

## HOOFDSTUK 10 GEZONDHEID

### MEDISCHE ASPECTEN.

=====

#### INLEIDING

Luchtvaartmedische problemen bij het parachutespringen zijn (naar oorzaak) in vijf hoofdgroepen in te delen.

1. De gevolgen van het afnemen van de luchtdruk met toenemen van de hoogte voor de zuurstofvoorziening.
2. De gevolgen van het afnemen van de luchtdruk met het toenemen van de hoogte voor lichaamsholten.
3. De gevolgen van het verkeerd interpreteren van zintuiginformatie door de hersenen.
4. Psychologische problemen.
5. Verwondingen opgelopen bij exit, vrije val, opening, afdaling en landing.

Hierbij moet worden opgemerkt dat er bijzonder weinig wetenschappelijk onderzoek werd en wordt verricht naar (de gevolgen) van parachutespringen. Alleen in de Engelse en Amerikaanse medische literatuur verschijnt soms een artikel, dat dan meestal afkomstig is van militaire onderzoekers. In oostbloklanden wordt meer onderzoek gedaan. Deze (militaire) informatie wordt echter niet gepubliceerd. Voor de hierboven beschreven punten 1 t/m 4 geldt dat er een bijna volledige overlap bestaat met de gewone problemen uit de luchtvaartgeschiedenis waarvan wel veel onderzoeksresultaten bekend zijn.

#### 1. LUCHTDRIJK, HOOGTE EN ZUURSTOFVOORZIENING

Als basiskennis bij dit onderwerp is het volgende van belang. De relatieve samenstelling van de lucht is met het toenemen van de hoogte vrijwel constant, t.w. 21% zuurstof, 78% stikstof en 1% overige gassen. Met het toenemen van de hoogte neemt echter de druk af: op ca. 18.000 ft is de luchtdruk gehalveerd en op 34.000 ft is de druk nog maar een kwart van de druk op zeeniveau. Absoluut gesproken neemt de beschikbare hoeveelheid zuurstof dus af waardoor er hypoxia (zuurstof tekort) kan ontstaan.

Voor de opname van zuurstof is het lichaam afhankelijk van de gasdruk van deze zuurstof. Door de ademhaling wordt lucht in de longblaasjes gebracht. Zuurstofarm bloed stroomt langs deze longblaasjes en de zuurstof wordt opgenomen door de rode bloedcellen. Dit is een proces dat vooral berust op het ontstaan van een evenwicht. Uit het longblaasje waar de zuurstof in overmaat aanwezig is diffundeert de zuurstof naar de omgeving van de rode bloedcel waar een relatief tekort bestaat. Een verlaging van de gasdruk van de zuurstof heeft afnemen van de hoeveelheid zuurstofmoleculen in de longblaasjes tot gevolg waardoor ook de hoeveelheid zuurstof in het bloed afneemt. door zuurstofgebrek ontstaan storingen in het functioneren van organen. De organen die hier het meest gevoelig voor zijn en waarvan de werking bij zuurstoftekort dus het eerst verminderen, zijn zenuwen, zintuigen en hersenen.

### 1.1 DE VERSCHIJNSELEN BIJ ZUURSTOFTEKORT

**Tot 10.000 ft:** geen duidelijk merkbare verschijnselen. Het vermogen om een nieuwe techniek aan te leren is echter verminderd. Uitvoeren van technieken/vaardigheden die men reeds beheerst geven geen problemen.

**Van 10.000 - 15.000 ft:** weinig of geen merkbare verschijnselen. Het vermogen om ingewikkelde opdrachten uit te voeren is echter wel duidelijk verminderd.

**Van 15.000 - 18 000 ft:** er treden duidelijke verschijnselen op. Men is zich hier echter dikwijls niet van bewust. Waarnemers die niet aan hypoxia lijden zijn vaak de enigen die de verschijnselen kunnen vaststellen.

We noemen een aantal verschijnselen.

- Een duidelijke vermindering van de hogere hersenfuncties. Dit houdt in een verminderd vermogen om problemen op te lossen en oplossingen te bekritisieren. Het vermogen tot denken en rekenen is vertraagd en onbetrouwbaar.
- Duidelijke veranderingen in de gemoedstoestand (overdreven opgewekt of juist somber; plotseling huilen of lachen).
- Verminderde controle over spierbewegingen.
- Soms een vaag - blauwe verkleuring van huid en lippen (cyanose).
- Een licht gevoel in het hoofd, tintelende lippen, vingers en tenen.

**18.000 ft of hoger :** Snel optredende verschijnselen.

- Versterking van bovengenoemde verschijnselen.
- Bewustzijnsverlies.
- Epileptische aanvallen.

Bij en langdurige blootstelling aan hoogten van zo'n 15.000 ft en hoger treedt een zware hoofdpijn op.

NB. Er is een grote individuele spreiding in de gevoeligheid voor zuurstoftekort. Sommigen verliezen het bewustzijn al bij 16.000 ft terwijl anderen pas bij 24.000 ft wegzakken.

De gevoeligheid voor zuurstoftekort wordt versterkt door:

- lage temperaturen
- vermoeidheid
- alcoholgebruik
- gebruik van geneesmiddelen
- roken
- overgewicht

Bij verlies van zuurstofvoorziening op grotere hoogten treedt bewusteloosheid op en na enige tijd blijvende hersenbeschadiging en tenslotte dood (zie tabel).

Veel ziekten kunnen het vermogen om zuurstof op te nemen nadelig beïnvloeden en dus de gevoeligheid voor hypoxia aanmerkelijk doen toenemen. Bekende voorbeelden zijn:

- bloedarmoede,
- hart- en vaatziekten,
- ziekten van de luchtwegen (bijv. astma, chronische bronchitis, etc.).

## **1.2 OGEN**

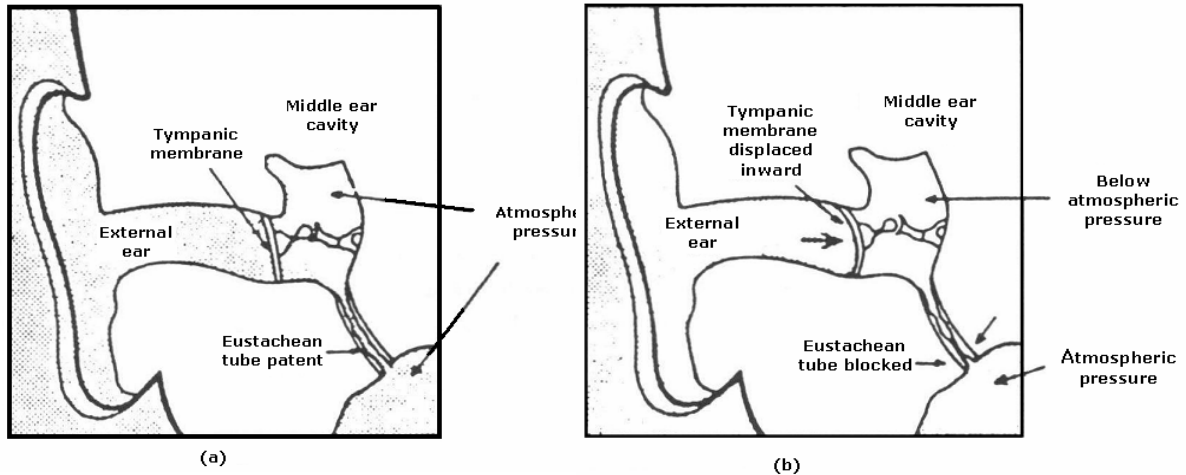
Vanaf 8.000 ft bestaat er een meetbare vermindering van het gezichtsvermogen. Het gaat hier met name om het licht/donker onderscheidingsvermogen (nachtzien). De oorzaak is verminderde zuurstofvoorziening van het netvlies. Vanaf zo'n 12.000 ft wordt hiervan daadwerkelijk hinder ondervonden.

## **1.3 HYPERVENTILATIE-SYNDROOM**

Zie onder punt 4.1.

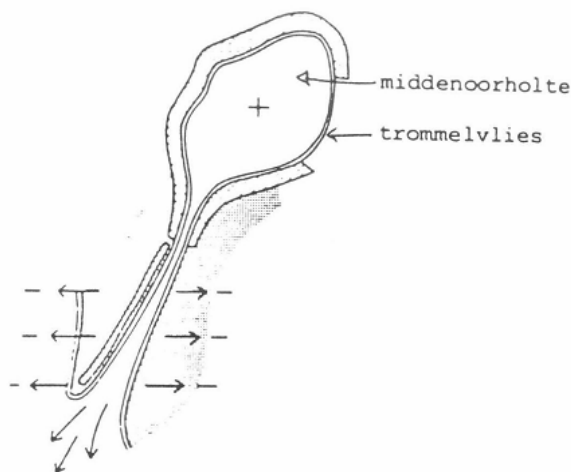
## 2. LUCHTDRIJK, HOOGTE EN LICHAAMSHOLTEN

De middenoorholte is een met lucht gevulde ruimte die de verbinding vormt tussen uitwendige gehoorgang en slakkenhuis (zie figuur 2.1 a).



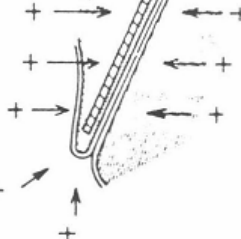
**Figure 2.1 – Diagram of external and middle ear (a) at a constant altitude with a patent Eustachean tube, and (b) during descent with an occluded Eustachean tube. Whilst the Eustachean tube is patent the pressure in the middle ear cavity equals that in the nasopharynx which in turn is equal to that of the atmosphere. If, however, the Eustachean tube is occluded during descent (b) the pressure in the middle-ear cavity is less than that in the nasopharynx and the atmospheric pressure and the pressure difference across the tympanic membrane displaces it into the middle-ear cavity.**

De verbinding met de buitenwereld wordt gevormd door de buis van Eustachius, die uitkomt in de overgang van neus- naar keelholte. Luchtdrukverschillen kunnen door het lichaam worden opgevangen door deze buis tijdelijk te openen d.m.v.. slikken, geeuwen of de manoeuvre van Vasalva (= met dichtgeknepen mond en neus lucht in de neusholte persen). De buis werkt als een soort "one-way-valve". Een overmaat aan lucht verlaat het oor vaak ongemerkt, terwijl het inbrengen van lucht vaak actief moet gebeuren (zie figuur 17.1 en 17.2).



**Figure 17.1 – Diagrammatic representation of middle ear and Eustachean tube during ascent. With reducing environmental pressure, the air in the middle ear expands, bulges the tympanic membrane and passively opens the Eustachean tube.**

**Figure 17.2 – Diagrammatic representation of the middle ear and Eustachean tube during descent. With increasing environmental pressure the tympanic membrane is forced inwards and unless there is pressure equalization through the Eustachean tube, barotrauma will occur if the descent is continued.**



Bij het stijgen van het vliegtuig gebeurt het opheffen van luchtdrukverschil vaak ongemerkt. Gemiddeld gebeurt dit per 500 of 1.000 ft. Zou dit niet gebeuren dan komt het trommelvlies hol (naar binnen) te staan. Men krijgt een vol gevoel in het oor en het gehoor vermindert. Bij een bovenste luchtweginfectie (verkoudheid, keelontsteking, bijholteontsteking) ontstaat verstopping van de buis van Eustachius door zwelling van de wand van de buis, ontstekingsprodukten en slijm. De luchtdruk in het middenoor kan niet meer worden aangepast en er treedt een scherpe borende pijn in het oor op. Deze pijn kan zo ernstig zijn dat men tot geen normale handeling meer in staat is! Verder kan men last hebben van oorsuizingen, misselijkheid en duizeligheid. Een scheur in het trommelvlies kan het gevolg zijn. De Engelse benaming voor dit beeld is 'otitic barotrauma'.

## 2.1 DE SINUSSEN

Dit zijn kleine holten in de gelaatsbeenderen (neusbijholten, kaakholten, voorhoofdsholten). Ze zijn aan de binnenzijde met slijmvlies bekleed en door nauwe kanaaltjes verbonden met de neusholte. Als men verkouden is of een andere bovenste luchtweginfectie heeft, zijn de slijmvliesen van deze holten en hun afvoergangen vaak ook gezwollen en ontstoken. Vooral tijdens de daling is er dan vaak geen passage van lucht mogelijk en er ontstaat een ernstig borende pijn in wangen, voorhoofd, oogkassen of verspreid door het hele hoofd. De Engelse term is 'sinus barotrauma'. Met de manoeuvre van Vasalva is deze pijn niet erg op te lossen. Eventueel wel met langzamer dalen. Op de grond aangekomen kunnen (evenals bij middenoorproblemen) neusdruppels en andere middelen die het slijmvlies doen slinken uitkomst bieden.

## 2.2 MAAGDARMKANAAL

Dit bevat ca. 100 ml lucht die gaat expanderen. Normaal heeft men hiervan geen last.

Soms kunnen er wel klachten optreden:

- na het eten van koolsoorten, bonen, vezelrijk voedsel,
- na het gebruik van koolzuurhoudende dranken,
- bij een maag - darm ontsteking.

Hiervoor gevoelige individuen kunnen zelfs door de pijn flauwvallen.

## 2.3 TANDEN

Deze geven problemen als er expansie van opgesloten gas optreedt:

- gaten onder bestaande vullingen,
- gasvorming in ontstekingen van de tandwortelpunt.

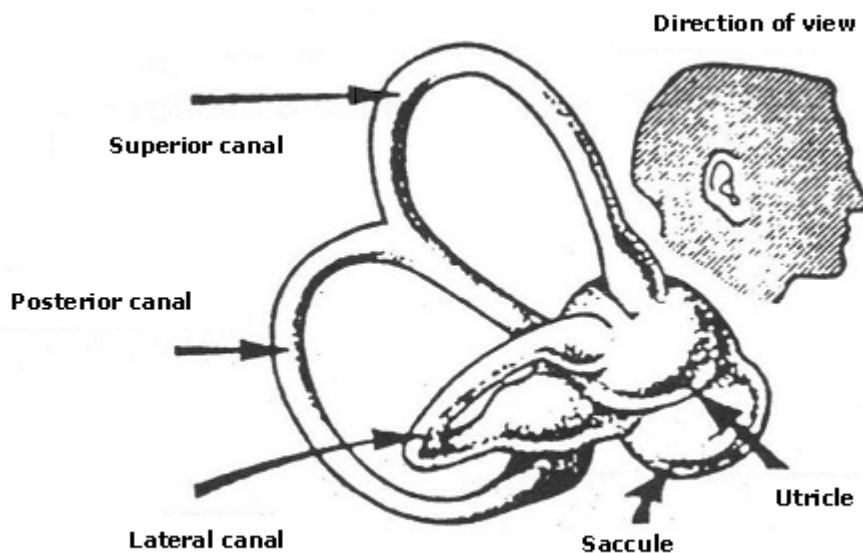
Veel van deze twee gebitsafwijkingen treden ongemerkt op. Tenminste 20% van de mensen met een gesaneerd gebit blijkt toch een of meer van deze afwijkingen te hebben.

### **3. VERKEERDE INTERPRETATIE VAN ZINTUIGINFORMATIE DOOR DE HERSENEN**

De belangrijkste informatie over houding en beweging in de lucht komt van twee zintuigorganen te weten de ogen en het evenwichtsorgaan. Bij tegenstrijdige informatie van deze twee systemen geven de hersenen in principe de voorkeur aan de informatie afkomstig van de ogen. Op het moment dat van de ogen geen informatie beschikbaar is geeft de informatie van de evenwichtsorganen de doorslag bij het nemen van beslissingen. Deze informatie is echter niet betrouwbaar. Het evenwichtsorgaan is opgebouwd uit twee onderdelen die ieder dubbel zijn aangelegd (links en rechts). De onderdelen zijn de halfcirkelvormige kanalen en het otolietorgaan.

#### **3.1 HALFCIRKELVORMIGE KANALEN**

In ieder oor bevinden zich drie halfcirkelvormige kanalen die in drie vlakken loodrecht op elkaar staan (zie figuur 4).



**Fig. 4. The vestibular Apparatus on the Starboard Side**

De kanalen zijn met vloeistof gevuld en in de basis van elk kanaal bevindt zich een klepvormig uitsteeksel, de cupula. Tijdens het draaien van het hoofd blijft de vloeistof in het kanaal als gevolg van massa-traagheid achter in beweging. Door de stroming van de vloeistof langs het klepvormig uitsteeksel worden zenuwcellen geprikkeld en zo signalen afgegeven aan de hersenen. Als de draaiing blijft voortduren zal tenslotte de vloeistof tot stilstand komen en worden geen signalen meer afgegeven aan de hersenen. Stopt nu de draaibeweging dan doet hetzelfde proces zich weer in omgekeerde richting voor (zie figuren 5 en 20.8). Dit heeft tot gevolg dat in situaties waarin waarnemen met het oog moeilijk of onmogelijk is door de hersenen informatie van de halfcirkelvormige kanalen als volgt wordt opgevat.

Een versnelling: als een constante beweging.

Een constante beweging: als rust.

Verandering in een beweging: als acceleratie.

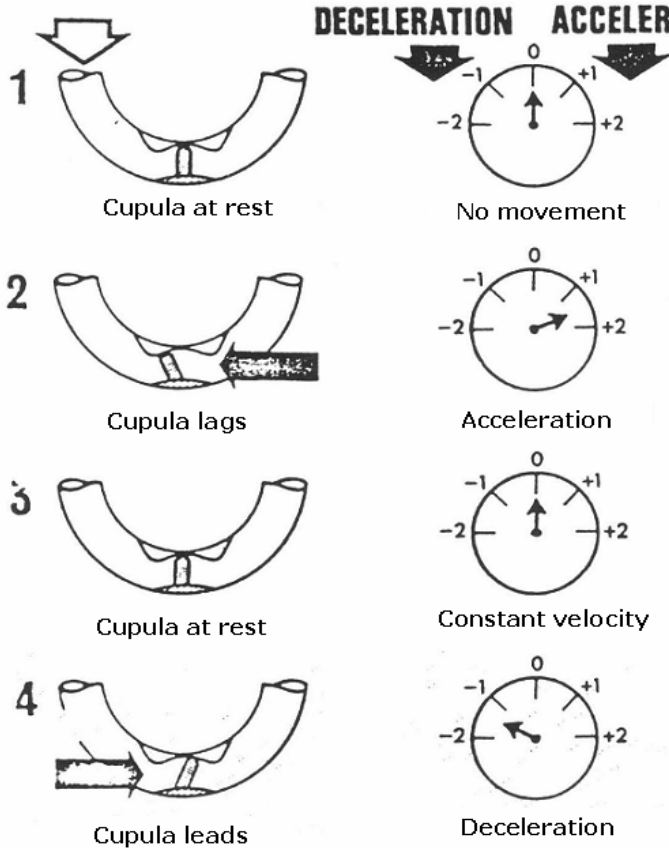
SEMI-CIRCULAR  
CANAL

Fig. 5. Cupula Response to Acceleration

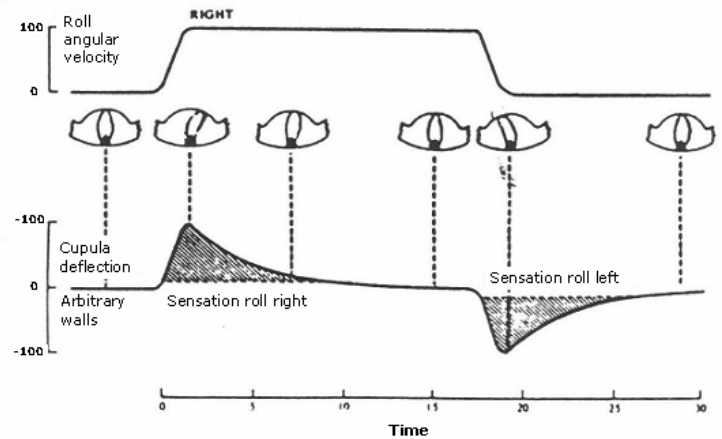


Figure 20.8 – Response of the semicircular canal and sensations of turning during prolonged rotation. The upper graph shows the angular velocity during a sustained rolling manoeuvre. The lower graph shows the deflection of the cupula of a vertical semicircular canal stimulated by the angular motion.

## 3.2 OTOLIET-ORGAAN

Dit orgaan is gevoelig voor de richting en de sterkte van de zwaartekracht. Het bestaat uit een aantal haarcellen waarop een plaatje van steenachtig materiaal steunt. In ieder oor bevinden zich er twee, een in het horizontale en een in het verticale vlak. bij een versnelling of vertraging van het hoofd worden de haarcellen verbogen waardoor ze een signaal afgeven naar de hersenen. Het probleem van dit orgaan is dat een verschil tussen vooroverbuigen van het hoofd en een vertraging van het hoofd in rechte stand (evenals tussen achterover buigen van het hoofd en een versnelling van beweging) niet kan worden gevoeld.

Voor het parachutespringen is hiervan praktisch het belang dat men bij sprongen in bewolking, bij nacht en slecht zicht alsmede boven grote monotone oppervlakten (water, sneeuw, woestijn), foute informatie van het zenuwstelsel kan krijgen. het zijn vaak sprongen waarbij visuele correctie moeilijk is. Men kan bijvoorbeeld het idee hebben dat men stil ligt terwijl men in werkelijkheid draait.

#### 4. PSYCHOLOGISCHE PROBLEMEN

Hieronder worden een aantal problemen behandeld die geheel of gedeeltelijk hun oorzaak hebben in psychologische "tekortkomingen" van springers.

##### 4.1 HET HYPERVENTILATIE-SYNDROOM

Doordat er sneller en dieper wordt ademgehaald dan nodig is, wordt veel CO<sup>2</sup> uitgeademd. Hierdoor daalt de zuurgraad van het bloed.

De volgende verschijnselen kunnen optreden:

- tintelend gevoel in vingers, tenen en rond de mond,
- licht gevoel in het hoofd,
- gevoel van spanning.

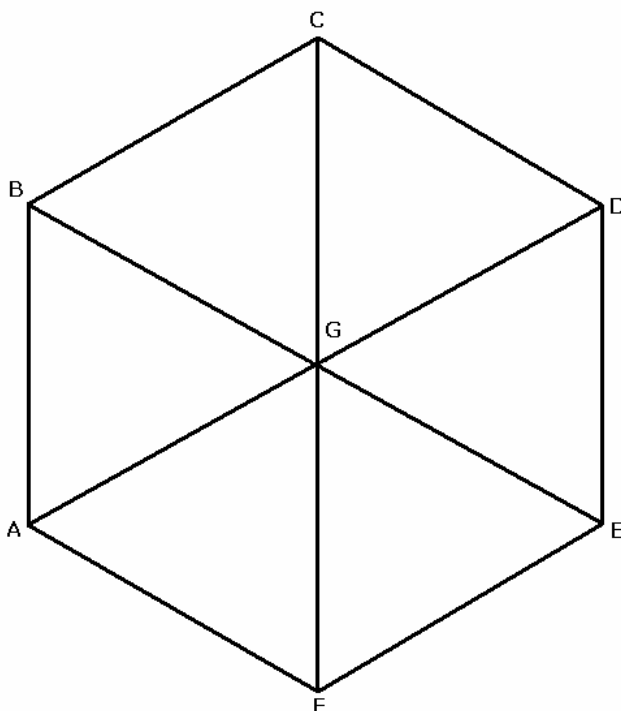
Bij toename van het CO<sup>2</sup> tekort ontstaat een verminderde bloedtoevoer naar de hersenen en daardoor spierkrampen en bewustzijnsverlies.

De oorzaak van het te diep en te snel ademen kan liggen in de verminderde zuurstof op grotere hoogten. Hierdoor wil het lichaam als natuurlijke reactie sneller gaan ademen (medisch fysiologische oorzaak). Ook kan het zijn dat door spanning en angst een "vecht- en vluchtreactie" wordt opgeroepen. De bloeddruk stijgt, de hartslag versneld en de ademhaling neemt toe. In beide gevallen raakt men in een zichzelf versterkende kringloop. De oplossing voor dit probleem is gecontroleerd trachten adem te halen. Men moet bewust langzaam in- en uitademen. In korte tijd zullen dan de verschijnselen verdwijnen. Als een patiënt niet meer voor rede vatbaar is of bewusteloos is geraakt, moet een grote plastic zak goed afsluitend om de mond en neus worden gehouden. De patiënt ademt dan zijn eigen uitademingslucht en dus ook CO<sup>2</sup> weer in waardoor binnen enkele minuten verbetering optreedt.

##### 4.2 REAKTIE TIJD, WAARNEMING EN BESLISSING

Hoewel twee mensen zintuiglijk precies hetzelfde kunnen waarnemen, kan het beeld dat zij zich van de waarneming in de hersenen vormen totaal verschillen. Het plaatje hieronder geeft hiervan een goed beeld. Men kan deze tekening 27.8 op drie manieren zien.

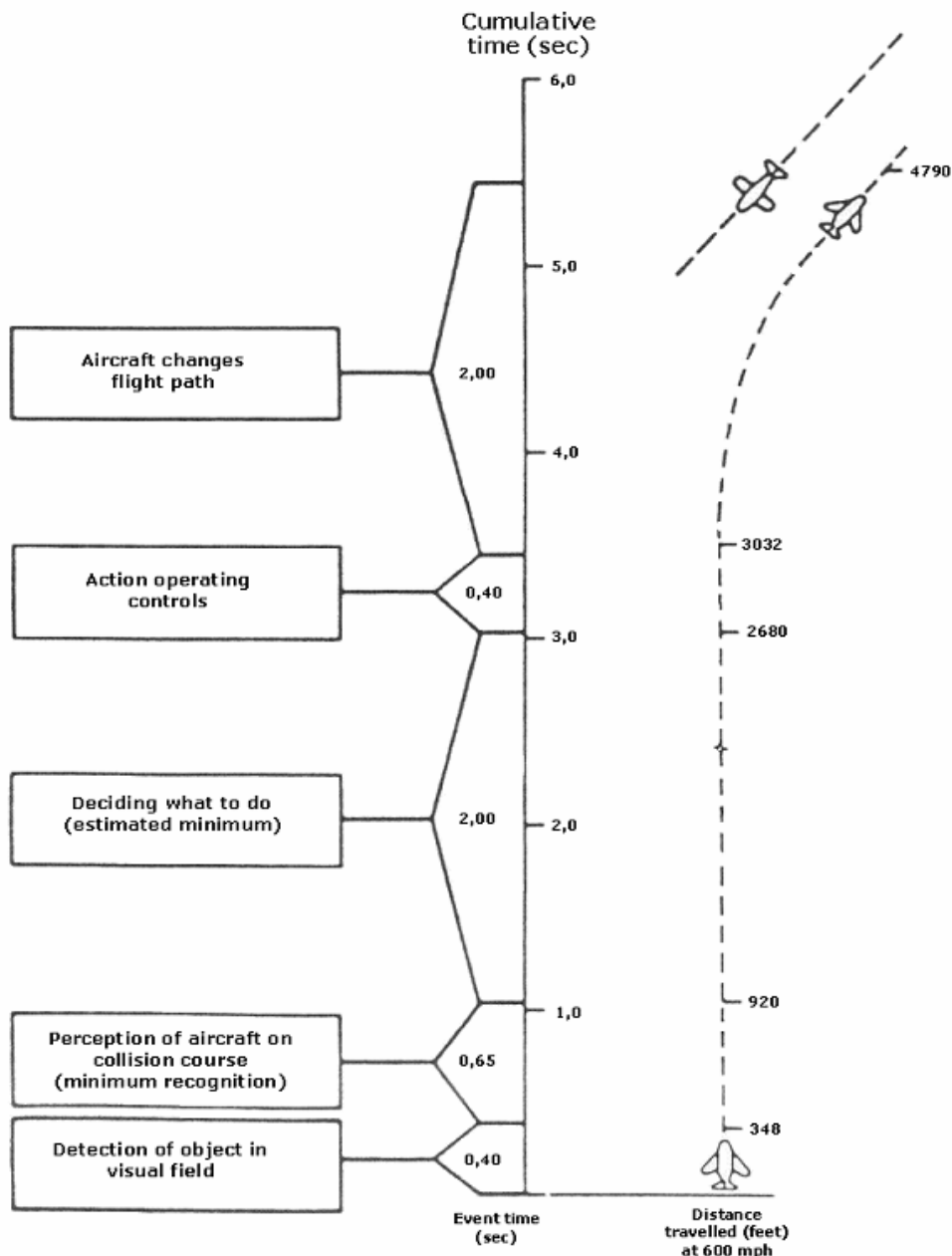
1. Als een tweedimensionale afbeelding van zes gelijkvormige driehoeken.
2. Als een bovenaanzicht op een driedimensionale kubus met als bodemvlak BCDG.
3. Als een onderaanzicht van een driedimensionale kubus met als ondervlak AFEG.



**Figure 27.8 – An example of an ambiguous figure. Is it a regular hexagon or is it a three dimensional cube? If it is a cube which is the front face of the cube, ABGF or GFED?**



Uit onderzoek met vluchtsimulators bij vliegers in de VS en uit onderzoek bij militaire parachutisten, is gebleken dat er een forse periode van 1 tot 1,5 seconde ligt tussen het zintuiglijk waarnemen van een (potentieel) gevaar en het daadwerkelijk bewust worden van het gevaar. Vervolgens moet een beslissing worden genomen, hetgeen ongeveer 1 tot 2 seconden neemt. Daarna volgt de tijd nodig voor het uitvoeren van de beschermende maatregelen en daarbij behorende effect. Het kan dus makkelijk 5 tot 6 seconden duren van het moment van ontstaan van een storing tot het moment dat men onder een ontplooide reserve hangt (zie als illustratie hieronder).



**Figure 27.12 – A diagrammatic representation and tabulation of the elements which determine the speed of response in a situation where the pilot of one aircraft detects another aircraft approaching on a potential collision course.**

### 4.3 VERSCHILLEN IN ANGSTBELEVING.

Er zijn verschillen in angstbeleving tussen leerlingen en ervaren springers. Met name verschillen voor en tijdens de sprong. Bij beide groepen bleek na onderzoek dat de angstgevoelens maximaal waren op het moment dat definitief werd besloten te gaan springen. Voor ervaren springers was dit het moment waarop zij naar het vliegveld vertrokken; voor leerlingen het moment dat zij het vliegtuig moesten verlaten.