

S.R. Bratner¹, A. Vichi², J. Borbély³, H.A. Jakstat¹

Der Ishihara-Test als Beamerprojektion zum Screening der Farbtüchtigkeit in der Zahnmedizin



S.R. Bratner

The Ishihara test as a data-projection – still a valid screening tool to test red-green-color deficiency

Für die Bestimmung der Zahnfarbe und in der Epithetik ist das Wissen der Zahnärzte, Zahntechniker und zahnmedizinischen Fachangestellten um ihre Farbsehfähigkeit von grundlegender Bedeutung. In einer internationalen Studie der Zahnkliniken der Universitäten Leipzig, Budapest und Siena sollte festgestellt werden, ob sich der Ishihara-Test als anerkanntes Testverfahren eignet, um die Farbsehfähigkeit größerer Gruppen in Form einer Beamerprojektion schnell und ohne großen Aufwand zu überprüfen. Von den 272 Probanden waren 125 männlich und 147 weiblich. Zur Verifizierung schlossen sich Kontrollen mittels Farnsworth-15-Test, Lanthony-D 15-Test und PC-Anomaloskop sowie eine statistische Auswertung an. In der vorliegenden Studie erzielte der Ishihara-Test eine Sensitivität von 100 % und eine Spezifität von 99,6 %. Der Farnsworth-15-Test erwies sich in dieser Untersuchung mit einer Sensitivität von 21,4 % als zu unempfindlich. Es zeigte sich, dass der Ishihara-Test in Form einer Beamerprojektion geeignet ist, die Farbsehfähigkeit größerer Gruppen von Personen im Bereich der Zahnmedizin und -technik schnell und ohne großen Aufwand screeningmäßig und mit ausreichender Genauigkeit zu überprüfen. (Dtsch Zahnärztl Z 2010; 65: 29–33)

Schlüsselwörter: Zahnfarbe, Farbdifferenzierung, Farbtüchtigkeit, Ishihara-Test

Color deficiency might be a severe drawback for dentists. Only few faculties schedule a test for color deficiency for their students on a regular basis. A well known test for red-green-color deficiency is the Ishihara test. For testing printed tables are presented to an individual. The aim of this study was to determine, if the Ishihara test is still a valid screening tool, when the color tables are presented to a big group using a common data-projector. The universities of Budapest, Siena and Leipzig participated in the study. 25 Ishihara tables were presented to a group of 272 students, 125 male and 147 female. As „gold standard“ all participants were also tested using Farnsworth-15 test, Desaturated-Lanthony-D 15 test or an anomaloscope. Sensitivity of the Ishihara test (compared to the anomaloscope test) proved to be 100 %, where 14 (11.2 %) of the male participants showed a red-green-color deficiency. Specificity was computed to be 99.6 %. Showing the Ishihara test with a data-projector seems to be an efficient way to test dental students for red-green-color deficiency.

Keywords: tooth color, color deficiency, Ishihara test

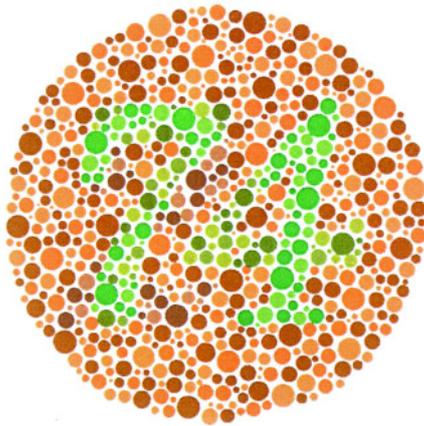
¹ Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Universitätsklinikum Leipzig

² Universität Siena, Italien

³ Semmelweis-Universität, Budapest

Peer reviewed article: eingereicht: 18.06.2009, akzeptiert: 03.09.2009

DOI 103238/dzz.2010.0029

**Abbildung 1** Ishihara-Tafel.**Figure 1** Ishihara Table.(Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Ishihara_9.png)**Abbildung 2** Verteilung der Probanden nach Geschlechtern.**Figure 2** Gender distribution of the subjects.

(Abb. 2, 3 u. 6: S.R. Bratner)

1 Einleitung

Licht und Farbe spielen in der Zahnheilkunde – wie auch in vielen anderen Bereichen – eine wichtige Rolle. Selbst Laien fällt eine unpassend gewählte Zahnfarbe auf.

Der Farbraum der Zahnfarben hat eine annähernd bananenförmige Gestalt, wobei sich seine Hauptausdehnung in Richtung unterschiedlicher Helligkeitswerte erstreckt. Falsch gewählte Zahnheiligkeiten würden zuerst auffallen, ihre Auswahl ist nicht von der Farbtüchtigkeit des Behandlers abhängig. Der Zahnfarbraum hat jedoch auch eine im Vergleich zur Helligkeit geringere Ausdehnung in Richtung der Farbsättigung und des Farbtones, wobei Gelb- und Rottöne dominieren. Deshalb ist es nahe liegend anzunehmen, dass die Farbtüchtigkeit des Behandlers bei der Zahnfarbestimmung eine wichtige Rolle spielt [14]. Zumindest sollte er über etwaige vorhandene eigene Defizite informiert sein. Er kann dann gegebenenfalls andere farbtüchtige Personen als Hilfe herbeiziehen. Aus diesem Grund ist eine Farbfehlsichtigkeit in unserer Bewertung auch kein Ausschlusskriterium für das Studium der Zahnmedizin und keine Empfehlung zum Berufswechsel.

Die gleiche Problematik existiert natürlich auch für Zahntechniker und zahnmedizinische Fachangestellte. Auch im Bereich der in der Epithetik vorherrschenden Rottöne spielt die Farbtüchtigkeit bei der Anpassung der Hautfarbe eine wichtige Rolle.

Während des Zahnmedizinstudiums wird nur selten ausführlicher auf Zahnfarbestimmung und Farbsehtüchtigkeit eingegangen. Neben anderen Ansätzen [13] wurde von *Jakstat* ein Curriculum Zahnfarbdifferenzierung entwickelt [10].

Dieses Curriculum basiert auf der Tatsache, dass Zahnfarbdifferenzierung trainierbar ist [15]. Auf der Grundlage der 3D-Master-Farbskala (Vita Zahnfabrik) wird zunächst die Farbestimmung mittels einer Softwarelösung, dem Toothguide-Trainer, geübt. Es schließt sich ein Training mit der Toothguide-TrainingBox (TTB) an. Hier werden Keramikzähne aus dem 3D-Master-Farbring computergesteuert dem Probanden zum Abmustern dargeboten. In einem letzten Schritt des Curriculums wird mit der Toothguide-CheckBox – wieder mit Keramikzähnen aus der 3D-Master-Farbskala – die Zahnfarbnahme im Mund geübt.

Um die Studierenden der Zahnmedizin bzw. Auszubildende in zahnmedizinischen Assistenzberufen und in der Zahntechnik über ihre Farbtüchtigkeit aufzuklären, bedarf es eines Verfahrens, welches es gestattet, mit geringem Aufwand im Rahmen der Ausbildung ein Screening größerer Gruppen durchzuführen. Dieses Screening muss genügend empfindlich sein (Sensitivität), um betroffene Personen sicher zu identifizieren, aber auch genügend genau (Spezifität), um betroffene von nicht betroffenen Personen sicher zu trennen. Auf seiner Grundlage können dann gegebe-

nenfalls weitere Empfehlungen, z. B. zum Aufsuchen eines Augenarztes, gegeben werden.

Die häufigste Form von Farbsehstörungen ist die seit 1777 bekannte familiär bedingte Rot-Grün-Schwäche, die ca. 8 % der männlichen und 1 % der weiblichen Bevölkerung betrifft [12]. Andere Farbsehstörungen, insbesondere durch Krankheiten oder chemische Schadstoffexpositionen erworbene, kommen erheblich seltener vor.

Ein international verbreitetes Screeningverfahren, das zur Feststellung der Rot-Grün-Schwäche geeignet ist, stellt der Test mit den auf Papier gedruckten Ishihara-Farbtafeln (Abb. 1) dar [3]. In Deutschland sind daneben die Velhagen-Tafeln verbreitet, in den USA die Farbtafeln nach Hardy-Rand-Rittler (H-R-R-Tafeln), die sich beide auch zum Screening auf Trichromasie eignen [2]. Auf allen diesen Tafeln sind Zahlen oder Buchstaben aus einem Muster aus Kreisen unterschiedlichen Durchmessers abgebildet, die sich von dem gleich strukturierten Untergrund durch ihren Farbkontrast abheben, während die Helligkeitswerte gleich sind. Dadurch ist die korrekte Erkennung der Symbole nur dem Farbsehtüchtigen möglich.

Trotz der weiten Verbreitung hat der Ishihara-Test nicht nur Vorteile. So wurde gezeigt, dass sich bei gedruckten Ishihara-Tafeln im Zeitverlauf durch Alterung sowohl die Helligkeits- als auch die Farbwerte signifikant und gerichtet verändern [9]: Die Tafeln wurden heller und rötlich-gelber. Auf mögliche Me-

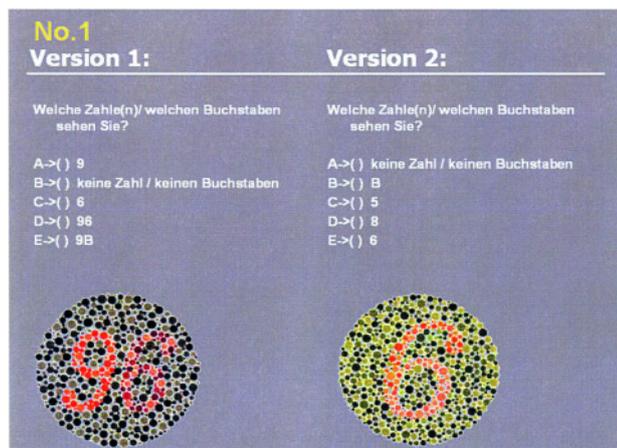


Abbildung 3 Beispiel einer projizierten Ishihara-Tafel.

Figure 3 Sample of a projected Ishihara table.

tamerieeffekte, d. h. Helligkeit und Farbton der einzelnen Farbkreise können sich unter dem Einfluss unterschiedlicher Beleuchtungsbedingungen verändern, weisen *Hoffmann* und *Menzoni* [7, 8] hin. Metamerie kann auftreten, wenn sich die spektralen Reflexionskurven zweier Farbmuster unterscheiden. Sie untersuchten die Vergleichbarkeit von Tests mit gedruckten Ishihara-Tafeln mit solchen, die auf einem CRT-Monitor dargeboten wurden. Als Negativum wird bei einem Monitor herausgestellt, dass keine exakte Kreisform darstellbar ist (Treppenstufeneffekt), die Ishihara-Tafeln sich aber aus Farbkreisen zusammensetzen. Des Weiteren wird auf die unterschiedlichen Farbräume hingewiesen. Als positive Eigenschaften des Monitors werden die einstellbare und konstante Farbtemperatur sowie fehlende Metamerie hervorgehoben. Zusammenfassend kommen die Autoren zu der Erkenntnis, dass sich Ishihara-Tafeln auf einem CRT-Monitor als Screening der Farbtüchtigkeit eignen, ja dass sich sogar ein herkömmlicher Ishihara-Test mit 14 gedruckten Tafeln durch neun Tafeln auf dem Monitor ersetzen lässt, wobei als Kriterium der Auffälligkeit zwei falsch erkannte Tafeln gelten sollen.

Von *Ganley* und *Lian* [5] wurde anhand einer Gruppe von 111 Studenten und Studentinnen verglichen, wie weit sich bei Tests gedruckte Ishihara- sowie H-R-R-Tafeln durch als Diapositiv projizierte Tafeln ersetzen ließen. Die Sensitivität beider Projektionsverfahren war

100 %, bei den Ishihara-Tafeln war die Spezifität 98,1 %, bei den H-R-R-Tafeln jedoch nur 20,8 %.

In einer weiteren Untersuchung [6] wurde der konventionelle Ishihara-Test mit einem solchen, bei dem die einzelnen Farbtafeln als Dia projiziert wurden, verglichen. In einer Gruppe von 104 Studenten im Alter von 18 bis 25 Jahren erzielten die Autoren mit beiden Methoden eine Sensitivität und eine Spezifität von jeweils 100 % und empfahlen die Diaprojektion für Massenscreenings in großen Populationen wie Studenten oder Soldaten.

Von den erwähnten alternativen Screeningverfahren bietet sich mit dem Ziel einer schnellen und unkomplizierten Prüfung größerer Gruppen die Diaprojektion an. Da im Bereich der Universitäten und Hochschulen in Mitteleuropa Diaprojektoren zwar noch vorhanden, im täglichen Gebrauch jedoch weitgehend von laptopgesteuerten Beamern verdrängt worden sind, ergibt sich die Frage einer Eignung der Beamerprojektion von Ishihara-Tafeln für den vorgesehenen Zweck.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit soll deshalb eine Prüfung sein, ob sich mittels Beamer projizierte Ishihara-Tafeln als Screening der Farbtüchtigkeit von Studenten der Zahnmedizin eignen. Die erhaltenen Ergebnisse sollen mit anderen anerkannten Methoden zur Untersuchung der Farbtüchtigkeit verglichen werden. Dazu wurden der Farnsworth-15-Test, der Desaturated Lantho-

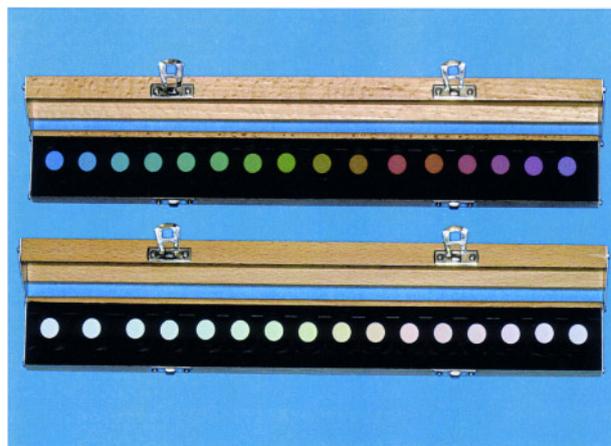


Abbildung 4 Farnsworth-15-Test (oben) und Lanthony-D-15-Test.

Figure 4 Farnsworth-15-test (above) and Lanthony-D 15-test.

(Abb. 4: I. Riemer)

ny-D 15-Test sowie das Anomaloskop ausgewählt.

2 Material und Methode

2.1 Beamerprojektion

Um in kürzerer Zeit höhere Probandenzahlen zu erzielen und zu zeigen, dass das vorgestellte Verfahren in unterschiedlichen Einrichtungen vergleichbare Ergebnisse liefert, wurden die Untersuchungen zur Beamerprojektion der Ishihara-Tafeln an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde an der Universität Leipzig in Zusammenarbeit mit den Zahnkliniken der Universität Siena (Italien) und der Semmelweis-Universität Budapest (Ungarn) durchgeführt [1]. Die Zusammenarbeit wurde innerhalb einer von *Jakstat* in Leipzig initiierten internationalen Arbeitsgruppe für Farbdifferenzierung angebahnt.

Die Studie wurde von einer Ethik-Kommission der Universität Leipzig genehmigt, die Teilnahme der Probanden erfolgte auf freiwilliger Basis.

An den Versuchen nahmen insgesamt 272 Probanden teil, davon 147 weibliche und 125 männliche (Abb. 2). Dabei handelte es sich um Studenten und Mitarbeiter der jeweiligen Einrichtungen. Aufgeschlüsselt auf die einzelnen Universitäten stellte Leipzig 97, Budapest 125 und Siena 50 Probanden. Der Test wurde mit bis zu 80 Personen

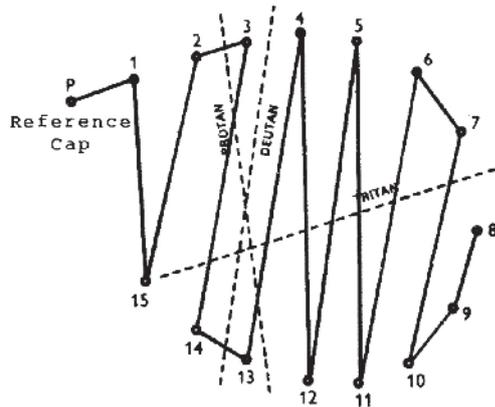


Abbildung 5 Farnsworth-Test bei Deuteranopie.

Figure 5 Farnsworth-15-test for a blindness to green (deuteranopia).

(Quelle: The Farnsworth D-15 Panel Test, Chartres Cedex, Luneau Ophthalmologie)

gleichzeitig durchgeführt. Die Versuchspersonen wurden zwecks Minimierung gegenseitigen Austauschs in zwei alternierend sitzende Gruppen eingeteilt.

Vor Beginn der Versuche wurden die Beamer mittels eingebautem Programm und/oder mit Hilfe von Testtafeln kalibriert. Nach einer Einführung wurden 25 Ishihara-Tafeln für jeweils 15 Sekunden dargeboten. Eine Beispielprojektion zeigt die Darstellung (Abb. 3). Die Gesamtdauer eines Tests betrug sieben Minuten.

Die Probanden trugen die Ergebnisse nach einem Multiple-Choice-Verfahren in vorbereitete Protokollbögen ein, die mittels einer Schablone bzw. in Leipzig mit Hilfe eines Dokumenten-Einzugsscanners und entsprechender Software ausgewertet wurden. Protokolle mit drei oder mehr Fehlern galten als auffällig.

2.2 Farnsworth-15-Test und Desaturated Lanthony-D 15-Test

Für Vergleichszwecke wurden die Probanden mit den beiden oben genannten Tests untersucht. Hierbei handelt es sich um Verfahren, bei denen die Versuchspersonen jeweils 16 Farbplättchen, von denen eines feststehend ist, in eine fortlaufende Reihenfolge zu bringen haben (Abb. 4). Hersteller ist die Firma Luneau Ophthalmologie (Frankreich).

Während der Farnsworth-15-Test als Screeninguntersuchung für gravierende

Farbsehschwächen gedacht ist, zeigen sich im Lanthony-D 15-Test, der mit entsättigten Farben arbeitet, deutlich auch schwächere Farbfähigkeiten. Obwohl beide Tests auch unabhängig voneinander angewendet werden können, wurde der Herstellerempfehlung gefolgt, zuerst den leichteren Farnsworth-15-Test und anschließend als Re-Test den schwierigeren Desaturated Lanthony-D 15-Test durchzuführen [11].

Die Auswertung der Tests erfolgte entsprechend den Vorgaben des Herstellers Luneau Ophthalmologie, wobei für Probanden, die die Farbplättchen in abweichender Reihenfolge anordneten, ein Diagramm auf ein Formblatt gezeichnet wurde.

Typische Abweichungen bei einer Farbfähigkeit, hier einer Deuteranopie, zeigt die folgende Darstellung (Abb. 5) [4].

2.3 Anomaloskop

Anomaloskope standen in Leipzig und in Budapest zur Verfügung. Dabei handelte es sich in Leipzig um ein Praktikumsgerät für die Studentenausbildung, welches nur die Erkennung von Rot-Grün-Schwächen gestattete. Es setzte sich zusammen aus einem PC mit 17"-Röhrenmonitor, der zugehörigen Hardware, die hauptsächlich aus dem Kalibriersensor für den Monitor, dem Mess-Sensor sowie der Regelelektronik bestand. Die Software wurde von der ETH Zürich entwickelt.

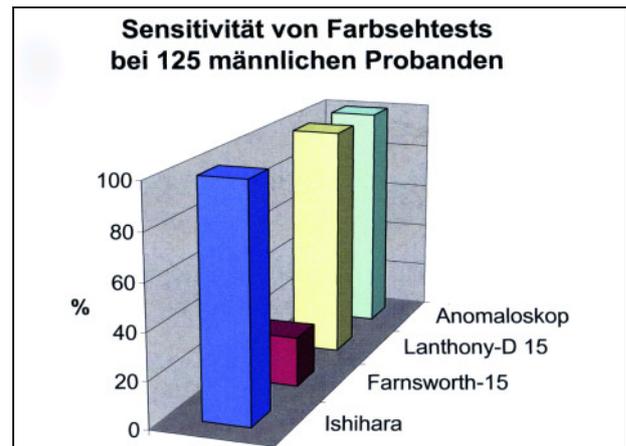


Abbildung 6 Sensitivität von Farbsehtests bei 125 männlichen Probanden.

Figure 6 Sensitivity of color vision tests for 125 male subjects.

3 Ergebnisse

Die in den teilnehmenden Einrichtungen erzielten Ergebnisse waren vergleichbar und werden daher zusammengefasst. Von 125 untersuchten männlichen Probanden zeigten im Ishihara-Test 14, das entspricht 11,2%, eine Rot-Grün-Schwäche. Diese konnte in 13 Fällen (ein Proband nahm nicht an den Nachuntersuchungen teil) mittels Lanthony-D 15-Test bzw. Anomaloskop verifiziert werden. Der Proband, der nicht zu den Nachuntersuchungen erschien, erwies sich im Ishihara-Test mit 14 Fehlern eindeutig als nicht farbtüchtig.

In der vorliegenden Untersuchung ergibt sich für die Sensitivität des Ishihara-Tests somit $14/14 = 100\%$.

Der Farnsworth-15-Test erwies sich für diese Untersuchungen als zu unempfindlich, da er von den Probanden mit festgestellter Farbsehschwäche in rund 80% der durchgeführten Tests bestanden wurde. Seine Sensitivität ergibt sich mit drei richtig positiven und elf falsch negativen Probanden zu 21,4%. Die Sensitivität der verschiedenen Farbsehtests bei männlichen Probanden zeigt die folgende Darstellung (Abb. 6).

Von den untersuchten 147 Probandinnen zeigte im Ishihara-Test eine Probandin eine Farbsehschwäche (bei drei Fehlerkennungen). Dies erwies sich in den Nachuntersuchungen als falsch positives Ergebnis. Es entstand durch einen Handhabungsfehler.

Unter Berücksichtigung dieser einen falsch positiven Bestimmung ergibt die vorliegende Untersuchung für den Ishihara-Test bei 257 richtig negativen Versuchspersonen eine Spezifität von $257/258 = 99,6\%$.

In keinem Fall wurden durch Farnsworth-15- und Lanthony-D 15-Test sowie das Anomaloskop Farbsehschwächen zusätzlich zum Ishihara-Test gefunden.

4 Diskussion

Die vorliegende Untersuchung ergab für den Ishihara-Test als Beamerprojektion eine Sensitivität von 100 % sowie eine Spezifität von 99,6 %. Als Kriterium wurde dabei die Nichterkennung von drei oder mehr Tafeln zugrunde gelegt.

Die Sensitivität des Farnsworth-15-Tests betrug 21,4 %.

In einer Untersuchung [2] wurde für den H-R-R-Test eine Sensitivität von 100 % und eine Spezifität von 97,5 bzw. 98 % festgestellt, je nachdem, ob die Autoren als Kriterium zwei oder drei falsch erkannte Farbtafeln zugrunde legten.

Von Ganley und Lian [5] wurde anhand einer Gruppe von 111 Studenten

und Studentinnen verglichen, wie weit sich bei Tests gedruckte Ishihara- sowie H-R-R-Tafeln durch als Diapositiv projizierte ersetzen ließen. Die Sensitivität beider Projektionsverfahren war 100 %, bei den Ishihara-Tafeln war die Spezifität 98,1 %, bei den H-R-R-Tafeln jedoch nur 20,8 %.

Auch in einer weiteren Untersuchung [6] wurde der konventionelle Ishihara-Test mit einem solchen, bei dem die einzelnen Farbtafeln als Dia projiziert wurden, verglichen. Bei 104 Studenten im Alter von 18 bis 25 Jahren erzielten die Verfasser mit beiden Methoden eine Sensitivität und eine Spezifität von jeweils 100 % und empfahlen die Diaprojektion für Massenscreenings in großen Populationen wie Studenten oder Soldaten.

Die von uns erhaltenen Werte liegen also in einem ähnlichen Bereich wie die Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen.

5 Schlussfolgerung

Im Verlauf der internationalen Zusammenarbeit der Universitätszahnkliniken Leipzig, Budapest und Siena

zeigte sich, dass die Methode des Ishihara-Tests als Beamerprojektion an unterschiedlichen Standorten trotz unterschiedlicher apparativer Voraussetzungen zu vergleichbaren Ergebnissen führte.

Im Rahmen der Aussagegenauigkeit dieser Studie ergibt sich, dass der Ishihara-Test in Form einer Beamerprojektion routinemäßig als Screening der Farbtüchtigkeit innerhalb der Ausbildung in der Zahnmedizin und Zahntechnik eingesetzt werden kann. DZZ

Interessenkonflikte: keine angegeben.

Korrespondenzadresse:

Dr. rer. med. Siegfried R. Bratner
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
und Werkstoffkunde
Universitätsklinikum Leipzig
Nürnberger Str. 57
04103 Leipzig
Siegfried.Bratner@medizin.uni-leipzig.de

Literatur

1. Bratner SR: Untersuchung zur Eignung des Ishihara-Tests in Form einer Beamerprojektion als Screening der Farbtüchtigkeit von Studenten der Zahnmedizin. Diss. Universität Leipzig (2009)
2. Cole BL, Lian KY, Lakkis C: The new Richmond HRR pseudoisochromatic test for colour vision is better than the Ishihara test. *Clin Exp Optom* 89, 73–80 (2006)
3. de Alwis DV, Kon CH: A new way to use the Ishihara test. *J Neurol* 239, 451–454 (1992)
4. The Farnsworth D-15 Panel Test. *Luneau Ophthalmologie: Chartres Cedex*; 1990.
5. Ganley JP, Lian MC: Projected color slides as a method for mass screening of red-green color deficient individuals. *Ophthalmic Epidemiol* 4, 213–221 (1997)
6. Gündogan NU, Durmazlar N, Gümüş K, Ozdemir PG, Altintas AG, Durur I, et al.: Projected color slides as a method for mass screening test for color vision deficiency (a preliminary study). *Int J Neurosci* 115, 1105–1117 (2005)
7. Hoffmann A, Menozzi M: Applying the Ishihara test to a PC-based screening system. *Displays* 20, 39–47 (1998)
8. Hoffmann A, Menozzi M: Computerbasierte Bestimmung von Rot/Grün-Farbanomalien. *Biomed Tech (Berl)* 43, 124–132 (1998)
9. Hyon JY, Lee JH, Wee WR: Shift of colorimetric values in Ishihara pseudoisochromatic plates with plate aging. *Korean J Ophthalmol* 19, 145–148 (2005)
10. Kroszewsky K, Jakstat HA: Erlernbarkeit der Zahnfarbdifferenzierung. *Dtsch Zahnärztl Z* 59, 593–595 (2004)
11. Lanthony's Desaturated 15 Hue Test according to Farnsworth. *Luneau Ophthalmologie: Chartres Cedex*; 1990.
12. Lorenz B, Preising M, Kretschmann U: Molekulare und klinische Ophthalmogenetik. *Dtsch Ärztebl* 98, A 3445–3451 (2001)
13. Paravina RD, Powers JM: *Esthetic color training in dentistry*. ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Mosby; 2004.
14. Wasson W, Schuman N: Color vision and dentistry. *Quintessence Int* 23, 349–353 (1992)
15. Wünnemann P: Untersuchung: Ist die Zahnfarbdifferenzierung lernbar? Diss. Charité-Universitätsmedizin Berlin (2008)