

# ITALIAN JOURNAL OF AEROSPACE MEDICINE



N. 3 - JULY 2010



AIMAS - ASSOCIAZIONE ITALIANA DI MEDICINA AERONAUTICA E SPAZIALE

# THE DEVELOPMENT OF NEW TESTS FOR THE EVALUATION OF COLOUR PERCEPTION: THE COLOUR ASSESSMENT AND DIAGNOSIS (CAD) TEST.

Sviluppo di nuovi test per la valutazione della percezione dei colori:  
*il Colour Assessment and Diagnosis (CAD) test.*

## ■ ANTONELLO FURIA MD

Ente Nazionale per l'Aviazione Civile  
 Direzione Centrale Standardizzazione Sicurezza – Roma.

## ✓ CORRESPONDING AUTHOR/CONTATTI

Dr. Antonello Furia

ENAC

Direzione Centrale Standardizzazione Sicurezza

Via di Villa Ricotti, 42 – 00161 Roma.

tel. +39 06 4418 5759

a.furia@enac.gov.it

### ► Short title

Evaluation of colour perception.

### ► Keywords

Colour perception, Hishiara, Colour Assessment Diagnosis (CAD).

**W**hat is the correct level of colour vision necessary to safely conduct flight operations? Furthermore, is it possible to introduce new colour vision tests, to reduce the number of people declared permanently unfit for flight licenses while still maintaining the highest safety standards?

These questions have arisen in the work discussions ENAC is participating to, as new medical standards are being established just before the new European medical requirements, to be issued by the European Aviation Safety Agency (EASA), will come into force.

Even if the Ishihara plates (*see Figure n°1*) will remain the reference point, a new computerized test, named "CAD" (Colour Assessment Diagnosis), has been proposed to the international scientific community to replace the limits of the current primary and secondary tests considered acceptable by new medical requirements.

### ► Titolo breve

Valutazione della percezione dei colori.

### ► Parole chiave

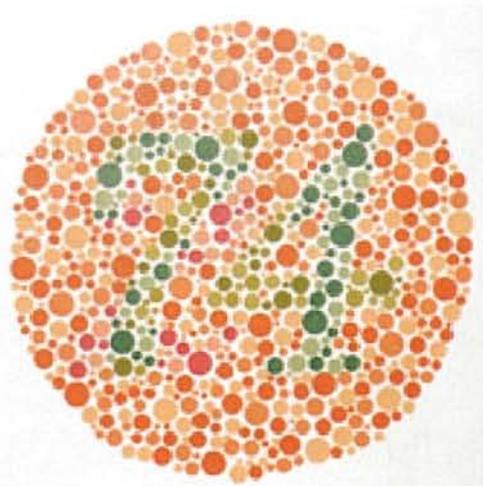
Percezione dei colori, Hishiara, Colour Assessment Diagnosis (CAD).

**Q**uale è il corretto livello di visione dei colori necessario per la condotta in sicurezza delle operazioni di volo? Ed ancora. È possibile introdurre nuovi test in grado di ridurre il numero di soggetti dichiarati permanentemente non idonei al conseguimento di licenze di volo seppure nel rispetto dei più elevati standard di sicurezza?

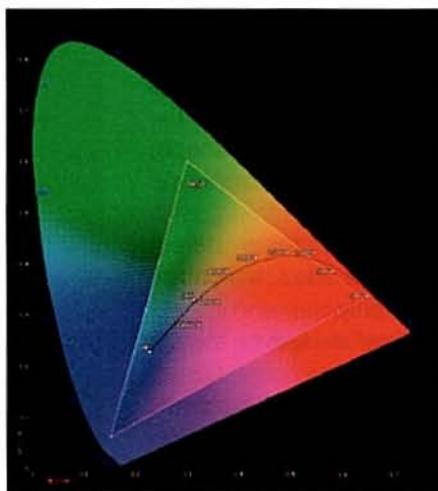
Queste sono le domande che ci si pone nell'ambito dei gruppi di lavoro impegnati nella preparazione dei nuovi standard medici a poca distanza dall'entrata in vigore della normativa europea in materia di requisiti psicofisici che sarà pubblicata dall'EASA.

Anche se le tavole di Ishihara sono destinate ad essere ancora il punto di riferimento, un nuovo test computerizzato, il CAD (Color Assessment Diagnosis) è stato proposto alla comunità scientifica internazionale allo scopo di superare i limiti degli attuali test primari e secondari ritenuti accettabili dalla normativa.

Fig. 1. Hishiara table/Tavola di Ishihara.



CIE Diagram (Commission Internationale de l'Eclairage) 1931/ Diagramma CIE.



As a matter of fact, the standards in use for colour perception, even those fixed by JAR-FCL3, come from the first rules introduced in aviation in 1919 by the Aviation Commission of the International Authority of Civil Air Navigation, on the grounds of requirements in use at that time in the Navy.

Colour vision deficiency may be defined as the incapacity to perceive some colour tone and, in the more severe cases, yet extremely uncommon, the colour "blindness" can occur, in which all colours are perceived as tones of white, black or grey.

Almost all cases of colour deficiency vision are hereditary. In some cases, they are caused by diseases such as diabetes, macular degeneration or by the use of some anti-hypertensive medications or other drugs used to treat heart pathologies.

In brief, the altered colour perception depends on the lack of enough pigment in one, two or all the three types of cones present in the retina, whose pigments are sensitive to the light stimulus of a different range of wavelengths.

ICAO statistics shows that the impact of colour perception deficiency is about 8% in males and 0.8% in females even though percentages vary depending on geographical regions. About 99% of perception deficiencies are reported on the red-green axis which cause, in fact, the inability to distinguish some tones of red and green.

Nevertheless, thousands of pilots all over the world have been declared fit to fly even though they were unable to pass the most common colour vision primary tests; however, they got their medical certification following an alternative test, commonly defined as "secondary".

In order for a pilot to be declared fit, current colour vision requirements dictate that the first 15 isochromatic Ishihara plates must be correctly identified without any mistakes (the total possible number of tables is 24).

di colori o nei casi più severi comunque estremamente rari, dare "cecità" ai colori ovvero quella condizione in cui tutti i colori sono percepiti come sfumature di bianco, nero o grigio.

La quasi totalità dei deficit di percezione dei colori è di carattere ereditario anche se in alcuni casi possono essere causati da malattie quali il diabete, la degenerazione maculare o essere causati dall'assunzione di alcuni farmaci anti ipertensivi o impiegati nel trattamento di patologie cardiache.

L'alterata percezione dei colori dipende in sintesi dalla quantità di pigmento mancante in uno, in due od in tutti e tre i tipi di coni presenti nella retina i cui relativi pigmenti sono sensibili allo stimolo luminoso di una diversa gamma di lunghezze d'onda.

Le statistiche ICAO mostrano che l'incidenza dei deficit della percezione dei colori è di circa l'8% nei maschi e dello 0,8% nelle femmine pur con delle differenze legate alla regione geografica. Circa il 99% dei deficit di percezione si registra sull'asse rosso-verde che determina l'incapacità di distinguere, appunto, alcune sfumature di rosso e di verde. Ciononostante migliaia di piloti nel mondo sono dichiarati idonei al volo sebbene non siano in grado di superare i più comuni test primari di visione dei colori ed abbiano ottenuto la certificazione medica a seguito del superamento di un test alternativo, più comunemente definito secondario.

Infatti, secondo la normativa in vigore un candidato pilota, per essere giudicato idoneo relativamente alla visione dei colori, deve superare senza errori, l'interpretazione delle prime 15 tavole isocromatiche di Ishihara delle complessive 24 che compongono il test.

È importante evidenziare che il 15% circa dei soggetti sani dal punto di vista della percezione dei colori non supera il test di Ishihara e di conseguenza, per essere dichiarati idonei, devono essere sottoposti ad un test secondario.

Infatti, in caso di fallimento del test primario il sog-

Infatti, gli standard in uso in materia di percezione dei colori, anche quelli stabiliti dalla Jar-Fcl3, derivano dalle prime norme introdotte nel 1919 in aviazione dalla Commissione Aeronautica dell'Autorità Internazionale della Navigazione Aerea Civile sulla base dei requisiti al tempo in uso nella Marina Militare.

Il deficit della visione dei colori può essere definito come l'incapacità a percepire alcune sfumature

It is important to notice that about 15% of healthy candidates do not pass the Ishihara test, and, consequently, must pass a secondary test, to be declared fit.

In case of primary test failure, the subjects can be declared "fit" only if they pass one of the tests indicated in the JAR-FCL3 Appendix 14 (section 1 – subart B and C) namely: the Nagel anomaloscope, Holmes-Wright lantern, Spectrolux lantern or Beyne lantern tests.

All the aforementioned secondary tests detect exclusively the most common deficiencies, which are those along the "red-green" axis only.

Deficiencies along the "blue-yellow" axis, even though far less common, are not detected.

It is noteworthy that not one of the tests currently in use, is able to "quantify" the colour perception deficiency, nor ascertain if the specific type of deficiency is indeed relevant for safety with respect to the accomplishment of critical flight tasks.

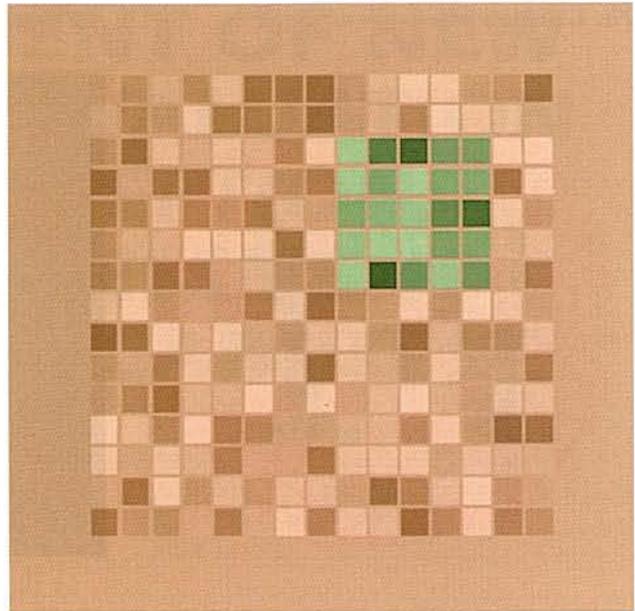
Until now, only few accidents have been linked to the presence of colour perception deficiency in one of the crew members. The most significant one was the accident of a B727-200F Federal Express flight on July 26<sup>th</sup>, 2002 in Tallahassee (Florida-USA) where the first officer showed deficiency in colour vision which interfered, in the critical phase of landing, with the ability to discern the white and red lights of the precision approach path indicator (PAPI – Precision Approach Path Indicator).

Starting from these considerations, the UK CAA and the Federal Aviation Administration carried out, together with other partners, few studies in order to determine in which way colour vision deficiencies could be measured with some accuracy as well as to ascertain the "minimum standards" of colour vision for pilots and civil air traffic controllers.

For this purpose, one of the main targets of these studies was to try and understand if subjects with limited deficiency were able to conduct the most demanding tasks (critical for the flight safety and linked to colour perception) with the same accuracy as pilots with normal trichromatic vision. The most safety-critical colour-related task in piloting was found to be the interpretation of the coloured PAPI signal lights and, on the ground, the parking stand lights.

The CAA-FAA studies achieved the target of defining the variability within the normal colour vision and identifying even the slightest colour perception deficiency which are frequently unnoticed during conventional tests, classifying them with accuracy and certainty.

This is now possible by the employment of a new computerized test, the Colour Assessment Diagnosis (CAD) that can be administered through a calibrated display from which stimuli, each one isoluminant and of a definite chromaticity and saturation, are shown in motion along diagonal directions on a square-shaped background (see Figure n°2) divided in large pixels each one with different grey tones with a continuous



**Fig.2. CAD test display.**

getto può essere dichiarato "idoneo" solo nel caso di superamento di uno dei test nell'Appendice 14 (sezione 1-sottoparte B e C) della Jar-Fcl3 ritenuti accettabili ovvero, l'anomaloscopio di Nagel, la lanterna di Holmes-Wright, la lanterna Spectrolux, quella di Beynes.

Tutti i test secondari citati hanno il limite di poter rilevare esclusivamente i deficit di più frequente riscontro, che come detto sono quelli sul solo asse "rosso-verde".

I deficit sull'asse "blu-giallo", seppur di gran lunga meno comuni, non vengono rilevati.

L'aspetto più rilevante è che nessuno dei test attualmente in uso, è in grado di "quantificare" il deficit di percezione e di stabilire se il determinato tipo di deficit rilevato sia da ritenere critico per l'effettuazione dei compiti di pilotaggio.

Ad oggi solo un numero limitato di incidenti è stato messo in relazione con la presenza di deficit di percezione dei colori in uno dei membri di equipaggio; quello più importante è stato l'incidente di un B.727-200F della Federal Express il 26 luglio 2002 a Tallahassee (Florida-USA). Il primo ufficiale presentava un deficit di visione dei colori che è stato accertato, ha interferito nella fase critica dell'atterraggio, essendo il pilota incapace di distinguere le luci rosse e bianche dell'indicatore visivo del sentiero di avvicinamento di precisione (PAPI - Precision Approach Path Indicator).

Partendo da queste considerazioni la CAA inglese e la Federal Aviation Administration hanno condotto assieme ad altri partner, alcuni studi in modo da determinare in quale maniera i deficit di visione dei colori potessero essere misurati con una certa accuratezza, anche al fine di stabilire i "requisiti minimi" di visione di colori per i piloti ed i controllori di volo dell'aviazione civile. A tale fine, uno dei principali aspetti degli studi condotti è stato quello di cercare



luminance variation to hide the positive effect that would help the candidate interpret the colour. The candidate is requested to indicate the direction of the coloured stimulus's movement, operating on a special keyboard.

The duration of the quick test version, proposed as a substitute of the Ishihara plates, is only 30 seconds and 94% of all subjects pass this test without the need for further assessment through the "complete" version of the same CAD test.

In fact, the "Full-CAD" test is able to ascertain the exact type of deficiency and classify the subject, on the grounds of the limits established from the results of UK CAA-FAA studies conducted in the CAD test planning stage, as "colour safe" or "colour unsafe" with respect to flight safety and therefore to medical fitness.

It is important to point out that if the new, experiment-based, pass/fail colour limit were adopted, 36% of deutan subjects and 30% of protan subjects would be classified as safe to fly.

The CAD test is proposed for the future medical regulation, as a substitute of the Ishihara test and the existing secondary tests that are still confirmed as principal screening tests by the European Agency.

However, discussion is in progress within the European Chief Medical Officer Forum and the EASA about the possible next steps of regulation evolution.

For further information and details on the studies conducted about the project and functioning of CAD test we suggest the FAA document: "Minimum Colour Vision Requirements for Professional Flight Crew, Part III: Recommendations for New Colour Vision Standards" (June 2009) on the website [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

#### ► REFERENCES - BIBLIOGRAFIA

- 1) ICAO. *Manual of Civil Aviation Medicine*. Part III, "Medical Assessment" Section 11.8, Colour vision"; 2008.
- 2) JAA Joint Aviation Requirements. *Flight Crew Licensing-Medical*. Section 1 and 2; 2005.
- 3) JAA. *Manual of Civil Aviation Medicine*. Feb. 2005 [www.jaa.nl](http://www.jaa.nl)
- 4) Federal Aviation Administration. *Minimum Colour Vision Requirements for Professional Flight Crew, Part III: Recommendations for New Colour Vision Standards*. June 2009 [www.faa.gov](http://www.faa.gov)
- 5) Civil Aviation Authority, Safety Regulation Group. *Minimum colour vision requirements for professional flight crew- Part 1: The use of colour signals and the assessment of colour vision requirements in aviation*. Paper 2006/04. 2006b. [www.caa.co.uk](http://www.caa.co.uk)
- 6) Civil Aviation Authority, Safety Regulation Group. *Minimum colour vision requirements for professional flight crew- Part 2: Task analysis*. Paper 2006/04. 2006a: [www.caa.co.uk](http://www.caa.co.uk)

di comprendere se soggetti con deficit limitati fossero in grado di condurre i compiti più impegnativi, critici per la sicurezza del volo e correlati con la percezione dei colori, con la stessa accuratezza di un individuo con normale visione tricromatica. È stato riscontrato a tal proposito, che il compito più critico nell'attività di pilotaggio è l'interpretazione dei segnali colorati delle luci PAPI ed a terra, quella delle luci in fase di avvicinamento al parcheggio.

Attraverso gli studi CAA-FAA è stato ottenuto di definire la variabilità che esiste all'interno di quella che è considerata una visione normale dei colori ed individuare con certezza, classificandoli con accuratezza, persino i più piccoli deficit della percezione dei colori che molte volte passano inosservati nei test convenzionali.

Questo è oggi possibile attraverso un nuovo test computerizzato, il Color Assessment Diagnosis (CAD) che può essere somministrato mediante un display calibrato attraverso il quale stimoli, caratterizzati ognuno da una precisa colorazione e saturazione sono presentati in movimento lungo le direzioni diagonali su uno sfondo di forma quadrata diviso in "pixel" di grandi dimensioni (*vedi figura n°1*) ognuno colorato in una delle varie tonalità di grigio con variazione continua della luminanza in modo da mascherare l'effetto positivo che "aiuterebbe" il candidato nell'interpretazione del colore dovuto alla luminanza stessa. Al soggetto è richiesto di segnalare la direzione del movimento degli stimoli colorati agendo su una apposita tastiera.

La durata della somministrazione del test rapido, proposto come sostituto alle tavole di Ishihara, è di soli 30 secondi ed il 94% di tutti i soggetti superano il test senza la necessità di ulteriori accertamenti attraverso la versione "completa" dello stesso CAD test.

Infatti il *Full-CAD* test è in grado di stabilire con esattezza il tipo di deficit e classificare il soggetto, in base ai parametri stabiliti in fase di progettazione, come "colour safe" o "colour unsafe" ai fini della sicurezza del volo e quindi della certificazione.

È importante rilevare che circa il 35% di tutti i soggetti con un deficit di percezione dei colori passa tale test.

Il CAD test si propone, in prospettiva, di sostituire le tavole di Ishihara ed i test secondari attualmente, in uso che al momento, comunque sono stati confermati nella regolamentazione in preparazione come test principale di screening. È comunque in atto un confronto nell'ambito dell'European Chief Medical Officer Forum ed in EASA su quelle che potrebbero essere, su tali questioni, i passi successivi dell'evoluzione normativa.

Per informazioni più dettagliate sugli studi condotti, sulla progettazione e sul funzionamento del CAD test si suggerisce di consultare il documento della Federal Aviation Administration dal titolo "Minimum Color Vision Requirements for Professional Flight Crew, Part III: Recommendations for New Color Vision Standards" (June 2009) presente sul sito [www.faa.gov](http://www.faa.gov)