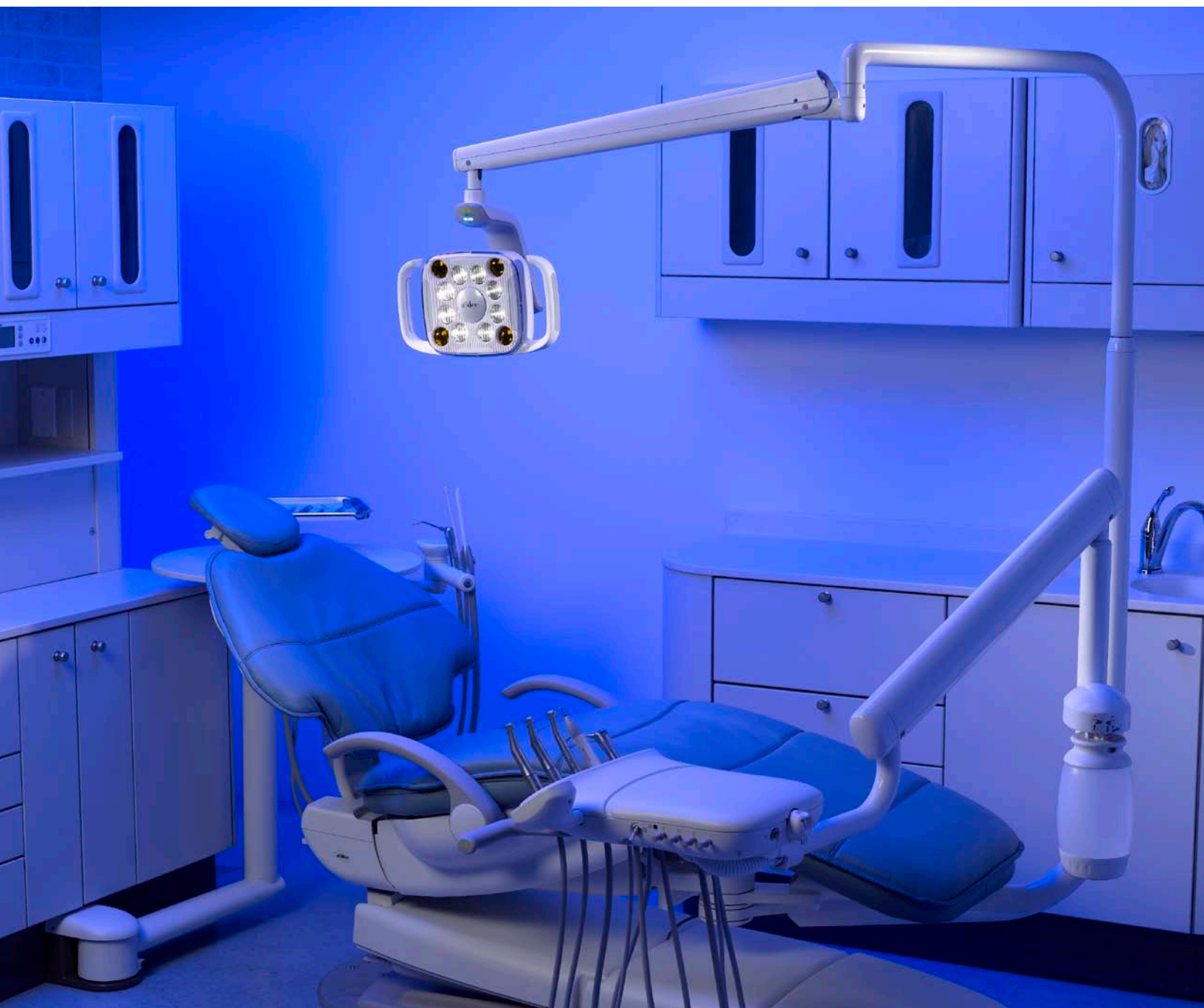




## OPRACOWANIE TECHNICZNE

Zastosowanie diod LED w oświetleniu dentystycznym



## SPIS TREŚCI

Wprowadzenie .....	3
Cel niniejszego opracowania.....	3
Najważniejsze elementy oświetlenia dentystycznego .....	4
Ilość światła .....	4
Jakość światła.....	4
Kolor .....	5
Temperatura barwowa .....	5
Chromatyczność .....	6
Współczynnik oddawania barw (Ra) .....	6
Spójność i jednolitość oświetlenia .....	7
Rzucanie cienia .....	7
Kompatybilność z kompozytami światłoutwardzalnymi .....	8
Inne ważne składniki lampy głównej .....	9
Ergonomia lampy głównej .....	9
Głębina ostrości a odpowiednie oświetlenie .....	9
Możliwości ustawienia lampy .....	10
Łatwe oraz intuicyjne sterowanie lampą .....	11
Zapobieganie infekcjom.....	11
Bezproblemowa eksploatacja .....	11
Estetyka .....	11
Podstawy, zalety i wady technologii LED .....	12
Zalety technologii LED w oświetleniu dentystycznym .....	12
Wady technologii LED w oświetleniu dentystycznym .....	13
Bibliografia .....	14

## WPROWADZENIE

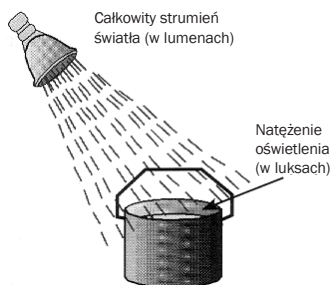
Od dwóch dziesięcioleci technologia diod elektroluminescencyjnych (ang. Light Emitting Diode, LED) wypiera bardziej tradycyjne technologie oświetleniowe (takie jak żarówki i świetlówki) w różnych branżach i zastosowaniach. Technologia ta jest bardzo atrakcyjna ze względu na wysoką wydajność świetlną, wszechstronność pod względem kolorów, widma i intensywności, niski poziom ciepła promieniowania, dłuższy okres eksploatacji, niewielkie wymiary i mniejszy pobór mocy.

W ciągu ostatnich pięciu lat jakość i wydajność diod LED wyższej klasy poprawiły się na tyle, że technologia ta znalazła swoje miejsce w zastosowaniach dentystycznych. Lampy dentystyczne LED są już opracowywane i sprzedawane przez różnych producentów.

Wyniki krytycznej oceny konkurencyjnych produktów wskazują, że nie wyprzedziły one jeszcze najlepszych w swojej klasie lamp halogenowych. Widoczne jest jednak zainteresowanie rozwojem technologii LED w branży dentystycznej – ze strony zarówno producentów, jak i lekarzy. Technologia LED umożliwi powstanie udoskonaleń i innowacji, które w ciągu 5–10 lat przyczynią się do wyparcia lamp halogenowych z rynku oświetlenia dentystycznego.

## CEL NINIEJSZEGO OPRACOWANIA

Niniejsze opracowanie służy trzem celom. Po pierwsze, informuje czytelników ze środowiska stomatologicznego o podstawowych wymaganiach w zakresie oświetlenia dentystycznego. Po drugie, przedstawiono w nim zalety i wady technologii LED w kontekście tych wymagań. Po trzecie – i jest to cel najważniejszy – informacje te powinny umożliwić podejmowanie świadomych decyzji o zakupie wysokiej jakości sprzętu do oświetlenia dentystycznego.



Rysunek 1

**Najważniejsze są parametry światła w jamie ustnej.**

## NAJWAŻNIEJSZE ELEMENTY OŚWIETLENIA DENTYSTYCZNEGO

Każda lampa główna musi przede wszystkim umożliwiać lekarzom zapewnianie najwyższej klasy opieki dentystycznej z maksymalną efektywnością. W tym celu lampa główna musi wytwarzać wystarczającą ilość światła o odpowiedniej jakości i jednolitości. Określenia te mają pewien aspekt oceny i dlatego mogą być subiektywne. W związku z tym lepiej jest opisywać skuteczność oświetlenia przy użyciu bardziej obiektywnych parametrów.

### Ilość światła

W przypadku oświetlenia jamy ustnej ilość światła można w praktyczny sposób zdefiniować jako ilość światła występującą na danym obszarze (rys. 1).

Nazywa się ona natężeniem światła<sup>1</sup> i mierzy się ją zazwyczaj w luksach (lumenach/m<sup>2</sup>), a niekiedy także w stopoświecach.

Aby całkowicie oświetlić jamę ustną oraz jej obrzeże (co zmniejsza zmęczenie oczu) bez konieczności przestawiania, dobra lampa zazwyczaj pokrywa obszar o wysokości 90–100 mm i o szerokości 150–160 mm. W większości dentystycznych zastosowań korzysta się z różnych poziomów natężenia światła: od mniej niż 8000 luksów (np. białe światło używane podczas wypełniania przy użyciu kompozytów światłoutwardzalnych) do aż 30 000 luksów podczas zabiegów w tylnej części jamy ustnej przy użyciu technik pośredniego widzenia i wiertel chłodzonych wodą (np. opracowania ubytku trzonowca górnego drugiego).

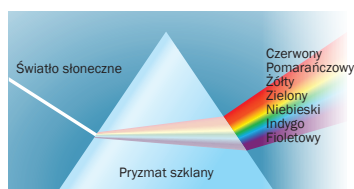
Choć taki zakres natężenia jest dość szeroki w porównaniu z większością zastosowań biurowych, przydaje się do bardziej wymagających zabiegów, takich jak w powyższym przykładzie. Należy jednak zauważyć, że nie wszystkie zastosowania wymagają takiej ilości światła, a w trosce o własny wzrok w dłuższym okresie personel dentystyczny powinien używać tylko takiej ilości światła, jaka jest niezbędna do danego zabiegu. ([Aby uzyskać więcej informacji o prawidłowym doborze poziomów natężenia oświetlenia, zobacz rozdział Ergonomia lampy głównej, s. 9](#)).

### Jakość światła

Wymagania dotyczące jakości oświetlenia dentystycznego rosły wraz ze społeczną świadomością wagi diagnostyki stanu i leczenia jamy ustnej, a także z dużym zapotrzebowaniem na naturalne i bardzo estetyczne wypełnienia kosmetyczne.

<sup>1</sup> W normie ISO 9680 określono obszar 50 mm x 25 mm, który musi być oświetlony na poziomie co najmniej 75% maksymalnego natężenia, jednak lampy główne większości producentów wytwarzają większe pole w celu lepszego oświetlenia jamy ustnej i policzków pacjenta.

**Właściwości światła odbitego (czyli postrzeganego) w jamie ustnej pacjenta zależą wyłącznie od źródła oświetlenia.**



Rysunek 2



Rysunek 3

Już od dziesięcioleci panuje powszechna zgoda w środowisku dentystycznym i branżowym co do tego, że aby dentysta mógł najlepiej zdiagnozować stan jamy ustnej oraz odróżnić tkanki zdrowe od uszkodzonych, oświetlenie jamy ustnej powinno być neutralnie białe.

W związku z tym producenci lamp głównych starają się opracowywać produkty jak najlepiej naśladowujące naturalne światło słoneczne. Światło takie ma bowiem szerokie, dobrze zrównoważone widmo barw, czyli widmowy rozkład mocy. Dzięki temu oko ludzkie postrzega je jako idealne do rozpoznawania „rzeczywistego” koloru obiektów. Im bardziej źródło światła zbliża się jakością do światła słonecznego, z tym większym prawdopodobieństwem dentysta będzie w stanie prawidłowo ocenić stan jamy ustnej. Krótko mówiąc, właściwości światła odbitego (czyli postrzeganego) w jamie ustnej pacjenta zależą wyłącznie od źródła oświetlenia.

### Kolor

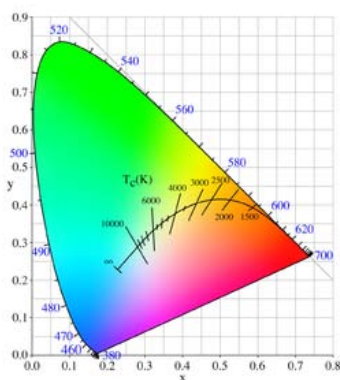
Jednym z głównych celów stosowania lampy głównej jest ukazanie tkanki w naturalny sposób, a to można najlepiej osiągnąć przy użyciu białego światła. Należy jednak zauważyć, że to, co ludzkie oko postrzega jako światło białe, jest w rzeczywistości światłem o zrównoważonym składzie wszystkich kolorów (czyli długości fal) promieniowania widzialnego. Tej równowadze kolorów odpowiada widmowy rozkład mocy światła wytwarzanego przez źródło.

Widmowy rozkład mocy (rys. 2) jest dla charakterystyki kolorystycznej źródła światła jak odcisk palca. Zawiera on pełne informacje o zawartości kolorystycznej źródła światła, ale nie umożliwia prostego przekazywania łatwo interpretowanych informacji o ogólnym wyglądzie kolorów ani możliwości rozróżniania kolorów podczas używania danego źródła. W branży oświetleniowej używa się kilku parametrów umożliwiających wygodniejszy opis jakości kolorystycznej źródła światła: temperatury barwowej, chromatyczności i współczynnika oddawania barw.

### Temperatura barwowa

Postrzegany kolor źródła światła opisuje się często przy użyciu temperatury barwowej (ang. correlated color temperature, CCT). Pojęcie temperatury barwowej wynika ze zjawiska, w którym rozgrzana do odpowiednio wysokiej temperatury materia wydziela światło. Kolor tego światła zależy od temperatury mierzonej w stopniach Kelvina (K), stąd powiązanie temperatury i koloru. Na rys. 3 przedstawiono tę korelację w odniesieniu do ciała doskonale czarnego, czyli tzw. promiennika zupełnego. W rzeczywistości kolory większości źródeł światła nie odpowiadają dokładnie kolorom ciała doskonale czarnego. Można jednak określić ich najbliższe dopasowanie, które nosi nazwę skorelowanej temperatury barwowej. Pojęcie to odzwierciedla fakt, że nie musi to być dokładny kolor ciała doskonale czarnego w określonej temperaturze.

**Neutralne światło białe ma skorelowaną temperaturę barwową 5000 K, dlatego większość producentów sprzętu dentystycznego oferuje lampy zapewniającą tę lub zbliżoną wartość.**



Rysunek 4

W odniesieniu do temperatury barwowej należy podkreślić kilka aspektów, ponieważ metoda ta może być z kilku powodów myląca. Po pierwsze, ludzie często zakładają, że światło jest rzeczywiście emitowane z taką temperaturą. Tymczasem tak być nie musi – najwyższą temperaturę topnienia ze wszystkich metali ma wolfram i wynosi ona 3695 K. Po drugie, ludzie często określają kolory czerwone jako „ciepłe”, a niebieskie jako „zimne”. Paradoksalnie jednak światło niebieskie ma wyższą skorelowaną temperaturę barwową niż światło czerwone.

Skorelowana temperatura barwowa przydaje się do charakterystyki wyglądu ciepłego lub zimnego światła, ale nie dostarcza pełnych informacji o jakości kolorystycznej światła. Dotyczy to w szczególności źródeł światła, w tym diod LED, w których nie stosuje się rozżarzonego włókna, ponieważ kolor ich światła może znacznie różnić się od koloru wytwarzanego przez ciało doskonale czarne.

### Chromatyczność

Ponieważ lampy LED działają inaczej niż lampy żarowe, do pełnego opisu kolorów światła białego nie wystarczy jeden wskaźnik skorelowanej temperatury barwowej. W związku z tym stosuje się współrzędne chromatyczności.

W przeciwieństwie do skorelowanej temperatury barwowej, która jest ograniczona do kolorów emitowanych przez ciało doskonale czarne, chromatyczność obejmuje wszystkie kolory. Do przedstawienia dwuwymiarowych wykresów chromatyczności, na których każda para współrzędnych określa unikatowy kolor, stosuje się różne układy. Jednym z często używanych jest układ współrzędnych chromatyczności (x, y) przedstawiony na rys. 4. Określając wartość współrzędnej x oraz y, można precyzyjnie scharakteryzować kolor.

Na ilustracji przedstawiono także krzywą kolorów generowanych przez ciało doskonale czarne. Krótkie odcinki proste wskazują linie, wzdłuż których skorelowana temperatura barwowa pozostaje stała. Świadczy to także o tym, jak niewystarczającą metodą opisu jakości koloru jest skorelowana temperatura barwowa. Spójrzmy na linię konturową 6000 K. W punkcie przecięcia z krzywą ciała doskonale czarnego kolor jest niemal biały. Idąc w górę linii 6000 K, uzyskujemy światło zielonkawe, a idąc w dół – różowawe.

Współrzędne chromatyczności umożliwiają pełniejszy opis koloru źródła światła niż skorelowana temperatura barwowa. Wada koncepcji współrzędnych chromatyczności polega na tym, że większość ludzi nie jest w stanie określić koloru odpowiadającego danej parze współrzędnych bez wykresu, takiego jak na rysunku 4.

### Współczynnik oddawania barw (Ra)

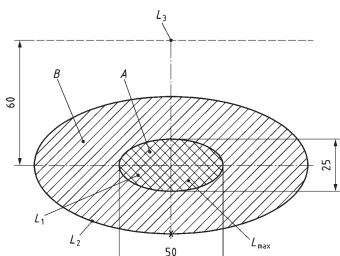
Skorelowana temperatura barwowa i chromatyczność służą do charakterystyki wyglądu koloru światła emitowanego przez źródło. Współczynnik oddawania barw (Ra) tymczasem wskazuje, jak wiernie dane źródło światła odtwarza kolory różnych obiektów w porównaniu z idealnym lub naturalnym źródłem światła.



Wysoki  
współczynnik Ra  
Źródło

Niższy  
współczynnik Ra  
Źródło

Rysunek 5



Rysunek 6

Pole oświetlenia zgodnie  
z normą ISO 9680:2007

A Wewnętrzne pole oświetlenia

B Zewnętrzne pole oświetlenia

Jak wspominaliśmy wcześniej, światło słoneczne zawiera wszystkie kolory (czyli długości fal) światła na odpowiednim poziomie umożliwiającym wierne odtworzenie wszystkich kolorów odbijanych przez obiekt. Oznacza to, że składnik czerwony białego światła słonecznego umożliwia nam postrzeganie wszystkich subtelności odcieni, w tym wszystkich czerwieni tkanki dziąsłowej, a także szerokiej gamy kolorów czegoś tak powszechnego jak uśmiech (rys. 5).

Przyjmuje się, że światło słoneczne oddaje barwy doskonale i jego współczynnik oddawania barw (Ra) wynosi 100. W związku z tym lampa główna powinna mieć jak najwyższy współczynnik Ra (a także odpowiedni kolor i natężenie światła), aby umożliwiać jak najlepsze postrzeganie stanu jamy ustnej.

Tradycyjne lampy, takie jak A-dec 6300 z żarówką kwarcowo-halogenową oraz odbłyśnikiem dichroicznym, umożliwiają trwałe uzyskiwanie Ra na poziomie 95 lub wyższym. Lampy główne LED zazwyczaj nie osiągały dotychczas porównywalnego współczynnika Ra. Pojawia się, owszem, coraz więcej produktów o współczynniku 90 lub większym, ale są na rynku także lampy uzyskujące poniżej 80 Ra przy temperaturze barwowej 5000 K.

W związku z szerokim zakresem adaptacji ludzkiego oka efekty kliniczne stosowania lampy o niższym współczynniku Ra nie są do końca jasne. Badania potwierdzają jednak, że światło o większym współczynniku Ra (czyli od około 90) umożliwia pełniejsze i wierniejsze oddawanie barw wnętrza jamy ustnej.

### Spójność i jednolitość oświetlenia

Na skuteczność oświetlenia wpływa również ogólna spójność pola oświetlenia (rys. 6). W odniesieniu do natężenia światła pole oświetlenia powinno mieć wyraźny i jednolity obszar centralny, który spójnie oświetla wybrane miejsce.

Na krawędziach pola poziomy natężenia światła powinny stopniowo maleć aż do rozmycia. Zmniejsza to zmęczenie oczu wywoływane przez skupianie wzroku na różnych obszarach o mocnym kontraście. [\(Patrz również Ergonomia lampy głównej, s. 9\).](#)

Pole oświetlane wytwarzane przez lampę powinno dodatkowo skutecznie ograniczać negatywny wpływ światła na pacjenta. W normie ISO 9680 określa się, że światło skierowane lub rozpraszane w promieniu 60 mm od środka pola (co stanowi przybliżoną odległość ust od poziomej linii środkowej oczu) nie może przekraczać 1200 luksów. Dobra lampa główna powinna zapewniać wartość o wiele mniejszą od tego progu. Ważne jest jednak to, że nie wszystkie lampy – w tym niektóre lampy LED – spełniają to wymaganie.

### Rzucanie cienia

Aby umożliwić zachowanie prawidłowej postawy członków personelu dentystycznego i zwiększać efektywność pracy, lampa główna musi mieć rozkład rzucanego cienia zbliżony do optymalnego. Głowica lampy musi mieć konstrukcję zapobiegającą

**Źródło światła powinno mieć zdolność obejmowania pola światła o szerokości 150 mm, aby można było uzyskać efekt „stadionowy” pola oświetlenia.**

rzucaniu nadmiernego cienia po częściowym zasłonięciu pola oświetlenia. Nie może ono także skutkować znaczącym zmniejszeniem oświetlenia, które zmuszałoby personel dentystyczny do wolniejszej pracy, zmiany położenia lampy lub przybrania niewłaściwej postawy.

W celu zapewnienia dobrego rozkładu rzucanego cienia głowica lampy głównej musi być odpowiednio szeroka w poziomie i w pionie, aby przeszkody (takie jak instrument czy dłoń) nie powodowały rzucania przeszkadzających cieni. Źródło światła powinno mieć zdolność obejmowania pola światła o szerokości 150 mm, aby można było uzyskać efekt „stadionowy” pola oświetlenia. Można to uzyskać za pomocą odpowiednio dużego odbłyśnika lub matrycy o odpowiednio szerokim rozkładzie punktów świetlnych.

### **Kompatybilność z kompozytami światłoutwardzalnymi**

We współczesnej stomatologii nastąpił gwałtowny wzrost wykorzystania światłoutwardzalnych materiałów dentystycznych. Szczególną popularność zyskały światłoutwardzalne żywice kompozytowe ze względu na ich naturalny wygląd kosmetyczny, łatwiejsze stosowanie oraz większą wytrzymałość i trwałość, a także brak wad związanych z opartym na rtęci amalgamatem.

Najczęściej używanym fotoinicjatorem w światłoutwardzalnych materiałach dentystycznych (wypełnieniach kompozytowych, uszczelnieniach, klejach do aparatów ortodontycznych itp.) jest kamforochinon. Kamforochinon utwardza się w paśmie niebieskim (widzialne światło o długości fali poniżej 500 nm), dlatego jasne światło białe lampy głównej może powodować przedwczesne utwardzenie, ponieważ w naturalny sposób zawiera światło o widmie niebieskim. Przedwczesne utwardzenie może skutkować słabym wypełnieniem (z lukami lub defektami) lub powodować konieczność usunięcia materiału i powtórzenia czynności.

Biorąc pod uwagę popularność dentystycznych materiałów światłoutwardzalnych, lampa główna powinna być zawsze zgodna z ich stosowaniem. Producenci halogenowych lamp głównych tradycyjnie umożliwiali pewną regulację natężenia i zmniejszenie mocy światła. Takie podejście może wydłużyć czas zakładania i utwardzania żywicy światłoutwardzalnej, ale nie eliminuje ryzyka przedwczesnej reakcji. W związku z tym wielu dentystów woli po prostu nie ryzykować, tylko odwrócić lampę lub ją wyłączyć.

Do rozwiązania tego problemu szczególnie dobrze nadaje się technologia LED. Każde białe światło, w tym także diod LED, wprowadza światło niebieskie, które może zainicjować utwardzanie. Ponieważ jednak w jednej głowicy lampy można użyć wielu diod LED, możliwy jest tryb, który redukuje (przez zmieszanie wielokolorowych diod LED) lub całkowicie eliminuje (przez użycie filtrów lub niebiałych diod LED) niebieskie światło w polu oświetlenia. Pole oświetlenia w takim przypadku nie będzie oczywiście białe, ale umożliwi pracę przy pełnym oświetleniu jamy ustnej na najważniejszych etapach wypełniania.



## INNE WAŻNE SKŁADNIKI LAMPY GŁÓWNEJ

Skuteczność oświetlenia w jamie ustnej jest oczywiście najważniejszym aspektem każdej lampy głównej, ale naprawdę udana lampa musi spełniać także inne wymagania personelu dentystycznego i otoczenia. Wartość lampy głównej zwiększa jej ergonomia, możliwości zapobiegania infekcjom, bezproblemowa eksploatacja oraz walory estetyczne.

## ERGONOMIA LAMPY GŁÓWNEJ

Korzystny wpływ ergonomii na dentystę doczekał się należytego uznania w nowoczesnej stomatologii. Aby zapewnić pacjentom wysokiej klasy opiekę i leczenie, dentyści często zaniedbują prawidłową postawę, aby uzyskać lepszą widoczność w jamie ustnej. Zła ergonomia skutkuje chronicznymi bólami, mniejszą efektywnością pracy, zaś po wielu latach wcześniejszym przejściem na emeryturę z powodów zdrowotnych. Ważną rolę w tym aspekcie odgrywa lampa główna, dlatego też jej konstrukcja powinna sprzyjać dobrej widoczności i postawie najbardziej, jak to możliwe.

## Głębia ostrości a odpowiednie oświetlenie

Jak już wspominaliśmy, pole oświetlania powinno przede wszystkim obejmować jamę ustną. Sprzyja to dobrej postawie i minimalizuje konieczność przestawiania lampy. Po spełnieniu tych warunków lampa główna musi zapewniać oświetlenie odpowiednie do potrzeb użytkownika i zastosowania.

Optymalne poziomy oświetlenia lamp głównych są przedmiotem wielu badań i dyskusji. Wielu lekarzy praktyków uważa, że większa ilość światła zapewnia z reguły lepszą głębię ostrości. Tak określa się zdolność do optymalnego postrzegania stanu różnych tkanek w jamie ustnej. Korelacja ta nie musi się jednak potwierdzać, ponieważ ludzkie oko w sposób naturalny dostosowuje się do poziomu światła (Calleja i Hernandez, 1998).

Na preferencje użytkownika dotyczące „odpowiedniego oświetlenia” mogą wpływać takie czynniki, jak wiek, płeć i pochodzenie etniczne, a także przeprowadzany aktualnie zabieg. Na przykład brązowooki dentysta w wieku 60 lat pracujący nad tylną częścią jamy ustnej może potrzebować znacznie więcej oświetlenia niż niebieskooka dentystka w wieku 35 lat używająca bezpośredniego oświetlenia do wypełnienia w przedniej części jamy ustnej. Wpływ na światło odbijane lub skierowane na oczy użytkownika mają też oczywiście podświetlane szkła powiększające, końcówki i urządzenia ssące.

W związku z tym lampa główna musi umożliwiać regulację oświetlenia, aby dostarczać tylko niezbędną ilość światła w odniesieniu do potrzeb użytkownika i wymagań danego zabiegu.

**Aby zmniejszać zmęczenie oczu i zwiększać efektywność pracy, lampa główna musi umożliwiać łatwe wybieranie najniższego poziomu natężenia oświetlenia przy zaspokojeniu preferencji użytkownika oraz zapewnieniu optymalnych parametrów do określonego zabiegu.**

Warto także zauważyć, że lampy główne LED mają nad tradycyjnymi lampami żarówkowymi znaczną przewagę w kontekście regulacji oświetlenia. Ze względu na inne metody sterowania i regulacji zasilania tych lamp poziom oświetlenia można dostosowywać bez zmiany koloru pola oświetlania. Lampy żarówkowe z kolei zmieniają kolor wraz z różnicami poziomu oświetlenia. Zaleta z punktu widzenia użytkownika polega na tym, że przy niższym wymaganym poziomie oświetlenia nie pogarsza się jakość kolorów.

Podsumowując, lampa główna musi umożliwiać łatwe wybieranie najniższego poziomu natężenia oświetlenia, nadal jednak zaspokajając preferencje użytkownika oraz zapewniając optymalne parametry do określonego zabiegu. Sprzyja to zmniejszeniu zmęczenia oczu i zwiększeniu efektywności.

### **Możliwości ustawienia lampy**

**Wstępne ustawienie lampy.** Lampa powinna umożliwiać łatwe odchylenie i przyciąganie. Ustawianie lampy głównej powinno być łatwe i zapewniając wystarczający zakres ruchu do oświetlenia górnego lub dolnego łuku przy wszystkich możliwych zabiegach. Zabiegi te będą się z pewnością wiązać z ustawianiem pacjenta w pozycji leżącej lub siedzącej, ale należy też uwzględnić przypadki specjalne, takie jak leczenie pacjentów na wózkach inwalidzkich.

Ostatnia uwaga dotycząca wstępnego ustawienia lampy: zakresy ruchu i pozycji lampy powinny umożliwiać jej ustawienie od 15 stopni za pionem (czyli na linii wzroku operatora). Sprzyja to ergonomii podczas używania szkieł powiększających, oświetlenia pośredniego oraz technik pośredniego widzenia.

**Precyzyjne, trójosiowe ustawienie lampy.** Niektórzy lekarze akceptują lampy o dwóch osiach obrotu, jednak trzy osie obrotu są preferowane ze względów ergonomicznych. Trzecia oś obrotu umożliwia ustawienie lampy skośnie względem linii środkowej pacjenta. Jest to konieczne do zapewnienia oświetlenia ust bez cieni. Umożliwia także dentyście poruszanie głową bez powodowania cieni. Dzięki temu można uzyskać lepszą postawę oraz widoczność bez rzucania cienia.

Lampa główna powinna przede wszystkim działać na tyle dobrze, by z możliwości jej ustawiania nie trzeba było często korzystać. Kiedy jednak okażą się one przydatne, ruch powinien być intuicyjny i swobodny. Technologia LED umożliwia konstrukcję lamp głównych o naprawdę zaawansowanych możliwościach ustawiania, jednak nie we wszystkich modelach to wykorzystano.

**Włączanie lampy powinno być możliwe bez dotykania jej i bez konieczności odwracania wzroku przez głównego użytkownika od jamy ustnej pacjenta.**

### **Łatwe oraz intuicyjne sterowanie lampą**

Jak wspomnieliśmy powyżej, technologia LED umożliwia korzystanie z trybów lepiej przystosowanych do zabiegów dentystycznych (np. różnych poziomów oświetlenia czy trybu oświetlenia niepolimeryzującego). Lekarze słusznie jednak chcą koncentrować się na jamie ustnej i niekoniecznie znajdują czas na przełączanie trybu oświetlenia.

Włączanie lampy powinno być możliwe bez dotykania jej i bez konieczności odwracania wzroku przez głównego użytkownika od jamy ustnej pacjenta.

### **Zapobieganie infekcjom**

Technologia LED zdecydowanie może wpłynąć korzystnie na oświetlenie dentystyczne. Warto jednak pamiętać, że każda nowa konstrukcja musi być zgodna z rygorystycznymi wymaganiami w zakresie czyszczenia i dezynfekcji w nowoczesnych gabinetach.

Powierzchnie dotykalne należy w miarę możliwości minimalizować, nie utrudniając intuicyjnego włączania i ustawiania. Kształty i kontury lampy powinny umożliwiać łatwe czyszczenie lub ochronę przy użyciu prostych osłonek barierowych, aby skrócić czas dokładnego przygotowania gabinetu pomiędzy wizytami.

### **Bezproblemowa eksploatacja**

Konstrukcja produktu musi być niezawodna i solidna, aby zminimalizować potrzeby związane z ewentualną naprawą. Dobrze zaprojektowana lampa LED nie będzie nigdy wymagać wymiany elementów świetlnych. Najwydajniejsze konstrukcje będą osiągać wymagane parametry bez potrzeby stosowania takich elementów, jak wentylatory, termiczne wyłączniki krańcowe i żarówki, które mogą spowodować przedwczesną awarię.

Naprawy i regulacje muszą być proste i niekosztowne.

### **Estetyka**

Z punktu widzenia pacjenta lampa główna należy do najbardziej widocznych elementów wyposażenia gabinetu. W związku z tym wzornictwo lampy musi budzić przekonanie o profesjonalnym wizerunku. Proste kształty i przemyślane linie kojarzą się z zaawansowaną techniką, co wpływa na ogólne wrażenia pacjenta z pobytu w gabinecie. Ponieważ lampa główna powinna wystarczyć na 10–20 lat, jej wygląd powinien zachować atrakcyjność przez cały ten okres.

Widoczne powierzchnie, a w szczególności osłona przednia i odbłyśnik, powinny być łatwe w czyszczeniu lub chronione przy użyciu osłonki barierowej. Nie powinny pozostawać na nich widoczne smugi ani plamy, które mogłyby negatywnie wpłynąć na odczucia pacjenta.

## PODSTAWY, ZALETY I WADY TECHNOLOGII LED

W przypadku każdej nowości, która ma zastąpić powszechnie stosowaną technologię, należy uwzględnić zarówno zalety, jak i wady. To samo dotyczy przejścia od bardziej konwencjonalnych lamp z żarówkami kwarcowo-halogenowymi do oświetlenia LED.

### Zalety technologii LED w oświetleniu dentystycznym

**Więcej światła przy mniejszym poborze mocy.** Diody LED są o wiele bardziej wydajne pod względem wytwarzania światła. Dzięki rozwojowi tej technologii można uzyskać znacznie więcej światła przy znacznie mniejszej mocy. Typowa żarówkowa lampa główna pobiera około 100 W, by zapewnić oświetlenie na poziomie około 24 000 luksów. Tymczasem lampa LED może zapewnić o 25% więcej światła przy jednej piątej wymaganej mocy. Tendencja do produkcji coraz wydajniejszych diod LED będzie ponadto utrzymywać się w najbliższej przyszłości. Trudno oczekiwać od dentystów, by zrezygnowali z lepszej skuteczności oświetlenia ze względu na zużycie energii, ale doceniają oni niższe rachunki za prąd oraz zalety ekologiczne.

**Długa eksploatacja bez wymiany żarówki.** Nawet najlepsze żarówki mają ograniczony okres eksploatacji i kiedyś zawiodą – często podczas zabiegu. Spowalnia to pracę i zwiększa koszty. Lampy LED umożliwiają natomiast bezawaryjną pracę w całym okresie eksploatacji, przez szacunkowo 40 000 godzin w ciągu 20 lat. Dotyczy to szczególnie konstrukcji o dobrze rozwiązanym zabezpieczeniu przed przegrzaniem oraz zrównoważonej regulacji mocy ([patrz „Zabezpieczenie przed przegrzaniem” w rozdziale Wady, s. 13](#)). Diody LED są także z racji swojej budowy bardziej wytrzymałe od żarówek.

**Brak emitują ciepła.** Lampy LED nie emitują ciepła, w związku z czym nie występuje efekt „lampy grzejnej”. Dzięki temu personel dentystyczny nie poci się podczas pracy w odzieży ochronnej, takiej jak rękawice, okulary, maska i fartuch. Zwiększa to wygodę i efektywność pracy.

Szczególne znaczenia nabiera to w większych klinikach i zakładach, w których działa wiele lamp w bezpośredniej bliskości. Ciepło wytwarzane przez lampy halogenowe może znacząco podnieść temperaturę pomieszczenia.

**Szersza gama zastosowań dentystycznych.** Jak wspomniano w poprzednich rozdziałach, diody LED umożliwiają bardziej efektywne wytwarzanie większej ilości światła i bardziej ergonomiczne ustawianie oraz lepiej sprawdzają się w takich zastosowaniach, jak oświetlanie podczas zakładania wypełnień kompozytowych.

**Jeżeli konstrukcja diody LED nie umożliwia rozpraszania ciepła wytwarzanego przez złącze, może to znacznie skrócić okres eksploatacji diody.**

### **Wady technologii LED w oświetleniu dentystycznym**

**Zabezpieczenie przed przegrzaniem.** Diody LED nie emitują ciepła, jak również światła podczerwonego, poza widmem widzialnym. Ciepło jest jednak wytwarzane na złączu diody LED. Jeżeli nie zostanie ono rozproszone, okres eksploatacji diody LED może ulec znacznemu skróceniu, ponieważ przegrzanie powoduje awarię złącza.

Grupowanie wielu diod LED (co wybiera wielu producentów) pogarsza ten problem i może wymagać chłodzenia aktywnego w postaci wentylatora oraz czujników przegrzania. To z kolei ogranicza solidność i niezawodność konstrukcji.

Lampy LED, w których utrzymuje się niską temperaturę dzięki unikaniu grupowania diod LED oraz aktywnego chłodzenia, są z natury bardziej efektywne pod względem zabezpieczenia przed przegrzaniem.

**Współczynnik oddawania barw (Ra).** Rozwój techniczny korzystnie wpłynął na współczynnik Ra lamp LED, ale nadal ustępują one pod tym względem lampom z żarówkami kwarcowo-halogenowymi i odbłyśnikiem dichroicznym (które osiągają wartości Ra powyżej 97). Parametry niektórych lamp LED są już jednak na tyle wysokie, że wielu lekarzy nie dostrzeże w praktyce żadnej różnicy. Dentysta zainteresowany kupnem lampy powinien jednak osobiście wypróbować lampy i podjąć decyzję na podstawie własnych preferencji.

**Cena początkowa.** Lampy LED nieustępujące jakością działania odpowiednikom żarówkowym (lub je przewyższające) wymagają o wiele bardziej zaawansowanej technologii i konstrukcji. Elementy LED muszą być zainstalowane na płycie elektronicznej i zasilane z płyty sterującej. Wymagania w zakresie wydajności świetlnej wymuszają ponadto opracowywanie bardziej zaawansowanej optyki lub zabezpieczenia przed przegrzaniem.

### **Ewentualna wymiana modułu świetlnego LED jest znacznie bardziej kosztowna.**

Diody LED są często chwalone — i słusznie — za długi okres eksploatacji. Warto jednak zauważyć, że jeśli dojdzie do awarii, takiej jak przegrzanie, koszt i nakład pracy związane z naprawą są znacznie większe niż w przypadku zwykłej wymiany żarówki.

**Siedziba firmy A-dec**

2601 Crestview Drive  
Newberg, Oregon 97132  
USA  
Tel.: 1 800 547 1883  
na obszarze USA i Kanady  
Tel.: 1 503 538 7478  
spoza USA i Kanady  
Faks: 1 503 538 0276  
a-dec.com

*Międzynarodowe centra dystrybucji***A-dec Australia**

Unit 8, 5-9 Ricketty Street  
Mascot, NSW 2020  
Australia  
Tel.: 1 800 225 010  
na obszarze Australii  
Tel.: +61 (0)2 8332 4000 spoza Australii  
Faks: +61 (0)2 9699 4700  
a-dec.com.au

**A-dec Wielka Brytania**

Austin House, 11 Liberty Way  
Nuneaton, Warwickshire CV11 6RZ  
Anglia  
Tel.: 0 800 ADEC UK (2332 85)  
na obszarze Wielkiej Brytanii  
Tel.: +44(0)24 7635 0901  
spoza Wielkiej Brytanii  
Faks: +44 (0)24 7634 5106  
a-dec.co.uk

**BIBLIOGRAFIA**

Calleja, F. R. i Hernandez, A. (1998). Conditions Required for Visual Comfort. w J. M. Stellman, *Encyclopaedia of occupational health and safety, Volume II*. Genewa: Międzynarodowa Organizacja Pracy.

Chu, S. J., Devigus, A. i Mieszko, A. (2004). *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. Carol Stream, Illinois, USA: Quintessence Publishing Co, Inc.

Technical Committee ISO/TC 106, Dentistry, Subcommittee SC 6, Dental. (2007). ISO 9680: Stomatologia – Lampy zabiegowe. Szwajcaria: Biuro Praw Autorskich ISO.

van Boheeman, J., Albayrak, A., Molenbroek, J. i de Ruijter, R. (2009). Adequate Dental Task Lighting. *Tijdschrift voor Ergonomie*, 14–21.

van Boheeman, J., Albayrak, A., Molenbroek, J. i de Ruijter, R. (2008). Design of a Dental Operating Light. Delft, Holandia: Politechnika w Delft.

Wikipedia. (brak daty). *Color Temperature*. Wersja z roku 2011, adres: [http://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_temperature](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_temperature)

Wikipedia. (brak daty). *Dichroic Filter*. Wikipedia, wersja z roku 2011, adres: [http://en.wikipedia.org/wiki/Dichroic\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Dichroic_filter)

Wikipedia. (brak daty). *Illuminance*. Wikipedia, wersja z roku 2011, adres: <http://en.wikipedia.org/wiki/Illuminance>

Wikipedia. (brak daty). *Tungsten*. Wikipedia, wersja z roku 2011, adres: <http://en.wikipedia.org/wiki/Tungsten>

Young, J. M. (1987). Intraoral dental lights: Test and evaluation. (pod red. L. J. Boucher) *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 57 (1).