

Illuminazione artificiale e luce blu in sala operatoria: quali rischi per il chirurgo?

M. LEMBO, V. CANNATÀ, A. MILITELLO*, M. RITROVATO, S. ZAFFINA, P. DERRICO, M. BORRA*

Enterprise Risk Management, Ospedale Pediatrico Bambino Gesù - IRCCS, Roma, Italia

* Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale - INAIL Settore Ricerca, Monte Porzio Catone (RM), Italia

KEY WORDS

Lighting; surgeon; visual comfort; risk assessment; operating room; blue light

PAROLE CHIAVE

Illuminazione; chirurgo; comfort visivo; valutazione del rischio; sala operatoria; luce blu

SUMMARY

«Artificial lighting and blue light in the operating room: what risks for the surgeon?». **Background:** Lighting in operating rooms must ensure conditions of visual comfort, wellbeing and safety when procedures are being carried out, so as to preserve the health of both workers and patients. **Objectives:** In this study we attempted to develop a methodology for specifically assessing the risk for surgeons of exposure to blue light, simulating the surgeon's real working conditions. Visual comfort was also assessed by measuring maintained illuminance (E_m) and the luminance levels in the visual task area within the operating field. **Methods:** Blue light exposure was measured by an OCEAN OPTICS-QE65000 spectroradiometer and a LSI-Lastem model Z-Lux radiometer, while for lighting measurements, a videophotometer and luxmeter were used. **Results:** Results show that the surgeons were exposed to blue light values lower than the limit of effective radiance $L_B = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ foreseen by European Directive 2006/25/EC. For visual comfort, significant differences in illumination were observed between surrounding areas and the visual task areas, with very high luminance values measured in most of the observation points. **Conclusions:** In this case the measured values confirm that the workers were daily exposed to unsuitable luminance contrasts that can cause eyestrain. Given such results and considering the task analysis, we proposed to extend health surveillance to workers performing activities such as precision surgery for prolonged periods.

RIASSUNTO

Introduzione: L'illuminazione nelle sale operatorie deve garantire condizioni di comfort visivo, di benessere e di sicurezza durante lo svolgimento delle attività, tutelando la salute sia dei lavoratori che dei pazienti. **Obiettivi:** Nel presente studio si è cercato di mettere a punto una metodologia di valutazione del rischio da esposizione a luce blu, specifica per la figura del chirurgo, simulando le reali condizioni operative del chirurgo. È stato inoltre valutato il comfort visivo misurando i livelli di illuminamento medio mantenuto (E_m) e i livelli di luminanza sul piano operatorio. **Metodi:** L'esposizione a luce blu è stata misurata mediante uno spettroradiometro OCEAN OPTICS-QE65000 e un radiometro LSI-Lastem modello Z-Lux, mentre per le misure di illuminazione, sono stati utiliz-

Pervenuto il 7.5.2015 - Revisione pervenuta il 7.7.2015 - Accettato il 8.7.2015

Corrispondenza: Marco Lembo, Ospedale Pediatrico Bambino Gesù - IRCCS, P.zza Sant'Onofrio 4, 00165 Roma
Tel: +39.06.68593165 - Fax: +39.06.68593851 - E-mail: marco.lembo@opbg.net

zati un videofotometro e un luxmetro. **Risultati:** Dai risultati ottenuti risulta che la figura del chirurgo è esposta a valori di luce blu inferiori al limite di radianza efficace $L_B = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ previsto dalla Direttiva Europea 2006/25/CE. Per quanto riguarda il comfort visivo, si sono ottenuti significative differenze di illuminamento tra l'area del compito visivo e quella immediatamente circostante con valori molto elevati di luminanza su quasi tutti i punti di osservazione. **Conclusioni:** In questo caso i valori misurati confermano come il personale sia sottoposto quotidianamente a contrasti di luminanza non idonei che possono affaticare la vista. Visti i risultati e l'analisi dell'attività lavorativa, si propone, di estendere la sorveglianza sanitaria per questo rischio al personale che svolge, per tempi prolungati, attività di precisione come ad esempio le operazioni chirurgiche.

INTRODUZIONE

L'illuminazione nelle sale operatorie, come in tutti i luoghi di lavoro, deve garantire condizioni di comfort visivo, di benessere e di sicurezza durante lo svolgimento delle attività, tutelando la salute sia dei lavoratori che dei pazienti. I sistemi di lampade scialitiche presenti nelle sale operatorie sono dispositivi medici che hanno la capacità di produrre livelli di illuminazione molto alti e di elevata qualità in termini di resa cromatica per consentire ai chirurghi una visione del campo operatorio ottimale per identificare e differenziare i tessuti e rendere minime le ombre (7). L'illuminazione ricopre un ruolo estremamente importante in questo ambiente di lavoro in quanto la presenza di eccessivi gradienti di illuminamento tra la zona del compito visivo e le aree immediatamente circostanti possono causare disturbi visivi negli operatori come ad esempio bruciore, arrossamento, sensazione di sabbia negli occhi ecc (3, 8, 18). Questa tipologia di sintomi si verificano solitamente nel personale che svolge attività di precisione, come ad esempio le operazioni chirurgiche, dove la vista è soggetta ad un continuo adattamento dell'occhio ai diversi livelli di illuminamento presenti nel campo di osservazione. L'emissione delle lampade scialitiche, sia di quelle tradizionali sia delle moderne lampade a LED (2, 5, 11), può esporre il personale ad elevati flussi di luce blu (*blue hazard*); scopo del presente studio è quello di valutare l'esposizione del chirurgo misurando l'emissione delle lampade scialitiche, con particolare attenzione alla luce blu. E' stato inoltre valutato il comfort visivo misurando i livelli di illuminamento medio mantenuto (E_m) e i livelli di lumi-

nanza presenti nella zona del compito visivo sul piano operatorio mediante l'utilizzo di un videofotometro e di un luxmetro.

MATERIALI E METODI

Analisi dell'attività lavorativa e descrizione dell'esposizione

All'interno della sala operatoria oggetto dello studio vengono svolti interventi di chirurgia generale pediatrica di elevata complessità che possono durare anche per diverse ore costringendo il personale presente ad essere esposto in maniera continua a intensi flussi luminosi, generati dalle lampade scialitiche (19). Il sistema di lampade presente nella sala operatoria viene prodotto dal marchio KLS Martin Group – marLux ed è costituito da due satelliti di differenti dimensioni dotati di lampade alogene le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella 1.

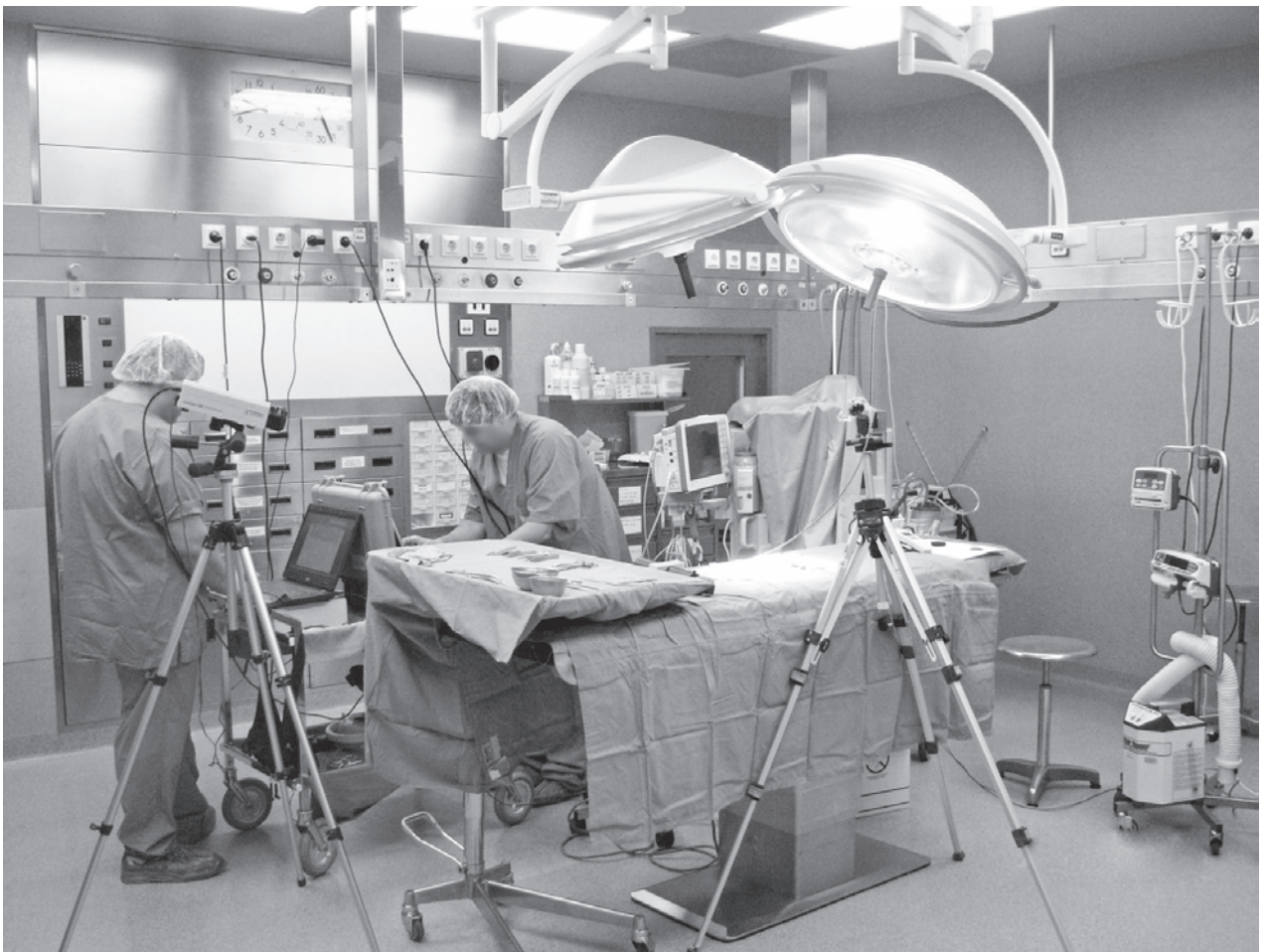
Al fine di poter eseguire una valutazione dell'esposizione specifica, sono state riprodotte le pre-sunte condizioni operative di lavoro (26) simulando le manovre secondo le indicazioni fornite dal personale di sala operatoria (figura 1). La posizione solitamente assunta dal chirurgo è al centro del tavolo operatorio con il capo posto al di sotto delle lampade presenti rivolgendo lo sguardo verso il paziente ad una distanza di circa 50 cm.

Misure strumentali

L'esposizione dei vari operatori presenti in Sala Operatoria è diversa e non sempre prevedibile a

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche delle lampade scialitiche*Table 1* - Specifications of surgical lights

Caratteristiche tecniche KLS Martin - marLux	Lampada X8	Lampada X6
Intensità di illuminazione massima alla distanza di 1 m (lux)	160.000	150.000
Diametro del campo luminoso d 10 in cm	20 - 32	19 - 30
Temperature del colore (K)	4.300	4.300
Indice di resa del colore Ra	95	95
Potenza nominale della sorgente (W)	70	70
Durata utile nominale (h)	5.000	5.000
Diametro corpo lampada (cm)	82	65

**Figura 1** - Condizioni di misura*Figure 1* - Measurement conditions

priori. Premesso che non è ragionevole ipotizzare una visione diretta del fascio luminoso emesso dalla lampada scialitica se non accidentalmente e solo

per frazioni di secondo (per l'istintiva repulsione all'abbagliamento), l'esposizione del personale è imputabile principalmente alla radiazione riflessa

dal campo operatorio, dagli arredi e dalla strumentazione metallica presente (sorgenti secondarie).

Per effettuare le misure sono stati utilizzati due strumenti distinti. Il primo è un radiometro a larga banda (LSI-Lastem modello Z-Lux) con sensore filtrato per acquisire direttamente l'irradianza efficace blu (E_B) e equipaggiato con limitatori di campo da 11 mrad o 110 mrad pertinenti per la verifica dei limiti previsti dalla Direttiva 2006/25/CE e dal D.Lgs. 81/08 e riferibili a tempi di esposizione rispettivamente inferiori a 100 secondi (11 mrad) o superiori a 10000 (110 mrad). Per tempi intermedi si dovrebbe utilizzare un limitatore di campo con valore intermedio dipendente dal tempo (16).

Tutte le misure di radianza effettuate sono state acquisite con il limitatore di campo da 11 mrad in quanto angoli di acquisizione superiori sarebbero pertinenti a una visione prolungata del compito visivo per tempi superiori a 100 secondi. Tale condizione è difficilmente prevedibile se non per il chirurgo eventualmente impegnato con lo sguardo fisso su un particolare nel campo operatorio. In ogni caso, l'acquisizione della radianza con un angolo di 11 mrad si configura comunque come *worst case* espositivo in quanto, angoli di acquisizione più grandi darebbero come risultato, a parità di condizione espositiva, una radianza più bassa.

Il secondo strumento utilizzato è uno spettroradiometro (Ocean Optics modello QE65000) in grado di acquisire l'irradianza spettrale E_λ delle sorgenti tra 200 nm e 1000 nm circa; l'eventuale applicazione di un'ottica in ingresso, in grado di raccogliere il flusso luminoso prodotto dalla sorgente all'interno di uno specifico angolo solido, analogamente a quanto realizza il limitatore di campo presente nel precedente strumento, consentirebbe di calcolare la radianza da confrontarsi con quella limite una volta off-line la dovuta ponderazione spettrale semplicemente dividendo il valore di irradianza per l'angolo solido noto del limitatore. Tuttavia si è scelto di adottare un approccio semplificato, ampiamente utilizzato nella pratica, che non fa uso di un limitatore di campo o di un'ottica di focalizzazione, a causa delle difficoltà di collimazione della fibra nell'indisponibilità di un sistema di puntamento.

Questo approccio, anch'esso di tipo conservativo, si giustifica in quanto l'uso di un angolo solido determinato dalla dimensione effettiva della sorgente, porta al più a una sovrastima della radianza da confrontarsi con i limiti".

Questo strumento ci ha permesso anche di ottenere le caratteristiche spettrali (figura 2) del flusso generato dalle due lampade scialitiche contemporaneamente in funzione.

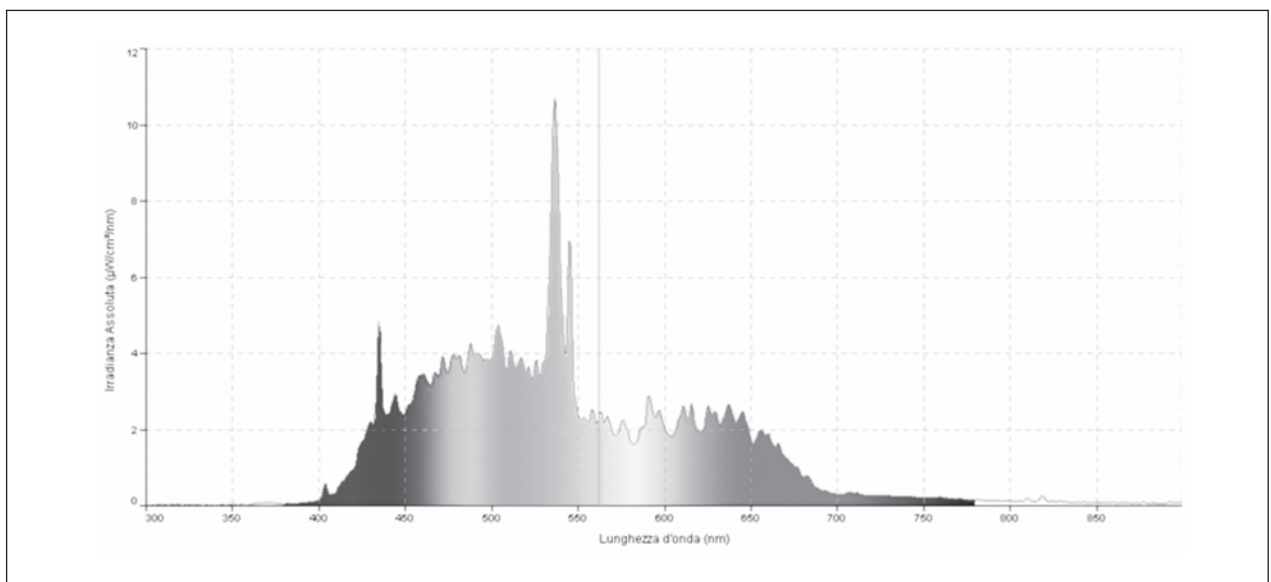


Figure 2 - Caratteristiche spettrali della sorgente

Figure 2 - Spectral characteristics of the source

I limiti per E_B e L_B sono dipendenti dal tempo (per tempi di esposizione inferiori a 10000 secondi); pertanto è possibile determinare il tempo massimo di esposizione nota la radianza o la radianza massima della sorgente, noto esattamente il tempo di esposizione. Normalmente, come nel caso oggetto del presente studio, è il primo caso quello più usuale; dalla misura della radianza delle sorgenti è possibile determinare l'eventuale tempo massimo di esposizione dell'operatore.

Per tempi di esposizione superiori a 10000 secondi i limiti per E_B e L_B diventano indipendenti dal tempo e valgono rispettivamente $0,01 \text{ (W m}^{-2}\text{)}$ e $100 \text{ (W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}\text{)}$; qualsiasi condizione di esposizione che riporti valori di irradianza/radianza efficace inferiori a questi valori limite è sostenibile, come da normativa, per 8 ore lavorative consecutive.

I valori di luminanza sono stati misurati invece attraverso un videofotometro LUMICAM 4000. Al fine di rendere il più possibile reali la condizioni di misura, sono stati posizionati sul telo del tavolo operatorio diversi strumenti chirurgici che con la loro presenza danno luogo a riflessi con livelli di luminanza molto elevata (e di conseguenza Radianza efficace blu L_B). I punti di osservazione sottoposti a misura di luminanza sono stati: telo operatorio, pinza, forbice, guanto di lattice e la pelle di una mano di un operatore. Le misure dell'illuminamento medio mantenuto (E_m) nella zona del compito visivo (tavolo operatorio) e nell'area immediatamente circostante sono state eseguite con un luxmetro Minolta.

RISULTATI

Radiazioni ottiche artificiali (luce blu)

I valori di irradianza efficace misurati con lo spettroradiometro OCEAN OPTICS – QE65000 sono stati ponderati con i valori di $B(\lambda)$ dell'intervallo specifico della luce Blu (300-700 nm). Dopo aver ricavato il rispettivo angolo solido (Ω) è stato possibile calcolare il valore di radianza L_B che è risultato di $3,8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$. Dalle misurazioni invece eseguite mediante il radiometro LSI Lastem Z-Lux, è stato possibile ottenere direttamente i valori

di irradianza efficace ponderati in $B(\lambda)$. Anche in questo caso, dopo aver ricavato il rispettivo angolo solido di osservazione ($\Omega = 7,85 \cdot 10^{-3}$) è stato possibile calcolare i valori di esposizione in radianza efficace L_B del chirurgo che è risultato essere di $2,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$.

Illuminamento e luminanza

I requisiti illuminotecnici che corrispondono alle esigenze di comfort visivo e di prestazione visiva per i posti di lavoro in interni sono riportati dalla norma europea EN 12464-1:2011 "Illuminazione dei posti di lavoro" (8). Questo standard europeo prevede per le sale operatorie un illuminamento generale non inferiore a 1000 lx mentre per l'area operatoria un range di $10000 \div 100000$ lx. Le misure di illuminamento medio mantenuto all'interno della sala operatoria hanno fornito valori medi di E_m di 1030 lx mentre nella zona del compito visivo (letto operatorio) si è ottenuto un valore medio di E_m di 65100 lx.

Per quanto riguarda invece i valori di luminanza misurati con il videofotometro LUMICAM 4000, in tabella 3 vengono riportati i valori minimi (min), massimi (max) e medi (avg) di luminanza (L) suddivisi per ogni singolo punto di osservazione.

I valori di luminanza ottenuti su ogni punto di osservazione sono risultati tutti molto elevati, in

Tabella 2 - Risultati delle misure illuminamento medio mantenuto E_m

Table 2 - Results of the maintained illuminance measurements E_m

Ambiente/area di lavoro	E_m (lx)	E_m Rif. UNI 12464-1 (lx)
Sala operatoria (Illuminazione generale)	1 030	1 000
Tavolo operatorio	65 100	da 10 000 a 100 000

Legenda:

E_m : valore di illuminamento medio mantenuto misurato
 E_m Rif. EN 12464-1: valore minimo di illuminamento da garantire. In alcune attività viene indicato un range di riferimento in cui deve essere compreso il valore di illuminamento misurato

Tabella 3 - Valori minimi, massimi e medi di luminanza per ogni singolo punto di osservazione

Table 3 - Minimum, maximum and average luminance values for each observation point

Punti di osservazione	L_{avg} (cd/m ²)	L_{min} (cd/m ²)	L_{max} (cd/m ²)
Telo operatorio	4115	2256	6252
Pelle umana	3646	2082	4996
Pinza	16322	1233	33354
Guanto di lattice	6795	2793	8710

Legenda:

L_{avg} : valore medio di luminanza

L_{min} : valore minimo di luminanza

L_{max} : valore massimo di luminanza

particolare per la pinza dove si è ottenuto un valore medio di 16322 cd/m². Attraverso i valori medi misurati è stato possibile calcolare i rapporti tra le luminanze dei diversi oggetti presenti nel campo visivo e tra la zona del compito visivo e la superficie adiacente. In questo caso i valori ottenuti sono stati confrontati con il valore di riferimento per la sala operatoria indicato dallo IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) (17), valore riportato anche in differenti norme tecniche e differenti studi riportati in letteratura (4, 12, 13, 18), che per compiti che richiedono sforzo visivo indicano una differenza di luminanza tra l'area del campo visivo del chirurgo e l'area circostante uguale o inferiore a un rapporto di 3:1 (33%).

Dai dati riportati in tabella 4 si può osservare come valori fuori limite si sono verificati per le combinazioni: Pinza/Telo operatorio e Pinza/Pelle umana.

Tabella 4 - Risultati dei rapporti di luminanza

Table 4 - Luminance ratio results

Rapporti tra i punti di osservazione	Valore di riferimento ≤ 3:1
Pinza/Guanto in lattice	2:1
Pinza/Telo operatorio	4:1
Pinza/Pelle umana	5:1
Guanto in lattice/Pelle umana	2:1
Guanto in lattice/Telo operatorio	2:1
Telo operatorio/Pelle umana	1:1

DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

L'illuminamento del sito chirurgico, proprio per la complessità dell'attività svolta, ricopre un ruolo di particolare importanza in quanto deve essere tale da poter garantire elevate intensità di luce ed una omogenea distribuzione delle luminanze al fine di permettere che gli operatori presenti possano eseguire la loro attività nella maniera più confortevole possibile e in condizioni di massima sicurezza per il paziente. Per le figure presenti in sala operatoria, in particolare per il chirurgo, l'illuminazione del sito chirurgico risulta essere estremamente importante in quanto tali professionisti trascorrono la maggior parte del loro tempo all'interno di questi ambienti e possono di conseguenza essere esposti a sola luce artificiale anche per tempi maggiori rispetto alle canoniche 8 ore canoniche, come ad esempio avviene nelle operazioni di trapianto o nella cardiocirurgia. L'intervento chirurgico rappresenta a tutti gli effetti un compito di estrema precisione che richiede di conseguenza da parte di chi lo esercita un elevato sforzo visivo. Questa condizione come già documentato da alcuni studi condotti sugli operatori di VDT (10, 22, 27), può comportare, a causa dell'elevata attenzione richiesta, una diminuzione della chiusura delle palpebre SEBR con conseguente riduzione lacrimale, impedendo la corretta pulizia dell'occhio e favorendo così l'insorgenza di disturbi alla vista. Da non sottovalutare inoltre sono gli effetti biologici non visivi che possono essere causati dalla presenza di una illuminazione non corretta nel luogo di lavoro come ad esempio mal di testa, stress, disturbi dell'umore, alterazioni del ritmo circadiano nonché effetti sull'efficienza lavorativa (24, 25). I livelli di illuminamento ottenuti in seguito alle misure sono risultati conformi a quanto previsto dalla norma EN 12464-1:2011 ma l'elevata differenza di illuminamento tra l'area del compito visivo e l'area immediatamente circostante, potrebbe favorire l'insorgenza di disturbi visivi nei chirurghi per via dei continui sforzi e adattamenti che l'occhio è tenuto a compiere. Per quanto riguarda le misure di luminanza, si sono ottenuti valori molto elevati su quasi tutti i punti di osservazione. In questo caso i valori misurati confermano come il personale

sia sottoposto quotidianamente a contrasti di luminanza non idonei che possono affaticare la vista. Quest'ultimo aspetto infatti è stato ulteriormente confermato dai risultati dei rapporti delle luminanze ottenuti sul piano di lavoro. Confrontando i risultati con il riferimento indicato dallo IESNA per le sale operatorie, si può notare come i valori non rispettino il rapporto previsto di 3:1, in particolare per le combinazioni Pinza/Telo operatorio e Pinza/Pelle umana. Tenendo in considerazione però le prioritarie esigenze cliniche, al momento risulta difficile individuare ed attuare per questa categoria di lavoratori delle misure tecniche in grado di ridurre i disturbi e migliorare le condizioni visive. Possibili interventi tecnici potrebbero essere la schermatura delle lampade al fine di ridurre l'effetto abbagliamento, sostituire gli strumenti metallici e di facile riflessione con altri opachi di diverso materiale, quali quelli utilizzati per gli interventi di chirurgia Laser, oppure progettare l'impianto di illuminazione generale della sala operatoria al fine di poter distribuire il fascio luminoso in maniera graduale dal centro ambiente, dove è presente il tavolo operatorio, alle zone limitrofe. Questo consentirebbe di ridurre drasticamente le differenze di illuminazione tra la zona dove viene svolta l'attività chirurgica e l'area circostante favorendo di conseguenza una migliore distribuzione delle luminanze. Per quanto riguarda il rischio da radiazioni ottiche artificiali, limitatamente al campione di lampade alogene utilizzate, dai valori ottenuti si evince che in questa occasione la figura del chirurgo non risulta essere esposta a livelli di luce blu superiori al valore limite di esposizione di radianza efficace $L_B = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ previsto nell'Allegato I della Direttiva Europea 2006/25/CE (1,6,9), confermando quanto già presente in letteratura sull'argomento (5, 11, 14). Tali risultati non possono essere estesi alle lampade basate su sorgenti LED, che non sono state prese in esame dal presente studio. Bisogna precisare però che tali limiti sono stati determinati dall'ICNIRP sulla base di effetti sulla salute connessi ad esposizioni acute e croniche, per i quali è stato possibile determinare una soglia di induzione del danno (15). In particolare per quanto riguarda il danno retinico di natura fotochimica causato dall'esposi-

zione a luce blu, esso è prevenuto rispettando i valori limite di esposizione per quanto riguarda la possibile insorgenza di effetti acuti (23), mentre, allo stato attuale delle conoscenze, il rispetto di questi stessi limiti non può prevenire in assoluto il danno retinico da esposizione cronica legato alla dose totale accumulata dal lavoratore per periodi prolungati. Un aspetto da sottolineare del presente studio è che attraverso l'analisi dell'attività lavorativa (modalità e tempi di esposizione) e alla rilevazione delle distanze dagli occhi alle possibili sorgenti di esposizione (campo operatorio e lampada scialitica) si è cercato di mettere a punto una metodologia di valutazione del rischio specifica, simulando quindi le reali condizioni operative del chirurgo e superando inoltre l'approccio alla valutazione del rischio da radiazioni ottiche attraverso l'esecuzione di misure strumentali che prendano in considerazione il peggior caso di esposizione possibile (condizione di visione diretta). Il vantaggio di questa metodologia di valutazione del rischio rispetto a quella adottata negli studi presenti in letteratura, è che permette di poter misurare i reali livelli di esposizione, e di poter quindi valutare in maniera specifica e approfondita l'esposizione tenendo conto della posizione assunta dal lavoratore, delle distanze di osservazione e dei tempi di esposizione. A differenza dell'esposizione a radiazioni ottiche artificiali dove la sorveglianza sanitaria e la periodicità delle visite sono stabilite dall'art. 8 della Direttiva Europea 2006/25/CE, per quanto riguarda invece l'esposizione prolungata a luce artificiale, la normativa vigente, in presenza del solo rischio di affaticamento visivo non legato all'uso di VDT, non prevede l'obbligo della sorveglianza sanitaria. Visti però i valori di luminanza misurati, i tempi e le modalità di esposizione, ai fini della tutela della salute dei lavoratori, si propone, come già riportato in uno studio di Piccoli B. (21) di estendere la sorveglianza sanitaria per il rischio da affaticamento visivo anche alla figura del chirurgo, secondo una metodologia sovrapponibile a quella prevista per gli addetti ad attività con VDT (20), ovvero prevedendo una valutazione e quantificazione dell'astenopia ed eseguendo visite oculistiche con una periodicità quinquennale o ogni due anni (per i lavoratori che abbiano compiuto il 50° anno

di età) al fine di monitorare eventuali precoci alterazioni dell'organo della vista che potrebbero anche comportare difficoltà nello svolgimento di compiti fini.

NO POTENTIAL CONFLICT OF INTEREST RELEVANT TO THIS ARTICLE WAS REPORTED

BIBLIOGRAFIA

1. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents, Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH, 2014
2. AFSSA (Agence nationale de securite sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Effets sanitaires des systems d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED) - Rapport d'expertise collective, 2010
3. Anshel JR: Visual ergonomics in the workplace. *AAOHN J* 2007; 55: 414-420
4. Brauning U, Grandjean E, van der Heiden G, et al: Lighting characteristics of VDTs from an ergonomic point of view. In Grandjean E (ed): *Ergonomics and Health in Modern Offices*. London: Taylor & Francis, 1984: 383-390
5. Coleman A, Fedele F, Khazova M, et al: A survey of the optical hazards associated with hospital light sources with reference to the Control of Artificial Optical Radiation at? Work Regulations 2010. *J Radiol Prot* 2010; 30: 469-489
6. Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome. Decreto Legislativo 81/2008 Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Documento n. 1-2009; Rev 03
7. ECRI Institute non-profit organization: Evaluation-Surgical lights: An illuminating Look at the LED Marketplace. *Health Devices* 2010; 39: 390-402
8. EN 12464-1 (2011). Lighting of work places – Indoor work places. European committee for standardization
9. European Parliament Directive 2006/25/EC of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC), Official Journal of the European Union 27.4.2006, L 114/38-59
10. Freudenthaler N, Neuf H, Kadner G, Schlote T: Characteristics of spontaneous eyeblink activity during video display terminal use in healthy volunteers. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2003; 241: 914-920
11. Gentile L, Sartor W, Ferrero L: La misurazione delle radiazioni ottiche artificiali nell'ambiente ospedaliero. *Atti Congresso Nazionale del dbA 2010*. Modena, 6-7 ottobre 2010: 441-452
12. Grandjean E: Ergonomics principles of lighting in offices. In Grandjean E (ed): *Ergonomics in computerized offices*. London: Taylor & Francis, 1987: 32-54
13. Harsoor SS, Bala Bhaskar S: Designing an ideal operating room complex. *Indian J Anaesth* 2007; 51: 193
14. HPA (Health Protection Agency) UK. A non-binding guide to the artificial optical radiation directive 2006/25/ec. Contract VC/2007/0581, 2010
15. ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection): Guidelines on limits of exposure to broad-band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3 m) *Health Phys* 2004; 73: 539-554
16. ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection) Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation *Health Phys* 2013; 105: 74-96
17. IESNA (Illuminating Engineering Society of North America). In Rea MJ (ed): *IES lighting handbook-reference and application*, 9th edn. New York, 2000
18. ISO 8995: Principles of visual ergonomics-the lighting of indoor work system. Geneva: International Standards Organization, 2001
19. Janosik E, Kuřagowska E: Evaluation of lighting conditions in operating rooms and their influence on feelings perceived by the nursing staff. *Med Pr* 2007; 58: 403-410
20. Linee guida per la sorveglianza sanitaria degli addetti ad attività lavorativa con videotermini. Pavia: Maugeri Foundation Books-PI-ME editrice, 2003
21. Piccoli B: A critical appraisal of current knowledge and future directions of ergophthalmology: consensus document of the ICOH Committee on "Work and Vision". *Ergonomics* 2003; 46: 384-406
22. Schlote T, Kadner G, Freudenthaler N: Marked reduction and distinct patterns of eye blinking in patients with moderately dry eyes during video display terminal use. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004; 242: 306-312
23. Taino G, Paraluppi P, Giorgi M, et al: Occupational diseases caused by artificial optical radiation (AOR). *Med Lav* 2013; 104: 3-23
24. van Bommel WJM, van den Beld GJ: Lighting for work: a review of visual and biological effects. *Lighting Res. Technol* 2004; 36: 255-269
25. van Bommel WJM: Non-visual biological effect of li-

- ghting and the practical meaning for lighting for work. *Appl Ergon* 2006; 37: 461-466
26. Zaffina S, Camisa V, Lembo M, et al. Accidental exposure to UV radiation produced by germicidal lamp: case report and risk assessment. *Photochem Photobiol* 2012; 88: 1001-1004
27. Zheng Yana, Liang Hub, Hao Chenb, Fan Lu: Computer Vision Syndrome: A widely spreading but largely unknown epidemic among computer users. *Comput Human Behav* 2008; 24: 2026-2042