie intranet op de site van de MLA te vinden. De MAR-FCL3 bestaat uit vier delen.

1. Subpart A; algemene eisen met een toelichting hierop (tabel 1)
2. Subpart B; de basiseisen en de uitgebreide toelichting hierop voor klasse 1 (vliegend c.q. cockpit-personeel) (tabel 2)
3. Subpart C; de basiseisen en de uitgebreide toelichting hierop voor klasse 2 (voor meevliegende bemanningsleden met een specifieke taak aan boord van het luchtvaartuig)
4. Subpart D; de basiseisen en de uitgebreide toelichting hierop voor klasse 3 (lucht- en gevechtsverkeersleiders)

In de MAR-FCL3 wordt dus, in afwijking van de indeling van de JAR-FCL3, onmiddellijk na de beschrijving van de keuringseisen in hetzelfde deel een toelichting en interpretatie gegeven. Guidance Material voor de MAR-FCL3 is in ontwikkeling en zal verdere toelichtingen over specifieke onderwerpen bevatten.

Over het algemeen kan de AME of de vliegerarts het advies aan de AMS of MLA baseren op zijn eigen onderzoek. Zo nodig kunnen voor een aantal specifieke onderdelen van het keuringsonderzoek paramedische

disciplines zoals laboranten en optometristen ingeschakeld worden. Bij complexe problematiek kan volgens in de JAR-FCL3 en MAR-FCL3 omschreven regels gebruik worden gemaakt van de expertise van medisch specialisten. Deze specialisten moeten aanvaard worden door de AMS of de

MLA. Dus niet elke willekeurige (al dan niet behandelend) medisch specialist kan deze benodigde gegevens zondermeer leveren.

Casus

De kandidaat is een, op dat moment, 19-jarige jonge man met een blanco medische voorgeschiedenis. Betrokkene ondergaat deze vliegmedische keuring voorafgaand aan een eventuele militaire vliegeropleiding. Er is dus sprake van klasse 1 volgens MAR-FCL3 Subpart B. Bij deze initiële militaire vliegmedische keuring zijn er behalve een beperkte anemie geen afwijkende bevindingen. Met name de inspanningstolerantie is anamnestic normaal en kandidaat sport intensief zonder klachten. Voor alle onderdelen behalve hematologie voldoet kandidaat aan de eisen.

In "MAR-FCL3.180 Haematology" staat in 8 punten (tabel 3) omschreven waarop gelet moet worden bij de keuring en in welke gevallen aanvullend onderzoek noodzakelijk is of kandidaat afgekeurd moet worden. Met deze informatie als uitgangspunt kan een eventueel noodzakelijke toelichting gevonden worden in "Appendix 5 to Subpart B Haematology" (tabel 4).

Appendix 5 to Subpart B Haematology (MAR-FCL3.180)

1. Anaemias demonstrated by reduced haemoglobin level require investigation. Anaemia which is unamenable to treatment is disqualifying. A fit assessment may be considered by the AMS in cases where the primary cause has been satisfactorily treated (e.g. iron deficiency or B12 deficiency) and haematocrit has stabilised at greater than 32%, or where minor thalassaemia or haemoglobinopathies are diagnosed without a history of crises and where full functional capability is demonstrated.
2. Lymphatic enlargement requires investigation. A fit assessment may be considered by the AMS in cases of acute infectious process which is fully recovered or Hodgkin's lymphoma and Non Hodgkin's lymphoma of high grade which has been treated and is in full remission.
3. In cases of chronic leukaemia a fit assessment may be considered by the AMS. There shall be no history of central nervous system involvement and no continuing side-effects from treatment of flight safety importance. Haemoglobin and platelets levels shall be satisfactory. Regular follow-up is required.
4. Splenomegaly requires investigation. The AMS may consider a fit assessment where the enlargement is minimal, stable and no associated pathology is demonstrable (e.g. treated chronic malaria), or if the enlargement is minimal and associated with another acceptable condition (e.g. Hodgkin's lymphoma in remission). A high-G (Class 1 'HGF') limitation may be appropriate.
5. Polycythaemia requires investigation. The AMS may consider a fit assessment with a multi-pilot (Class 1 'OML') limitation if the condition is stable and no associated pathology has been demonstrated.
6. Significant coagulation defects require investigation. The AMS may consider a fit assessment with a multi-pilot (Class 1 'OML') and/or High-G limitation if there is no history of significant bleeding or clotting episodes.
7. Thrombocytopenia requires investigation. The AMS may consider a fit assessment after a idiopathic or auto-immune thrombocytopenic thrombopathy if the amount of thrombocytes is stable. A multi-pilot (Class 1 'OML') and/or high-G (Class 1 'HGF') limitation may be appropriate.
8. The assessment of malignant conditions in this system is also explained in the Oncology Chapter of the Manual which provides information regarding assessment and should be consulted together with the Chapter specific to this system.

Tabel 4: De volledige tekst betreffende toelichting hematologie uit de MAR-FCL3⁵.

Hematologisch laboratoriumonderzoek

			Normaalwaarde	
hemoglobine	7,4	(▼)	8,6 ~ 10,7	mmol/l
hematocriet	0,38	(▼)	0,41 ~ 0,50	l/l
erythrocyten	5,9	(▲)	4,20 ~ 5,50	*10 ⁹ /l
MCV	64	(▼)	80 ~ 97	fl
MCH	1,26	(▼)	1,75 ~ 2,25	fmol
MCHC	19,7		19,0 ~ 23,0	mmol/l
reticulocyten	82,6		25,0 ~ 120,0	*10 ⁹ /l
IRF	0,23		0,09 ~ 0,31	(fractie)
leucocyten	8,2		4,0 ~ 10,0	*10 ⁹ /l
thrombocyten	251		150 ~ 450	*10 ⁹ /l
BSE	2		1 ~ 5	mm (eerste uur)
foliumzuur	16		7,7 ~ 23	nmol/l
vitamine B12	320		130 ~ 700	pmol/l
ferritine	285	(▲)	25 ~ 250	µg/l
transferrine	2,42		1,80 ~ 3,82	g/l
ijzer	24		10 ~ 30	g/l
ijzerverzadiging	0,40		0,25 ~ 0,60	(fractie)
haptoglobine	0,7		0,3 ~ 2,0	g/l
Erythrocytaire enzymen				
pyruvaatkinase	19,4	(▲)	6,1 ~ 12,3	U/g Hb
hexokinase	2,1	(▲)	0,81 ~ 1,45	U/g Hb
gluc-6P-dehydrogenase	14,2	(▲)	6,4 ~ 10,5	U/g Hb
gluc-6-isomerase	88	(▲)	32 ~ 72	U/g Hb
Hemoglobine elektroforese				
HbA2	2,7		1,5 ~ 3,3	%
HbF	0,0		0,0 ~ 1,0	%

(IRF is Immature Reticulocyte Fraction)

Tabel 5: Uitslagen aanvullend laboratorium onderzoek in CMH.

MAR-FCL3.180 Haematology b (tabel 3 onder b) is hier van toepassing. Immers het gevonden hemoglobine-gehalte is 7,4 mmol/l en het hematocriet bedroeg 0,38 l/l (tabel 3). Eventueel zou zelfs MAR-FCL3.180 Haematology c (tabel 3 onder c) van toepassing kunnen zijn maar de diagnose sikkelcelanemie lijkt bij een klachtenvrije jonge man van Nederlandse afkomst met een beperkte anemie buitengewoon onwaarschijnlijk. De van toepassing zijnde toelichting is te vinden in Appendix 5 to Subpart B Haematology 1 (tabel 4 onder 1). Het is op grond van de bevindingen bij de kandidaat en de bovenstaande regelgeving voorlopig in ieder geval duidelijk dat aanvullend onderzoek plaats moet vinden. De internisten van het Centraal Militair Hospitaal (CMH) zijn door de MLA aanvaard specialisten volgens de definitie uit de MAR-FCL3. De kandidaat werd daarom doorverwezen naar de afdeling Interne Geneeskunde van het CMH voor verder analyse van zijn anemie. Hier werden bij anamnese en lichamelijk onderzoek geen afwijkingen behoudens een zachte ejectiesouffle gevonden. Bij het hematologische laboratoriumonderzoek waren de bevindingen als volgt: zie tabel 5. Samenvattend is er sprake van een microcytaire hypochrome anemie zonder ijzeregebrek.

Hemoglobine is het belangrijkste eiwit in de erythrocyt. Hemoglobine bestaat uit globine- en haemgroepen. De haemgroep bestaat uit een protoporphyrinemolecuul rondom een ijzeratoom. Vier globines met hun haemgroep vormen samen het hemoglobine. Er bestaan verschillende humane hemoglobines. HbA1 ($\alpha_2\beta_2$), het meest voorkomende humane hemoglobine, bestaat uit twee α -globine en twee β -globine ketens. HbF ($\alpha_2\gamma_2$), het foetale hemoglobine, bestaat uit twee α -globine en twee γ -globine ketens. Bij gezonden vinden we ook nog een geringe hoeveelheid HbA2 ($\alpha_2\delta_2$), bestaande uit twee α -globine en twee δ -globine ketens. De verschillende hemoglobinevormen kunnen met behulp van elektroforese worden onderscheiden. De normaalwaardes zijn als volgt: HbA1: 95 ~ 98%, HbA2: 2,5 ~ 3,5% en HbF < 1%.

Op de chromosomen 11 (β , γ en δ) en 16 (α) liggen de genen die coderen voor de hemoglobineketens. Bij bepaalde gendefecten is er een verminderde aanmaak van een globinetype. Deze wordt dan gecompenseerd door verhoogde aanmaak van een of meerdere andere globinetyperen. De verschillende vormen van afwijkingen in het (hemo-)globinemolecuul zijn: α -thalassemie, β -thalassemie, sikkelcelanemie en variant hemoglobine. (Voor de volledigheid; bij aanmaakstoornissen van de porfyryne-ring en het haem ontstaat er een porfyrie).

α -Thalassemie

De synthese van de α -globineketen is verminderd of sterk verminderd. Er zijn vrije β -globineketens en HbA1, HbA2 en HbF zijn verlaagd. De ernst varieert van α -thalassemietrait (asymptotisch), via HbH-ziekte (verhoogde erythrocytafbraak in de milt) tot hydrops fetalis. Dit is afhankelijk van het aantal genen waarvan een deletie aanwezig is op chromosoom 16.

β -Thalassemie

De synthese van de β -globineketens is verminderd of afwezig. HbA1 is verlaagd en HbA2 en HbF zijn gevolge van compensatoire aanmaak van respectievelijk δ - en γ -globineketens verhoogd. Daarnaast is er een overschot aan onstabiele vrije α -globineketens welke leiden tot intramedullaire hemolyse. Ook hier is er verhoogd afbraak van erythrocyten in de milt. Er ontstaat zeker bij de ernstige vormen een extramedullaire hematopoëse met hepato- en splenomegalie.

Sikkelcelanemie

Ten gevolge van een autosomaal recessieve vererving ontstaan er afwijkende β -globineketens. Net als bij de variant hemoglobine is er een aminozuur in de β -globineketen vervangen. In dit geval met ernstige gevolgen. Er ontstaat namelijk HbS ($\alpha_2\beta^s_2$). Bij lage O_2 -spanning zal dit HbS polymeriseren en de erythrocyten tot sikkelcellen vervormen die de microcirculatie obstrueren. Ook ontstaat er versnelde afbraak in de milt. Bij infectie, dehydratie (inspanning) of hypoxie kan er een veno-occlusieve crises ontstaan met orgaaninfarcering.

Variant hemoglobine

Er is een aminozuur in de α - of β -globineketen vervangen. Dit kan klinische symptomen veroorzaken. Soms ontstaat er een verhoogd methemoglobine. Dan wordt het Fe^{2+} in de haemgroep omgezet in Fe^{3+} waarna er geen O_2 meer gebonden kan worden door het hemoglobine.

Tabel 6: Toelichting bij α -thalassemie en variant hemoglobine.

De erythrocytaire enzymen waren allen licht verhoogd. Dit werd geduid als een uiting van een jonge cel populatie. Bij het klinisch chemische laboratorium onderzoek werden geen afwijkingen gevonden. Met name LDH en bilirubine als mogelijke uiting van hemolyse waren normaal. Bij hemoglobine elektroforese werden geen afwijkingen gevonden. Naar een aantal veel voorkomende genetische afwijkingen (deleties) bij α -thalassemie werd gezocht, deze werden echter niet aangetroffen. Aanvullend DNA-onderzoek naar α -thalassemie werd ingezet. Ook hiermee kon de diagnose niet worden bevestigd. Onderzoek van bloed van de ouders, broers en zusters van kandidaat werd ingezet om een mogelijk onbekende mutatie door middel van DNA-sequencing op te sporen. Met het beschikbaar komen van geautomatiseerde apparatuur is het mogelijk geworden om van geamplificeerde producten direct de nucleotidenvolgorde te bepalen. Op deze manier kunnen eventuele punt mutaties gemakkelijker geïdentificeerd worden.

	P _B = 534	P _B = 760	mmHg	
VO ₂ max	41,6	53,3	ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹	
SpO ₂ (in rust)	92	99	95 ~ 100 %	
SpO ₂ (inspanning)	74		%	
Hartfrequentie (rust)	84		min ⁻¹	
Hartfrequentie (inspanning)	184		min ⁻¹	
	Vooraf	Na afloop	Na 24 uur	Normaalwaarde
hemoglobine	7,9	7,5	8,0	8,6 ~ 10,7 mmol/l
hematocriet	0,42	0,40	0,41	0,41 ~ 0,50 l/l
reticulocyten	97,7	82,6	86,9	25,0 ~ 120,0 *10 ⁹ /l
LDH	156	138	130	0 ~ 250 U/l
haptoglobine	0,6	0,5	0,5	0,3 ~ 2,0 g/l
Urine				
soortelijk gewicht	1,010	1,010	1,015	1,002 ~ 1,035 kg/l
SpO ₂	92	87	99	95 ~ 100 %

SpO₂: met behulp van een pulsoxymeter gemeten O₂-saturatie van hemoglobine. De meting na afloop is 3 minuten na de maximale inspanning tijdens het herstel.

P_B: de luchtdruk (P_{Barometer}) was 534 mmHg, dit komt overeen met een gesimuleerde hoogte van 10.000 voet (3.048 meter). De PO₂ (de partiële O₂-druk) op de gesimuleerde hoogte is 112 mmHg (op 0 meter niveau is de PO₂ 160 mmHg).

Tabel 7: Uitslagen aanvullend inspanningsonderzoek bij hypoxie.

Conclusie

Er is sprake van een microcytaire hypochrome anemie zonder ijzergebrek en zonder hemolyse. Passend bij hemoglobinopathie. De niet bevestigde waarschijnlijkheidsdiagnose bleef een hemoglobine variant dan wel α -thalassemie. Zie tabel 6 "Toelichting bij α -thalassemie en variant hemoglobine"^{7,8,9}. Op grond van bovengenoemde Appendix 5 to Subpart B Haematology van MAR-FCL3, deel 1 (tabel 4) was het noodzakelijk om een volledig functionele capaciteit vast te stellen. De crises waren immers op grond van de uitgebreide anamnese al uitgesloten. Besloten werd om naast de inspanningstest welke onderdeel uitmaakt van de reguliere keuring voor klasse 1 van de MAR-FCL3 ook een inspanningstest op gesimuleerde hoogte, dus bij hypoxie, uit te voeren. Hierbij kan beoordeeld worden of de functionele capaciteit (tot inspanning) bij deze geringe anemie ook op hoogte behouden blijft. Daarnaast werd voorafgaand aan en na afloop van de inspanningstest laboratoriumonderzoek verricht om eventuele hemolyse op het spoor te komen. Het is mogelijk dat hemolyse bij een hemoglobinopathie geluxeerd wordt door inspanning, vooral wanneer deze inspanning plaats vindt onder hypoxische omstandigheden. In de hypobare tank van het CML werd een hoogte van 10.000 voet (3.048 meter) gesimuleerd. Op deze hoogte is de luchtdruk afgenomen van 760 mmHg naar 534 mmHg. De partiële O₂ druk is afgenomen van 160 mmHg op zeeniveau naar

112 mmHg op de gesimuleerde hoogte. Onder deze omstandigheden werd een inspanningstest verricht met behulp van een in de hypobare tank geplaatste staimaster[®] (een meedraaiend 'oneindig' klimrek). Naast de reguliere bepalingen zoals hartfrequentie, geleverd vermogen en maximaal zuurstofverbruik (VO₂max), werden ook een aantal laboratoriumbepaling verricht. De uitslagen staan in tabel 7. De afname van de VO₂max (van 53,3 ml.kg⁻¹.min⁻¹ vooraf bij buitenlucht op grond niveau naar 41,6 ml.kg⁻¹.min⁻¹ op gesimuleerde hoogte) komt overeen met de door anderen gevonden waarde¹⁰. Deze afname kan verklaard worden door het geringere zuurstofaanbod op de gesimuleerde hoogte en door een afname van de maximale arbeid. Onderzoek van urine werd gedaan om dehydratie uit te sluiten. Hiervan bleek inderdaad geen sprake. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor hemolyse ten gevolge van inspanning onder gesimuleerde hoogte c.q. hypoxie.

Naar aanleiding van de resultaten van dit aanvullende onderzoek kunnen we stellen dat: "*functional capability is demonstrated*". Hiermee is dus voldaan aan de eisen van de MAR-FCL3. Het advies aan de MLA naar aanleiding van deze initiële klasse 1 vliegmedische keuring is: goedkeuren (zonder restricties) en de vliegmedische verklaring klasse 1 toe te kennen. De MLA heeft het advies zonder het opleggen van een restrictie opgevolgd.

THE AVIATION MEDICAL EXAMINATION OF A MILITARY PILOT CANDIDATE WITH A MINOR ANAEMIA

The aviation medical examination is the basis for the flight medical certificate that every airman needs to exercise the privileges of his / her flight licence. There are two different types of aviation medical examinations. The initial examination is very elaborate and requires strict adherence to the regulations. The following periodical examinations leave more room for dispensations and restrictions on the medical certificate. We describe the logistics and procedures of the Dutch military aviation medical examination referring to the MAR-FCL3 regulations. These are compared to the civilian regulations according to JAR-FCL3. The initial examination of a military pilot candidate is used to describe the procedures of the aviation medical examination. A minor anaemia was found in this candidate. Further investigations were necessary before the advise to issue a flight medical certificate could be given.

Literatuur:

1. Evans T.: Chapter 36 - International Regulation of Medical Standards. Uit: Rainford D.J., Gradwell D.P. eds. Ernsting's Aviation Medicine, 4th Ed. Hodder Education: 2006.
2. Mitchell S.J., Evans A.D.: Flight Safety and Medical Incapacitation Risk of Airline Pilots. Aviation, Space, and Environmental Medicine 2004;75(3):260-268.
3. Nederlandse vertaling van de JAR-FCL3 Medisch Inclusief Amendering 5, 2006 http://www.ivw.nl/Images/IVW-DL_FCL%203_A5_tcm247-197700.pdf
4. Flight Crew Licensing (Medical), Amendment 5, 01.12.06 http://www.jaa.nl/licensing/licensing_jars.html
5. MAR-FCL3, 2008, beschikbaar via defensie intranet.
6. JAA Manual of Civil Aviation Medicine, 1 June 2009, Joint Aviation Authorities http://www.jaa.nl/licensing/manual_civil_aviation.html
7. Ma Kai-Wood (RAM 09) Fox Karen Thalassaemia (Mar 08). Uit: US Air Force Waiver Guide. Update 9 November 2009 <http://airforcemedicine.afms.mil/waiverguide>
8. Giangrande P.L.F.: Chapter 43 - Haematology. Uit: Rainford D.J., Gradwell D.P. eds. Ernsting's Aviation Medicine, 4th Ed. Hodder Education: 2006; 657-8.
9. Benz E.J.: Chapter 91 - Hemoglobinopathies. Uit: Kasper D.L., Fauci A.S., Longo D.L. et al. eds. Harrison's Principles of Internal Medicine, 16th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc; 2005.
10. Wehrin J.P., Hallén J.: Linear decrease in VO₂max and performance with increasing altitude in endurance athletes. Eur J Appl Physiol 2006;96:404-412.