

手術ミスを抑えるLEDの効果

マーク・ハルパー

光、肝臓、そして幸福の追求: スカンジナビア諸国の外科医らは、クロマヴィソ社の調色可能な照明システムによって、視界が良くなり、結果が改善され、誰もがより良い気分で帰宅の途に就けるようになったと証言している。

手術室で誰もが耳にしたくない言葉が、「ミス」である。しかし、外科医も他のすべての人間と同じように、職場において調子の良い日もあれば悪い日もある。たとえば、患者の体内がよく見えなかったとすれば、悲しいことだが過ちも起こり得る。

そこで、スカンジナビア地域をはじめとする北欧諸国全域にわたる約90の病院において、500を超える内視鏡とそれに関連する手術室および診察室に調光可能な有色LED照明が導入された。医師、看護師、医療従事者は、解剖学的細部が見やすくなっただけでなく、注意力が高まり、ストレスレベルも低下したと証言している。

世界中のほとんどの内視鏡手術が比較的暗い環境で行われている。デンマーク、スウェーデン、ノルウェー、グリーンランド、フェロー諸島の病院もかつてはそうだった。ここで、内視鏡

の基礎について簡単に説明しておこう。内視鏡手術では、口など自然孔から管を挿入するか、腹腔鏡手術などの場合は鍵穴切開が行われる。外科医などの専門家は、これらの管を体外から操作する。外科医らは、管に搭載された小型カメラから送られる映像を表示するビデオモニターを見ることによって、体内における自らの操作を確認する。

明るい白色光の下で行われる身体切開手術とは異なり、このような最小侵襲手術の場合はコンピュータ画面を見やすくするために、病院では通常、内視鏡手術室の照明が落とされる。低い照明レベルは眠気を誘い、作業を行うための望ましい条件とはいえない。器具が探しにくくなる可能性もある。また、そのように室内照明の光量が低い場合でも、ビデオディスプレイ上にグレアや反射が生じる可能性がある。

デンマーク南部にあるオーデンセ大

学病院 (Odense University Hospital) の主任コンサルタント外科医であるジェスパー・デュラップ博士 (Jesper Durup) は、この問題に悩まされていた。同氏は10年以上前に、腹部の鍵穴手術である腹腔鏡手術を行うためのより良い方法があるはずだと考えた (図1)。手短かに説明すると、デュラップ氏は数人の照明専門家に相談を持ちかけ、照明専門家らは2006年、クロマヴィソ社 (Chromaviso) という企業を創設して、上述の問題を解決する調光可能な有色LED照明システムを開発した。デュラップ氏はクロマヴィソ社の社員ではなく外科医だが、共同発明者として名を連ねている。

デンマークのオーフスを拠点とするクロマヴィソ社は、90の施設に照明システムを供給している。現在では、「より良い画面で、疲労を軽減し、ミスを抑える」というキャッチフレーズで同システムを販売促進している。

そう、ミスだ。

「ゾーニング」照明

「Chromaviso Ergonomic Lighting」というこのシステムは、手術室や診察室のさまざまな領域に異なる色とレベルの光を照射する。視界を改善し、スタッフ職員の覚醒を促進し、ストレスを緩和し、医師、看護師、医療従事者、患者すべての神経を落ち着かせることを目的とする (図2)。

たとえば、視界の面では、画面の背後から緑色光を照射することで反射を抑え、モニターの深度とコントラストを高めるとともに、外科医の瞳孔を開く効果を与える。外科医の背後からは

図1 赤色と緑色が組み合わせられた照明の中に立つ、オーデンセ大学病院の主任コンサルタント外科医であるジェスパー・デュラップ氏。人間工学照明システムの共同発明者でもある同氏は、クロマヴィソ社共同創設者のアンダーズ・クライガー氏と共同で同システムの特許を取得している。(写真撮影: すべてクロマヴィソ社のアラン・トフト氏 [Allan Toft])



赤色光を照射することで、画面のグレアを低減する(図3)。室内の麻酔医が作業する場所や看護師が器具を探さなければならない場所は、白色光で照らされる。クロマヴィソ社によると、この「ゾーニング」照明手法が同社システムの重要な特徴であるという。

利用者であり共同発明者であるデュラップ氏(同氏は特許も共同取得している)と、クロマヴィソ社の共同創設者であるアンダーズ・クライガー氏(Anders Kryger)は、このシステムの効果をおおいに信じている。クライガー氏はオーデンセ大学病院において、この照明の下で定期的に手術を行っている。

「以前は手術中に問題が生じることがあった」とデュラップ氏は述べた。「モニターが反射することが多く、細部が見づらかった。今では、見やすくなっている。見やすくなれば、より良い手術が行える。小さな神経や小さな血管が非常にはっきりと確認でき、それらを避けることができる」(デュラップ氏)。

これを聞くと、過去にはどのような過ちが起り得たのだろうかと思いをめぐらせずにはられない。

「覚えておかなければならないのは、外科医がモニターを見ている場合、そこに映し出されているのは非常に小さな細部が拡大されたものであり、外科医は何が見えて何が見えないのかということが非常に気になるということだ。そのために、自然光であれ人工光であれ、白色光はすべて落とすか、消灯してしまおうとする」とクロマヴィソ社共同創設者のクロース・パガード氏(Claus Puggaard)は述べた。

そこで導入されたのが、グレアと反射のない有色照明である。そしてその恩恵を受けているのは外科医だけではない。



図2 緑色のバックライトで照らされたモニターを見つめるオーフス大学病院の外科医ミッケル・サイヤーハンセン氏(Mikkel Seyer-Hansen)。「新しい光によって疲れにくくなり、目の緊張が低下した。とてもうれしく思っている。以前とは全く違う」と同氏は述べた。

針と患者とその他もろもろ

「室内が暗いと、看護師が針などを探しにくかったり、麻酔専門医が患者を見にくかったりといった問題が生じる。つまり、異なる要求が存在するというので、ゾーニング照明を開発したのはそのためである」とデュラップ氏は述べた。

見やすくなることには、すべての関係者にとって絶大で好ましい連鎖的な効果がある。「人間工学照明によって、私は勤務中にリラックスすることができる。そしてリラックスするほど勤務中のストレスは低下し、より良い結果を残すことができる」とデュラップ氏は述べた。

言い換えるならば、ミスが減るということだ。同氏が実際にそう述べたわ

けではないが。

デンマークのコールディング病院(Kolding Hospital)の主任外科医で、クロマヴィソ社のシステムを使用するヘニング・アントンセン氏(Henning Antonsen)も、同様の意見を口にした。「この改善によって、手術中に最適な処置が行えるようになった。患者の手術や診察を行う環境が最適ならば、患者にも間違いなくその恩恵がある」(アントンセン氏)。

コペンハーゲン大(University of Copenhagen)のビスペビアウ病院(Bispebjerg Hospital)で内視鏡科長を務めるフィン・ウェスト氏(Finn West)も、これに異論はない。「目を凝らす必要がなければ処置はしやすい。この照明を導入したときに片頭痛が治った医



図3 スウェーデンのカールスタッド病院(Karlstad Hospital)における一般的な照明設定。外科医らは、背後からは赤色の光、画面の背後からは緑色の光が照らされた状態で手術を行う。

師が1人いた」と同氏は述べた。

青色の効果

緑色、赤色、白色が、クロマヴィソ社のシステムから出力される光の一般的な色だが、色はそれだけではない。他の色が最適となる場合もある。デュラップ氏によると、オーデンセ大学病院では、職員が点滴用の管を挿入するときに血管を見つけやすいように、黄色と赤色を混合することがよくあるという。また、レントゲン写真や超音波画面を見やすくするために、画面背後の照明を紫色に調節する。灰色の影で表示されるこれらの画像は、緑色では見にくい(図4)。

ビスペビアウ病院でも同様に、内視鏡手術中はカラー画面の背後を緑色の光で照らすが、レントゲンや超音波画面の場合は紫色と青色に調節する。

ビスペビアウ病院のウェスト氏は、「同じ部屋の中にあらゆる種類の色がある。そしてどの色をどこに照らすかを調節できる。つまり、部屋を異なる色で分けることができる」と述べた。

落ち着きを与える色

しかし、手術中に職員をリラックスさせるという付加的な効果があるのは、赤と緑という一般的な組み合わせで、クロマヴィソ社のパガード氏によると、バランスの取れた割合で反射と吸収を行う、赤と緑の波長の相補的な性質に関連する効果だという。他の色の組合せには、これと同じリラックス効果はない。

利用者であり共同発明者であるオーデンセ大学病院のデュラップ氏も、これに同意している。「赤と緑のような補色に何らかの効果があると思う。赤は室内に雰囲気をもたらす」と同氏は述べた。



図4 レントゲン写真の確認には紫色の照明が適している。デンマークのヴァイレ病院 (Veile Hospital)にて。

リラックス効果だけでなく、同氏が以前作業していた暗い環境と比べて注意力を促す効果がある。概日照明の専門家らは、赤よりも青色の光を注意喚起と関連付けることが多いが(ただし、米レンセラー工科大[Rensselaer Polytechnic Institute]のマリアナ・フィゲイロ氏[Mariana Figueiro]など一部の専門家は、赤色も注意喚起の効果を持つ可能性があるとしており、当誌米国版も2016年秋の概日照明に関する特集記事[<http://bit.ly/2iEsGPI>]でこれを取り上げた)、デュラップ氏の内視鏡手術室における注意喚起効果は、必ずしも厳密には概日リズムとは関係

しない。つまり、概日リズムを刺激しているわけではなく、これまでほとんど光がなかった場所に光を与えているというだけである。

「赤色光は、多くのものを見やすくすると同時に、心理的に活性化させる作用がある」とデュラップ氏は述べた。「勤務職員は、眠気を感じてはならず、少しスイッチが入った状態でなければならない。赤は、背景として最適な照明である」(デュラップ氏)。

オーデンセ大学病院では暖かい光を、手術室に入って麻酔をかける前の患者に落ち着きを与えるためにも使っている。患者を迎え入れる時には暖かい琥珀色だった手術室は、いったん手術が始まると一変する(図5)。手術後に患者が目覚めると、室内は先ほどと同じ暖かい色調に戻っている。その後、清掃時にはその作業がしやすいように、明るい白色光で室内が照らされる。

状況に適した照明に、ボタン1つで切り替え可能

クロマヴィソ社のシステムにはDMX配線が採用されている。パガード氏によると、迅速な信号送信と稼働時間の確保に最適な手段であるという。クロマヴィソ社は、フリッカ(ちらつき)のない照明器具を開発し、24時



図5 オーフス大学病院において、琥珀色の照明は手術前の患者を落ち着かせる効果がある。

間使用される手術室に必要な耐久性を持たせるように設計したと同氏は付け加えた。同システムの耐用期間は20年間で、パガード氏によると、スカンジナビア諸国の手術室の平均使用期間の2倍に相当するという。

使いやすいという側面も併せ持っている。オーデンセ大学病院において、デュラップ氏のチームは胆嚢手術の準備に取り掛かる際に、「胆嚢」というラベルのボタンを押す。壁に取り付けられたシンプルな制御パネルにはこの他に、「肝臓」「虫垂炎」「患者」といった設定済みのボタンが10個ほど並んでいる。押したボタンに応じて照明が変化する。たとえば、「患者」ボタンはソフトな色調に設定されている。「虫垂炎」は、赤色光と緑色光の場所が変わるように設定されている。内視鏡手術ではコンピュータ画面（通常は天井から吊り下げられている）が、処置の箇所に応じて患者の体の長さの範囲を上下に移動するためである。

デュラップ氏は、人間工学照明の下での自身の1日を次のように説明した。「室内には小さな制御パネルがあり、部屋ごとに6～12種類の異なる処置の名前が記されていて、すべてがこの小さな制御パネルにプリセットされている。手術を開始するとき、スタッフに『この胆嚢の手術用に照明を変えて』などと声をかけると、胆嚢手術のボタンが押されて、天井の照明がその手術に最適な状態に変化する」。

「標準的なプリセットボタンとして『患者照明』という、明るさを落とした黄色がかった赤色のような照明が用意されている場合があり、患者が手術室に入った時にまだ目覚めている場合は、その照明設定が患者に非常に落ち着きのあるリラックス効果を与える。つまりそれが最初の照明設定である。



図6 オーフス大学病院において、明るい白色光の下で作業を行う清掃員。

続いて患者が麻酔で眠りにつくと、照明が手術用に切り替えられる。たとえば胆嚢手術ならば、『胆嚢照明』というボタンを押すと、室内がその手術用にプリセットされた照明に切り替わる」。

「その後、1時間ほど手術を行い、手術が終了したら患者ボタンをもう一度押して、患者が手術室から運び出される。患者が手術室からいなくなると、『清掃照明』というまた別のボタンを押す。これは真っ白で非常に明るく、室内がとても良く見える白色照明である。血痕や塵などあらゆるものがよく見える。つまりこれは、次の手術に向けて室内の清掃に入った職員のための最適な照明条件となっている（図6）。そして次に手術が行われるときには、手術内容はまた異なるかもしれない。肝臓か虫垂炎かといった手術内容に応じて、対応するボタンを押す。以上が、このシステムの動作の流れである」。

標準的な手術室に基本的なパッケージを組込むのにかかる金額は、約2万ユーロ（2万1400ドル）である。建物管理システムとの接続、高度な色の組合せ、ゾーンの追加、タブレットからの制御を可能にするWi-Fiなど、その他の機能を追加すると、金額は約4～5万ユーロにまで膨れ上がる。医療システムは費用の制約が導入の足かせとな

ることがある。ビスペビアウ病院のように、8つの内視鏡部門のうちの3部門、10室の腹腔鏡手術室のうちの2室のみと、導入を一部に限定する病院もある。ただしビスペビアウ病院では、3～4年後に完成予定の新しい病院の建設に合わせて、より多くの部屋にこの技術を組込む計画である。

さらに大規模な導入に踏み切った病院もある。クロマヴィソ社が拠点とするオーフスにあるオーフス大学病院（Aarhus University Hospital）は、約100室に同技術が組込まれており、最大規模の導入実績を誇る（<http://bit.ly/2cL4Fnn>）。

オーデンセ大学病院では約35室でこれが利用されており、ビスペビアウ病院と同様に、2022年に開設予定の新しい病院でその規模を拡大する計画である。デュラップ氏をはじめとする多くの利用者が、なくてはならない存在と同技術を評価している。

これだけは間違いのない。彼らにとって人間工学照明は、通常の手術室を標準よりワンランク上に引き上げる効果を持つ。

著者紹介

マーク・ハルパー（MARK HALPER）はLEDs Magazineの寄稿編集者で、エネルギー、技術、ビジネス専門のジャーナリスト。
e-mail: markhalper@aol.com

LEDJ