

巻 頭 言

我が国において初めてコンタクトレンズが使用されてからすでに 60 年以上が経過した。1951 年、水谷は円錐角膜の患者に対してハードコンタクトレンズを処方し、その臨床的有用性を証明したが、それ以来、コンタクトレンズ素材は飛躍的な進歩を遂げ、光学機能や装用形態の多様化の中で、個々のユーザーのライフスタイルに適したコンタクトレンズが選択できる時代が到来している。その優れた光学特性、利便性、そして美容的なメリットもあって、装用人口は増加の一途をたどり、現在では 1,700 万人に達するものと推定されている。

ただ、すべてがポジティブな話ばかりではない。改良されたとはいっても、コンタクトレンズ自体は元来が異物であるため、その装用は眼表面、特に角膜組織にとって大きな負担であり、それ故に、適正な装用時間の遵守あるいは日々のレンズケアを怠ればさまざまなトラブルが生じることとなる。なかでも、角膜感染症は最も重篤な眼合併症の一つであり、先年のアカントアメーバ角膜炎のアウトブレイクはすべての眼科医の記憶に新しい事件であろう。

2005 年、日本コンタクトレンズ学会は、当時の金井淳理事長を中心に第 1 版のコンタクトレンズ診療ガイドラインを発刊したが、これはちょうど薬事法改正により、

コンタクトレンズがクラスⅢ、すなわち「不具合が生じた場合、人体へのリスクが比較的高い」という高度管理医療機器に指定された時期に合致する。これは人工腎臓透析器や AED などと同じ評価であり、これを契機にコンタクトレンズ販売は許可制となり、販売管理者には継続研修の受講が義務づけられた。コンタクトレンズ装用者の大半を占める若年層の視機能低下は社会にとって大きな損失であり、関係者、特に眼科医に課せられた責務には重いものがある。したがって、コンタクトレンズの安全な使用には、眼科医の診療に基づく処方が不可欠であるというのが我々の認識である。

さて、第 1 版以後、シリコーンハイドロゲルレンズの普及、オルソケラトロジーレンズの認可、カラーコンタクトレンズ問題など、コンタクトレンズ診療を取り巻く環境は大きく変化している。そこで今回、現理事会のメンバーを中心に第 1 版の記述を見直し、第 2 版として改訂ガイドラインを刊行することとした。いうまでもなく、コンタクトレンズ診療は眼科専門医にとって必須のスキルである。本ガイドラインが、国民の眼の健康を守るうえにおいて、眼科医の知識整理と標準化に役立つことを心より願っている。

2014 年 1 月

日本コンタクトレンズ学会
理事長 木下 茂
理事(学術担当) 大橋 裕一
村上 晶

■日本コンタクトレンズ学会コンタクトレンズ診療ガイドライン編集委員会

委員長：木下 茂，大橋 裕一，村上 晶

委員：糸井 素純，稲葉 昌丸，植田 喜一，宇津見義一，梶田 雅義，金井 淳，小玉 裕司，澤 充，
下村 嘉一，坪田 一男，濱野 孝，前田 直之，吉野 健一，渡邊 潔

■日本コンタクトレンズ学会コンタクトレンズ診療ガイドラインの執筆者

糸井 素純，稲葉 昌丸，植田 喜一，宇津見義一，大橋 裕一，小川 句子，梶田 雅義，金井 淳，
木下 茂，小玉 裕司，崎元 暢，佐野 研二，澤 充，塩谷 浩，高村 悦子，濱野 孝，
針谷 明美，福田 昌彦，前田 直之，水谷 聡，村上 晶，柳井 亮二，渡邊 潔

■医療は本来医師の裁量に基づいて行われるものであり、医師は個々の症例に最も適した診断と治療を行うべきである。日本コンタクトレンズ学会は、本ガイドラインをもとに行われた医療行為により生じた法律上のいかなる問題に対しても、その責任を負うものではない。

第 1 章 コンタクトレンズの歴史(表 1)

I 創 生 期

コンタクトレンズ(CL)の歴史には著名な科学者が名を

連ねる。1508 年, da Vinci は水を満たしたガラスボールで模型眼を作り, 網膜にどのような像が映るかという実験を行った(図 1)。水に接してもものを見る初めての試み

表 1 コンタクトレンズ(CL)の歴史

1508	da Vinci 水を満たしたガラスのボールに自身の眼をつけ, 網膜に像がどのように映るかを検討		
1636	Descartes 水の入った筒を角膜に接触させたときの網膜像について検討(筒を短くすると現在の CL と同じ)		
1823	Herschel 透明なゼリー状物質を介して球面ガラスを眼の表面に接触させ, 乱視矯正を試みた(CLの原理)		
1886	Galezowsky 術後の疼痛軽減と感染防止のため, コカインと水銀昇華物を染み込ませたゼラチンディスクを角膜上にのせた(初の治療的使用)		
1887	Saemisch 兔眼性角膜炎に対して, 角膜部分が透明で強膜部分に彩色をしたガラス製眼蓋を長期装用させた		
1888	Fick 角膜レンズ, 強角膜レンズの2種類のレンズを考案。"Eine Contactbrille" という論文を発表。「コンタクト」という言葉が初めて用いられる		
1889	Müller 自身の強度近視を矯正するために直径 12 mm のレンズ(Hornhaut Linsen : 角膜レンズ)を作製		
ハードコンタクトレンズ (HCL)			
1936	Feinbloom 角膜部分は光学ガラス, 強膜部分は不透明な合成樹脂でできた強角膜レンズを作製(遠近両用 CL デザインを考案)		
1937	Teissler Cellulose acetate を材料とした強角膜レンズを作製(初のガス透過性 CL)		
1938	Obrig, Müller Polymethyl methacrylate (PMMA) 製の強角膜レンズを切削研磨により作製する方法を考案し, 軽量化, 装用感向上に成功 (PMMA CL の誕生)		
1948	Tuohy PMMA 製角膜レンズを初めて作製		
1951	水谷 PMMA 製強角膜レンズを円錐角膜患者に国内で初めて処方		
1957	Wesley 直径 8.9 mm の Sphericon CL を紹介。以降, 急速に我が国で普及		
HCL		ソフトコンタクトレンズ (SCL)	
1961		Wichterle 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) と呼ばれる高分子ポリマーを材料とした含水性ソフトコンタクトレンズ(SCL)をスピルキャスト製法により製造	
1971	Gaylord ガス透過性材料である silicone methacrylate を開発		
1972		日本における SCL 販売が認可	
1978	Cellulose acetate butyrate (CAB) を材料とするガス透過性 HCL (RGPCL) を米国食品医薬品局 (FDA) が承認		
1979	PMMA-シリコンコポリマーを材料とする RGPCL を FDA が承認 [Dk 値(酸素透過係数値) レースの始まり]		
1984		デイスポーザブル SCL (DSCL) 登場 [我が国では 1991 年に 1 週間連続装用の DSCL が, 1994 年に頻回交換型 SCL (FRSCL) が販売]	
1993		1 日 (毎日) DSCL が登場 (我が国では 1995 年に販売)	
1998		シリコンハイドロゲル CL (SHCL) 販売	



図 1 da Vinci の原理.

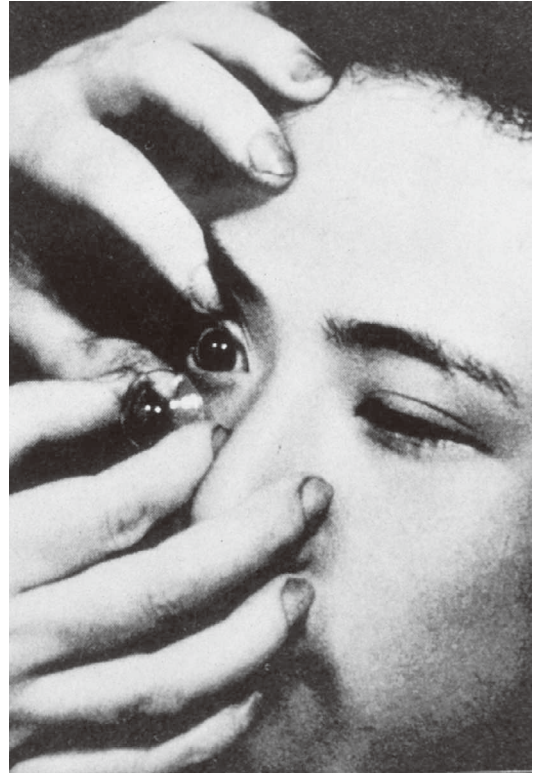


図 3 国内における初めての CL 装用.

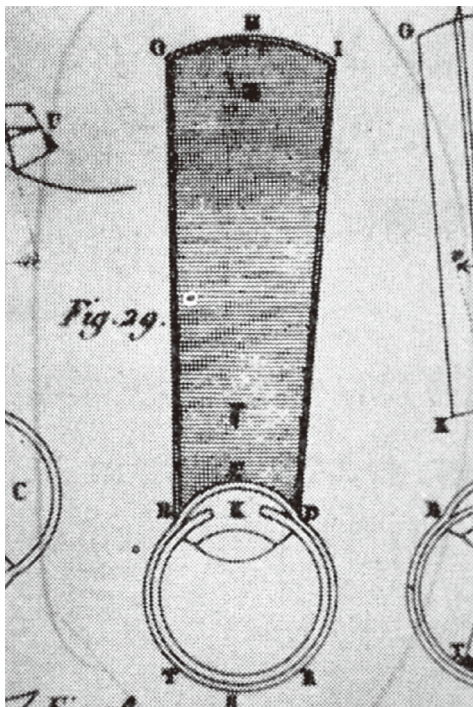


図 2 Descartes の原理.

であったことから CL の始祖とされる。1636 年、Descartes は水の入った筒を角膜に接触させた際の網膜像を論じた(図 2)が、筒を短くすれば現在の CL と変わりのない点で CL の概念により近い発想といえる。また、1823 年、Herschel は“表面が不正な角膜を矯正するには、外表面は角膜と同じカーブで、内面は不正部分を正確に陰

刻したレンズを用いる”とする CL の乱視矯正に近い理論を発表している。一方、1886 年に Galezowsky がコカインと水銀昇華物を染み込ませたゼラチンディスクを角膜上にのせたのがソフトコンタクトレンズ(SCL)の始まりである。しかし、以後長らく SCL へ応用できる含水性材料が開発されることはなかった。

II ガラス製レンズの登場

屈折矯正を目的としたレンズの装着を初めて試みたのは、1888 年の Fick とされる。彼は人間の屍体眼をもとに作製したレンズを自ら装着し、“Eine Contactbrille(接触眼鏡)”という表題で発表している。翌 1889 年には、Müller も自分自身の強度近視を矯正するために直径 12 mm の“Hornhaut Linsen(角膜レンズ)”を作製した。しかし、この時代のレンズはガラス製で重く、装用感も不良であったため、実際の臨床で使用されることはなかった。1926 年、石原がドイツからガラス製の強角膜レンズを持ち帰り、日眼会誌に紹介した。

III 合成樹脂レンズの時代へ

1930 年代にアクリル樹脂が開発されると、1936 年に Feinbloom は角膜部が光学ガラス、強膜部が合成樹脂の強角膜レンズを作製し、レンズ重量を軽減できること、加工性も良く、生体安全性にも優れていることを示した。その後、1938 年に Obrig が polymethyl methacrylate(PMMA)製の強角膜レンズを、1948 年には Tuohy

が同じく PMMA 製の角膜レンズ，すなわち現在のハードコンタクトレンズ(HCL)の原型となるものを作製した。1951 年，水谷は PMMA 製強角膜レンズを円錐角膜の患者に我が国で初めて処方した(図 3)。1957 年，Wesley が Sphericon CL(直径 8.9 mm の PMMA 製角膜レンズ)を日本に紹介，以降国内で HCL が普及するようになった。

IV ガス透過性 HCL の時代

PMMA の最大の欠点は酸素を透過させないことにあった。1970 年代に入り，酸素透過性材料 cellulose acetate butyrate(CAB)を素材とするレンズが初めて開発されたが，性能に劣っていたため普及しなかった。1974 年には PMMA の基本構造にケイ素が添加された silicone methacrylate によるガス透過性 HCL(rigid gas-permeable contact lens : RGPCL)が開発され，さらに含フッ素素材も開発され次第に PMMA 単体レンズは使用されなくなった。その後，RGPCL の酸素透過性は向上し連続装用も可能となった。

V SCL の登場と普及

1954 年，Wichterle と Lim が 2-hydroxyethyl methacrylate(HEMA)の合成に成功し，その後の 1961 年，Wichterle によってスピんキャスト法によるレンズの製

法が確立された。1972 年，我が国でも HEMA 素材の低含水性 SCL が終日装用レンズとして承認された。1983 年には高含水率(70%)SCL の連続装用も承認された。その後，より安価で大量生産が可能なモールド製法が確立されると，極薄デザインのもと，SCL の交換期間を短くした頻回交換型 SCL(FRSCL)が 1994 年に承認され，さらに 1995 年には 1 日ディスプレイ SCL(DSCL)が承認を受けシェアを拡大した。また，レンズデザインも非球面デザイン，トーリック，マルチフォーカル，虹彩付などへ多様化し，消毒も熱消毒法から化学消毒法(過酸化水素消毒：1991 年承認，多目的溶剤：1996 年承認)へと移行していく。ガス透過性の高いシリコンエラストマーやブチルアクリレートなどの非含水性素材のレンズが試みられたが，固着の問題で普及には至らなかった。

VI シリコンハイドロゲル CL の時代

シリコンエラストマーやブチルアクリレートの共重合体に HEMA を重合させることにより，含水性でかつ従来型 SCL よりも酸素透過性が約 7 倍以上高いシリコンハイドロゲル CL(SHCL)が開発された。2004 年に承認後も，さまざまな改良が施され，徐々に主流の位置を占めつつある。良好な装用感と高い酸素透過性が実現された点で，理想の CL に一歩近づいたと考えられる。

第2章 コンタクトレンズの分類

コンタクトレンズ(CL)は、素材、装用方法、装用スケジュールなどで分類される(表2)。

I 素材による分類

CLは素材によってハードコンタクトレンズ(HCL)とソフトコンタクトレンズ(SCL)に分類されていたが、さらに1991年以降の1日ディスポーザブルSCL、頻回交換型SCL、1週間連続装用ディスポーザブルSCLの普及に伴い、使用法により分類がされるようになった。

1. HCL

HCLが角膜上で良好に安定するためには、HCLと角膜の間に適切な涙液層が形成される必要がある(図4)。涙液層が厚過ぎればHCLの角膜への吸着力は弱くなり、薄過ぎればHCLと角膜表面との間に干渉を生じ、角膜への圧、上皮障害、固着などが生じる。また、HCLのエッジ部に必要十分な量の涙液プールがないと、HCLを偏位した状態から回復させる向心力が弱くなり、角膜中心からずれやすくなる。初期のHCLは、ガス透過性のない polymethyl methacrylate (PMMA) 製であったが、シロキサン化合物やフルオロアルキル化合物を導入することにより、良好なガス透過性を有しながら、水濡れ性、強度、研削性をも併せ持つ素材のガス透過性HCL(RGPCL)が数多く登場し(表3)、現在ではほとんどがRGPCLになっている。ガス透過性のないPMMA素材に比べると機械的強度や水濡れ性に劣ることが多く、レンズケアとしては原則として蛋白質除去操作を必要とする。表面の水濡れ性改善のため、表面親水化処理を施したRGPCLも一部あり、その場合はレンズエッジの修整、研磨加工、研磨剤入り洗浄剤の使用が行えない。

2. SCL

SCLは角膜から強膜上の球結膜までを柔軟に被覆する。SCLの間に形成される涙液層はHCLの場合よりもはるかに薄く、強い粘弾性を持って作用するためSCLは容易にずれたり外れたりすることがなく、異物が迷入することも少ない。SCLが角膜中央からずれると、エッジの円周を引き伸ばすことになるため復元力が働く。したがって、角膜中央部の曲率を示すケラトメータ値よりも、エッジ部とその接する強膜部との関係が重要となる。同じ理由により、一般的には形状保持性の高いSCLのほ

うがセンタリングは良好である。SCLの素材としては含水性プラスチック、poly-2-hydroxyethyl methacrylate (poly-HEMA) から始まり、その後、N-vinyl pyrrolidone、アクリルアミド、ポリビニルアルコール(PVA)などが登場し、高含水率、汚れにくさ、機械的強度などの特性を持つものが得られている。近年は、シリコーンハイドロゲル素材のSCLが普及している。従来のハイドロゲルCL素材とシリコーンハイドロゲルCL素材は性質が異なるため、二別して考えるのが適切である。

1) ハイドロゲルCL(従来の素材のSCL)

高分子間の空隙に水を取り込むことで、柔軟性と水を介しての酸素透過性を有する。米国食品医薬品局分類(FDA分類)により含水性SCL素材は含水率とイオン性の組み合わせによって4つに分類される(表4)。汚れの原因の一つである蛋白質はイオン性素材に吸着しやすく、含水率が高い素材ほど素材内に蛋白質が侵入しやすい。このため、高含水・イオン性のグループIV素材が最も蛋白質を吸着しやすく、低含水・非イオン性のグループI素材が最も吸着しにくい。含水性SCLが十分な酸素透過性を得るためには、含水率を高くするか、SCLを薄くする必要があるが、反面、破れやすい、乾燥しやすいなどの欠点を生じる。得られる角膜上酸素分圧は、高ガス透過性のRGPCLに比べると低い。

2) シリコーンハイドロゲルCL

従来のSCL素材に、ガス透過性の高いシリコーン素材を混合すると同時に透明性を保たせ、臨床応用を可能としたのがシリコーンハイドロゲルCL(SHCL)である。シリコーンポリマーが高いガス透過性を有するため、国外では30日連続装用の認可を受けたものがある。低い含水率でも十分な酸素透過性が得られ、乾燥感が少なく、汚れにくい、充血しにくいなどの特長を有し、従来の含水性SCLの長所とRGPCLの長所を併せ持ったCLといえる。シリコーンポリマーには親油性があり、そのままではCL表面が撥水性となるため、CL表面にプラズマコーティングやプラズマ処理などを施す、あるいはCLに親水性素材を含有させるなどの方法によってCL表面の親水性を保つ工夫がなされている。しかし、CL表面の状態によっては脂質汚れが付きやすいことがある。また、素材が低含水率で、従来の高含水SCLに比べて硬

表2 コンタクトレンズ(CL)の分類

素材による分類	ハード [ガス透過性HCL(RGPCL), polymethyl methacrylate (PMMA)], ソフト [グループI~IV, シリコーンハイドロゲルCL(SHCL)]
装用方法による分類	終日装用, 連続装用, 就寝時装用
装用スケジュールによる分類	1日ディスポーザブルSCL(DSCL), 1週間連続装用DSCL, 頻回交換型SCL(FRSCL), 定期交換型SCL(PRSCL), 従来型SCL

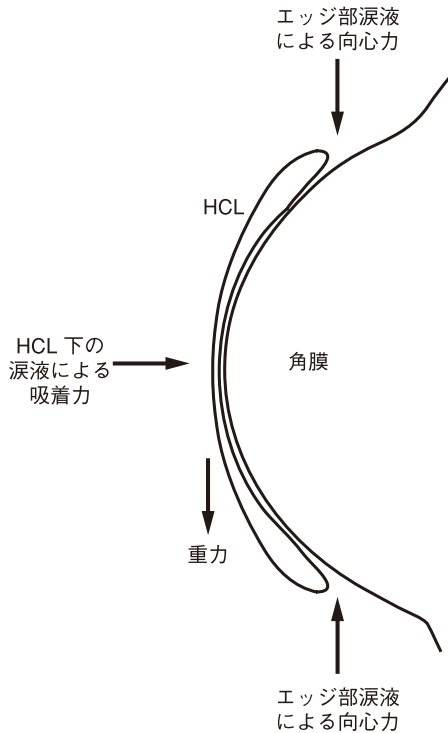


図 4 角膜上のハードコンタクトレンズ(HCL). HCL と角膜間に捉えられた涙液によって生ずる接着力が HCL を角膜に吸着し、重力が HCL を下方に引き、HCL のエッジ部に貯留する涙液が HCL を中央に引き寄せる。

く [ヤング率(Young's modulus)が高い], このため巨大乳頭結膜炎や角膜上方周辺部の角膜上皮障害(superior epithelial arcuate lesions : SEALs)などの合併症が出現することがある. レンズの素材により表面処理, 硬さなどの違いがあるため, その特性を理解して処方する必要がある.

II CL 装用方法による分類(表5)

装用方法による分類では, 就寝前までに外す「終日装用」, 昼間だけでなく就寝時も装用する「連続装用」, 主に就寝時だけに装用する「就寝時装用」に大別できる. 連続装用については, 日本では最長 1 週間の連続装用を行う条件で許可された CL がある. この場合 7 日目の夜に CL を外して就眠し, 翌朝に CL を装用する方式である. 特殊なデザインの HCL を就寝時に装用することによって角膜曲率を変える「オルソケラトロジー」の場合は, 日中は装用せずに就寝時のみ装用する(就寝時装用).

III 装用スケジュールによる分類

HCL は一枚を使い続ける従来型の装用スケジュールが基本である. SCL は, ① デイスポーズブル SCL (DSCL), ② 頻回交換型 SCL (FRSCL), ③ 定期交換型 SCL (PRSCL), ④ 従来型 SCL の 4 つに分類される(表 6). DSCL と FRSCL を合わせて「使い捨てレンズ」と呼ぶことも多いが, 「使い捨てレンズ」という用語は本来一

表 3 CL の材質

名称	ハードコンタクトレンズ(HCL)		ソフトコンタクトレンズ(SCL)	
	PMMA 製 CL	ガス透過性 HCL (RGPCl)	含水性 SCL	シリコーンハイドロゲル CL (SHCL)
主成分	polymethyl methacrylate (PMMA)	methyl methacrylate (MMA), ケイ素含有化合物(シロキサン化合物), フッ素含有化合物(フルオロアルキル化合物)などの重合物	2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA), N-vinyl pyrrolidone (NVP), アクリルアミド, ビニールアルコールなどを重合させた含水ポリマー	DMA + TRIS + シロキサンマクロモノマー, NVP + TPVC + NCVE + PVBC など
含水率	わずか	わずか	38~78%	24~48%

表 4 SCL の材質分類(米国食品医薬品局)

	低含水率(含水率 50% 未満)		高含水率(含水率 50% 以上)	
	非イオン性	グループ I	グループ II	
イオン性	グループ III	グループ IV		

我が国でもこの分類が主に用いられる.

表 5 装用方法による分類

終日装用	起床後 CL を装用し, 就寝時までに外す装用方法
連続装用	就寝時も連続して装用する方法 (日本では最長 1 週間までを連続装用の限度としている)
就寝時装用	寝る前に装用し, 就寝時は装着したまま固着させ, 起床時に外す装用方法

表 6 装用スケジュールによる分類

	使用サイクル	消毒	蛋白質除去
ディスプレイ型 SCL (DSCL)			
毎日交換	1 日(寝る前までに捨てる)	不要	不要
連続装用	最長 1 週間	不要	不要
頻回交換型 SCL (FRSCL)			
	最長 2 週間	必要	不要
定期交換型 SCL (PRSCL)			
1 か月交換	最長 1 か月	必要	必要*
3 か月交換	最長 3 か月	必要	必要
従来型 CL			
従来型 SCL	約 1 年~1 年半	必要	必要
従来型 HCL	約 1 年~4 年	不要	必要

* : 一部の PRSCL は蛋白質除去が必要でないものもある。

度外したら再使用しないレンズを指すため、FRSCL は厳密には「使い捨てレンズ」ではない(表 6)。

第 3 章 コンタクトレンズケア

I コンタクトレンズ(CL)ケアの基本操作

1. CL ケアの方法

CL, および, ケア用品の使用説明書(添付文書)を参考に, 個々の眼の状態を考慮して, 最も適切な使用方法を指導する。

1) 洗浄

洗浄は CL に付着した汚れや微生物の除去を目的として, 「こすり洗い」と「つけおき洗浄」とに大別される。「つけおき洗浄」は簡便であるが, 微生物を含む洗浄効果は「こすり洗い」よりも明らかに劣るため, 「こすり洗い」が推奨される所以である。蛋白質あるいは脂質分解酵素自体, あるいはこれらの分解産物によって過敏症が発生することもある。

2) すすぎ

すすぎは CL から遊離した汚れや微生物のほか, 洗浄や保存で使用した薬剤を洗い流すことを目的としている。ハードコンタクトレンズ(HCL)では水道水を, ソフトコンタクトレンズ(SCL)では保存剤または多目的溶剤(multi-purpose solution : MPS)を使用する。

3) 保存

保存は洗浄後の CL を衛生的に保つだけでなく, CL の物性を維持することを目的としている。HCL と SCL では保存方法が異なる。

4) 消毒

消毒は CL に付着した病原性微生物とレンズケース内の病原性微生物を死滅させる, あるいは発育を防止することを目的とする。

5) 強力洗浄

強力洗浄は毎日の洗浄を行っても除去できない蛋白質, 化粧品などの汚れを除去することを目的とする。

2. レンズケアに関する注意点

1) 手指の洗浄

CL を装用するときと外すときには必ず石鹸での手洗いを徹底する。泡立てた石鹸で手の甲, 指先と指の間, 手首まで丁寧な手洗いを指導する。十分すすいで, ペーパータオルや毛羽立たない清潔なタオルで拭き取る。感

染対策の基本は手洗いである。CL 関連角膜感染症の原因は環境菌であるグラム陰性桿菌が多いので, 手洗いの習慣付けを指導する。眼と CL を傷つけないために爪を短く, 滑らかにする。手あれ防止対策も感染対策につながる。また, CL 装用後に化粧をし, CL を外してから化粧を落として, CL への化粧品の付着を避けるようにする。アイメイクやクレンジングなどの使用も注意する。

2) 防腐剤の影響

ケア用品, 点眼剤などに含まれる防腐剤が CL に取り込まれ, 眼障害を起こすことが報告されている。原因ははっきりしない眼障害が生じた場合は, 防腐剤の関与も考える必要がある。

3) その他の注意点

適切なレンズケアを行っていてもレンズに汚れが付着する場合に, レンズの材質やサイズ, ベースカーブ, デザインを変更すると改善する場合がある。さらに, アレルギー性結膜疾患やドライアイなどの患者では基礎疾患への適切な治療を要する。

II CL ケアの実際

1. HCL のケア

HCL は, ガス透過性を有さない polymethyl methacrylate contact lens(PMMA CL)とガス透過性を有する rigid gas-permeable contact lens(RGPCL)の 2 種類に大別される。PMMA CL は生体適合性および水濡れ性に優れている。RGPCL はシロキサンやフッ素などの疎水性成分が含有されているため水濡れ性が悪く, 第 2 章で述べたように, 一部の RGPCL では表面親水化処理を施してある製品もある。また, RGPCL は PMMA CL と比較すると汚れが付着しやすく, 破損, キズ, 変形などを生じやすいので取り扱いには十分注意する。

1) 洗浄

HCL の洗浄には, こすり洗いが必要な, ① 研磨剤含有洗浄液, ② 研磨剤非含有洗浄液と, つけおき洗浄が可能な, ③ 2 液型つけおき洗浄システム, ④ 1 液型洗浄保存液(あるいは 1 液型つけおき洗浄システム)が用いられる(表 7)。①, ②については保存液を併用する。洗浄効

表 7 ハードコンタクトレンズ(HCL)の洗浄液

研磨剤含有洗浄液	研磨剤(無機金属塩や有機高分子などの微粒子)と界面活性剤を含む洗浄液で, こすり洗いにより沈着した汚れを研磨剤で機械的に除去するため, 界面活性剤のみでは除去しにくい化粧品などの汚れに対しても効果がある。ただし, 表面親水化処理されたガス透過性 HCL(RGPCL)に対しては使用することができない
研磨剤非含有洗浄液	界面活性剤を含む洗浄液で, 研磨剤を含有しないため洗浄力は研磨剤含有洗浄液と比較すると劣る
2 液型つけおき洗浄システム	界面活性剤を含有する洗浄保存液と液体酵素剤の 2 液から成る。液体酵素を添加することで保存中に蛋白質や脂質を分解させる(つけおき洗浄)
1 液型つけおき洗浄システム	界面活性剤と酵素を含有する洗浄保存液で, つけおき洗浄を目的としている

果は、物理的にこする行為を伴うこすり洗いがつけおき洗浄よりも優れている。また、つけおき洗浄は涙液成分以外の汚れに対しては酵素の効果はほとんど期待できないので、つけおき洗浄システムであっても別途洗浄液によるこすり洗いをを行うことを推奨する。脂質汚れが多い場合には、イソプロピルアルコールを含有する専用洗浄液を使用すると効果が得られることもある。

2) すすぎ

水道水(冬季の場合には、ぬるま湯)で洗浄液のぬめりがなくなるまで十分にすすぐ。

3) 保存

洗浄後のレンズは、水道水ですすいだ後に、保存液または洗浄保存液中にレンズ全体が浸るようにして保存する。レンズの保存に水道水を使用しない。また、高濃度の界面活性剤はRGPCCLに吸着するので、専用洗浄液中に保存しない。保存液または洗浄保存液には、溶液成分である界面活性剤、増粘剤、湿潤剤、酵素や、沈着物の酵素分解物などが含まれているため、装着前にはレンズを十分に水道水ですすぐ。レンズケースの保存液は毎回交換し、その都度レンズケースを水道水でよくすすいで乾燥させる。レンズを長期間保存する場合には、1週間に1回、保存液を入れ替える。

4) 強力洗浄

強力洗浄としては、酵素(蛋白質分解酵素、脂質分解酵素)の錠剤を保存液または水道水で溶解し、その溶液中にCLを浸漬して沈着物を分解する酵素洗浄と、次亜塩素酸塩溶液中に浸漬して沈着物を除去する塩素系洗浄剤がある。使用頻度は、酵素洗浄剤の場合は1週間に1回程度、塩素系洗浄剤の場合は1か月に1回程度である。どちらの強力洗浄においても、洗浄成分は眼に対して障害を引き起こす可能性があるため、洗浄後にはレンズを十分に水道水ですすぐことが重要である。

5) その他の注意点

(1) レンズを取り扱う前には必ず石鹸で手洗いして、清潔な状態で取り扱う。落としたレンズを拾い上げる際には、細心の注意を払い、水道水や保存液で湿らせた指先に付着させる。無理な力で拾い上げると破損することがある。

(2) HCL 装用者においては、消毒が不要なため清潔管理の意識が低い傾向にある。レンズケースに付着した汚れはバイオフィームを形成し、眼感染症を引き起こす原因ともなるので、CLを装用後はケース内の保存液を捨て、ケース本体とレンズホルダーを流水(水道水)ですすぎ洗いし、十分に乾燥させる。レンズホルダーは洗いにくいため、6か月に一度はレンズケースの交換をする。レンズホルダーや蓋の内側にバイオフィームが形成されると感染の足場になりうる。ケースを持ち歩く際、清潔管理しながら、2つのレンズケースを交替して使用すると安全である。ケース内に水道水や精製水など、HCL用

の保存液、あるいは洗浄保存液以外のものを入れて保存してはいけない。

(3) CL 装着液は、レンズ装着前に使用することでレンズの水濡れ性を改善し、またレンズ装着時の異物感を軽減させる。

(4) 前述したケア(こすり洗い、つけおき洗浄、強力洗浄)で除去できない沈着物は、研磨により除去することができる。また、表面についた微細な傷であれば研磨加工で除去できる場合もある。ただし、レンズ表面に親水化処理を施してあるRGPCCLは研磨することができない。

2. SCL のケア

基本的なSCLのケアは、洗浄、消毒、すすぎ、保存(再装用までの保管)の4ステップである。なお、煮沸消毒の場合、装用直前のすすぎは不要である。

1) 消毒

(1) 煮沸消毒

100℃で20分の加熱を行う。細菌・真菌だけでなく、アcantアメーバやウイルスに対しても有効である。最近では煮沸器の製造中止に伴いほとんど行われていない。

(2) 過酸化水素による消毒

過酸化水素(3%)を用いて微生物を変性させ、死滅させる消毒システムである。OH基の持つ酸化作用で微生物の細胞壁を破壊させる。消毒後は中和作業が必要で、消毒と同時に中和を始めるワンステップと、消毒終了後に中和を行うツーステップの製品がある。

(3) ポビドンヨードによる消毒

ヨウ素系消毒剤で、遊離されたヨウ素が微生物の膜蛋白質、酵素蛋白質、核蛋白質のチオール基を酸化することにより殺菌作用を示す。中和作業が必要であるが、中和によりヨウ素成分が消退する。

(4) 多目的溶剤(MPS)による消毒

必要なケアを1剤で行うことを目的とした用剤である。主成分はカチオン性消毒剤で、微生物の細胞膜を変化させて増殖を抑える作用を持つ。MPSを充填したケースにSCLを保管している間に消毒効果が発揮される。中和の必要がなく、眼に直接入っても問題ない濃度に消毒剤が設定されている。MPSの消毒効果は過酸化水素やポビドンヨードよりも劣るため、こすり洗いをしっかり行い、十分なすすぎで汚れ、微生物を物理的に取り除くことが感染予防に重要である。

2) 洗浄

手のひらにレンズをのせて、表と裏を十分にこすり洗いすることが最も効果的な洗浄方法である。蛋白質、脂質や微生物除去のための界面活性剤や酵素などが配合された製剤もあり、それらは保存中にも洗浄を補助する役割をしている。使用レンズの種類や涙液成分の個人差でもレンズの汚れの程度は異なるため、汚れが少ない場合は程度に応じて適切な専用洗浄液や酵素洗浄剤を使用す

表 8 コンタクトレンズ用洗浄剤、保存剤、洗浄保存剤等に関する安全自主基準(改訂第 5 版)

CL 用洗浄剤	CL の洗浄に供することを目的とした液状、顆粒状、粉状、固形(固体)、ゲル状などの剤形の CL 用の洗浄剤をいい、CL の蛋白質系の汚れの除去を目的とした蛋白質除去剤、蛋白質除去剤以外の特定の汚れの除去を目的とした除去剤もこれに含まれる
CL 用保存剤	CL の保存に供することを目的とした液状の剤形の CL 用の保存剤をいう
CL 用洗浄保存剤	CL の洗浄および保存に供することを目的とした液状の剤形の CL 用の洗浄保存剤をいう
CL 用溶解水	用時に液状、顆粒状、粉状、固形(固体)、ゲル状などの剤形の CL 用洗浄剤、保存剤、洗浄保存剤を溶解することを目的とした溶質を含まない水をいう

る。

3) すすぎ

こすり洗いと十分なすすぎを併用することで、レンズに付着した汚れと微生物を洗い落とすことができる。すすぎは装脱後、こすり洗いの後、装着直前に行う。

4) 保存

次の装用までの保管中に、微生物が増殖しないように努める。煮沸消毒および過酸化水素では、各々の消毒操作終了後は消毒効果がなくなることに注意しなければならない。煮沸消毒や過酸化水素で 24 時間以上経過した場合は、再度消毒操作を行ってからレンズを使用する必要がある。MPS は保存中に消毒効果を発揮するが、消毒効果が弱いため、ケース内に微生物が増殖することがあるので、長期の保存は危険である。

III レンズケア・コンプライアンスの重要性

装用者が、CL は視力障害を招く高度管理医療機器であることを認識することが一番である。重篤な CL 関連角膜感染症は失明の危惧がある。医師、眼科専門医は処方の際、診察だけでなくレンズケアの必要性和安全に装用するための説明、教育、指導に努める。CL やケア用品の使用説明書や CL についての冊子など、印刷物や映像などを用いるとよい。正しい装用と適切なケアを厳守させ、CL による眼障害の早期発見、早期治療のため定期検査を受けるよう指導する。再診時の定期検査のときにも診察ならびにレンズ装用状況とレンズケアのコンプライアンスを確認する。問題があれば CL やケアの再指

導や変更を指示する。指導しても眼感染症を繰り返す者や適切な装用やケアの厳守ができない者に対してはレンズの処方をしていない。

CL 関連角膜感染症の汚染はレンズケースに由来するため、レンズケースの清潔管理が感染対策への鍵になる。環境菌に対して、過酸化水素消毒やポビドンヨード消毒の消毒効果は高いが、MPS の消毒効果は低いので、ケース内の MPS を毎日替えることが重要である。MPS を注ぎ足しての使用は感染の危険性につながる。レンズケースについては消毒が難しいので、CL を装用後、ケース内の溶液を捨て、流水(水道水)でこすり洗いをし、ケースの蓋(内側)ともども乾燥させると微生物の増殖を防ぐことができる。井戸水、自家製生理食塩水、精製水などでの洗浄は感染につながるため禁忌である。消毒剤を新たに開封したときには古いケースは破棄し、新しいケースに交換する。汚染菌はケース近傍の環境菌が多いため、保管場所も風通しの良い所に保管し、洗面所を清潔にしておくことも大切である。

IV CL ケア用品の分類

CL ケア用品は薬事法の規制を受ける医薬品(局方精製水など)と医薬部外品(CL 装着液、SCL 用消毒剤)、薬事法の規制を受けない雑品に分類される。雑品は、一般社団法人日本コンタクトレンズ協会の「コンタクトレンズ用洗浄剤、保存剤、洗浄保存剤等に関する安全自主基準」により、CL 用洗浄剤、CL 用保存剤、CL 用洗浄保存剤、CL 用溶解水に分類される(表 8)。

第4章 コンタクトレンズの適応と選択

I 屈折異常

屈折異常には、近視、遠視に加えて、眼球の各経線の屈折力に差がある正乱視と、角膜表面の凹凸不整によって、眼球の各経線の屈折力が互いにかつ同一経線内において不規則な不正乱視とがある(図5)。

II 用途

コンタクトレンズ(CL)の持つ視力補正能力を最大限に発揮させ、眼表面の生理的環境を可能な限り壊さずに装用を継続させるためには、各種CLごとの用途を理解し、個々の生活環境や眼の状態に合わせて処方することが大切である。

1. ハードコンタクトレンズ(HCL)

硬質材料という特徴から、角膜乱視や円錐角膜などの角膜形状異常の屈折矯正に威力を発揮する。強度の角膜乱視にはHCLの中でも内面カーブがトーリック面で構成される後面トーリックレンズが有効である。HCL装用開始後1か月経つと相当数で違和感も消失改善されることが報告されている。高分子学的に高酸素透過性を期待できるうえ、良好な涙液交換や耐汚染性、また、眼障害時の自覚的症状が出やすいことも安全性を高めていると考えられている。

2. ソフトコンタクトレンズ(SCL)

1) ハイドロゲルコンタクトレンズ

装用感に優れ、基本的にレンズの動きが少ないため、HCL不耐症や激しいスポーツ、特にボディコンタクトのあるスポーツを行うのに向いている。主流は含水性材料から成るディスポーザブルSCL(DSCL)、および頻回交換型SCL(FRSCL)である。DSCLはアレルギー性結膜疾患の症例や、汚染されやすい状況下で活動を強いられる患者に威力をみせる。HCLとは異なり、球面レンズの乱視矯正能力は $-0.50 \sim -0.75$ Dと弱い。乱視用のトー

リックレンズも軸の回転を完全に抑えることは不可能で、乱視度数は弱めに入れてプリズムバラストとダブルスラブオフのデザインを上手く使い分けて乱視矯正を図る。

2) シリコンハイドロゲルCL(SHCL)

ハイドロゲルのポリマー部分に酸素拡散能力の高いシリコンを用いて高酸素透過性を獲得した含水性SCLである。シリコンの持つ強い撥水性と親脂質性に加え、フレキシビリティに劣る欠点があるが、親水化のための表面処理や高分子デザインの進歩により改良されてきている。

3. 強膜レンズ

重症ドライアイ、角膜形状異常に対する用途が再評価されている。

4. オルソケラトロジー用レンズ

用途としては、激しいボディコンタクトのあるスポーツ選手への処方が挙げられる。小児の屈折矯正への処方も想定されるが、屈折状態の不安定な若年者への影響については不明な点も多く、我が国におけるオルソケラトロジー・ガイドライン(2009年)では20歳以上をオルソケラトロジーの適応としている。

III 注意すべき基礎疾患

CL処方にあたって処方するCLの医家向け添付文書を確認する。添付文書には医学的禁忌例、生活習慣的禁忌例、生活環境的禁忌例が挙げられている(表9)。前眼部の急性および亜急性炎症をはじめ、眼感染症、ぶどう膜炎、巨大乳頭結膜炎、角膜上皮欠損、ドライアイなどは注意すべき疾患である。また、角膜内皮細胞の異常やマイボーム腺機能不全症などについては医学的禁忌例には挙げられていないものの注意が喚起されている。薬剤の服用や点眼などの治療を行っている場合は、その治療に必要な生活環境を含めCLの装用に影響を及ぼすことがあるので処方には注意を要する。CL装用の必要性が明らかであればリスクのある症例であっても眼科医の裁量でCLの処方を行うこともある。しかしながら、処方にあたっては患者に対して十分なインフォームドコンセントを行わなければならない。

IV 医学的適応

すべての屈折異常および調節異常がCLの医学的適応となる。

1. 近視・遠視

眼鏡に比較してCLはレンズによる網膜像の縮小や拡大率が少なく、良好な視力が得られるほか、視野の狭小化やプリズム作用も少ない。よって、度数が強くなるほ

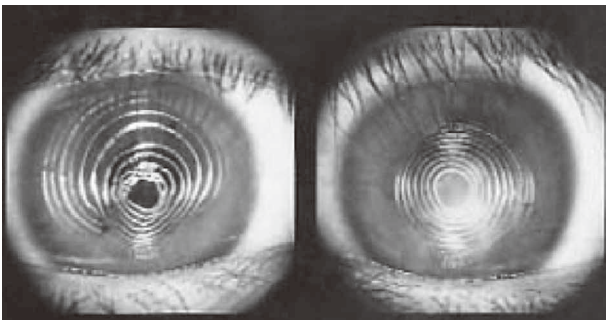


図5 不正乱視。

円錐角膜などで角膜表面が不整になって生じる(フォトケラトスコープ)。

表 9 医家向け添付文書による禁忌

医学的禁忌	生活習慣的禁忌	生活環境的禁忌
<ul style="list-style-type: none"> ・前眼部の急性および亜急性炎症 ・眼感染症 ・ぶどう膜炎 ・角膜上皮欠損 ・涙液分泌量の不足(ドライアイ) ・角膜知覚低下 ・コンタクトレンズ(CL)装用に影響を与える程度のアレルギー疾患 ・眼瞼異常 ・涙器疾患 ・そのほか眼科医が装用不適と判断した疾患 	<ul style="list-style-type: none"> ・眼科医の指示に従うことができない患者 ・定期検査を受けられない患者 ・CLを適正に使用できない患者 ・必要な衛生管理を行えない患者 ・極度に神経質でCLの装用に向かない患者 ・そのほか眼科医が装用不適と判断した患者 	<ul style="list-style-type: none"> ・常に乾燥した環境にいる患者 ・粉塵・薬品などが眼に入りやすい環境にいる患者 ・そのほか眼科医が装用不適と判断した環境にいる患者

どCLのほうが眼鏡よりも有利となる(第8章参照)。

2. 正乱視

-0.50~-0.75 Dの正乱視眼はSCLにて矯正することができる。一部の従来型SCLにおいては-5.0 D前後までの円柱度数を加入できるが、FRSCLやDSCLでは円柱度数の範囲は-2.5 D前後までとなる。ただし、乱視度を高めるとレンズ厚は厚くなり、酸素透過性は低下するので、酸素透過性の低い素材の従来型SCLを処方する際には注意が必要である。また、乱視軸の設定も少ない。強度乱視や斜乱視においてはHCLのほうが良い適応となる。

3. 不正乱視

円錐角膜などの不正乱視眼においては、その程度が軽度であれば眼鏡やSCLによって良好な矯正視力を得られる場合もあるが、基本的にはHCLの適応となる。

4. 調節異常

老視の矯正手段として、遠近両用CLが臨床に導入されている。基本的にHCLでは同時視型および交代視型、SCLでは同時視型のデザインを採用している(第7章参照)。

5. 不同視

高度の不同視に眼鏡を用いると、プリズム効果の不均衡や不等像視により十分な矯正が難しくなり、複視や両眼視機能の喪失を招くことが多い。このような症例では



図 6 虹彩欠損。

下耳側と上鼻側の虹彩が離断・欠損しており、虹彩付CLを処方した。

CLが良い適応となる。

6. 虹彩異常

無虹彩、虹彩欠損(図6)、麻痺性散瞳、虹彩異色では整容補正目的および羞明防止のために虹彩付CLを処方する。

7. 治療的使用

角膜の病気を治療する目的でCLを使用することがある。適応疾患として、円錐角膜、角膜穿孔、角膜上皮欠損、水疱性角膜症などがある(第7章V参照)。

第5章 コンタクトレンズ処方

I コンタクトレンズ(CL)処方とは

CL 処方とは、装用者の生活状況や希望などを考慮し、眼の状況に応じた適切な CL を選択し、最適なレンズフィッティングと適切な度数で処方すること、さらに装用指導、レンズケア指導、定期検査までを含む。CL 関連角膜感染症全国調査¹⁾などによって、CL 装用が永続的な視力低下の原因となり得ることが明らかになっている。CL 処方にあたっては、CL 装用に伴うリスクの説明と、それを理解したうえでの同意取得が必要である。

II CL についての説明

CL を処方する際には、ハードコンタクトレンズ(HCL)

かソフトコンタクトレンズ(SCL)(表 10)、SCL であればハイドロゲル CL かシリコーンハイドロゲル CL(表 11)、装用スケジュール(表 12)についてそれぞれの長所、短所を医師が説明する必要がある。また、装用者の年齢、眼の状態、希望する装用方法などをベースに、何故この CL が選択されたかについて、十分な理解を得ることが重要である。

III スクリーニング検査

装用希望者が受診した際は、CL 装用が可能かどうか、あるいは継続が可能かどうか表 13 に示す項目について検討する必要がある。角膜形状解析装置は角膜前面の形状を広い範囲で解析でき、初期円錐角膜、角膜不正乱視

表 10 ハードコンタクトレンズ(HCL)とソフトコンタクトレンズ(SCL)

長所	短所
ガス透過性 HCL(RGPCL) <ul style="list-style-type: none"> 重篤な眼障害の発生頻度が少ない 円錐角膜などの角膜不正乱視、強度角膜乱視の矯正が可能である 角膜への酸素供給量が多い レンズの寿命が長い(2~3年) 	<ul style="list-style-type: none"> 装用感が悪い(当初のみ) ずれやすい 紛失しやすい レンズがくもる 3~9 時染色の角結膜上皮障害、結膜充血が生じやすい 長期装用により眼瞼下垂が生じることがある
ソフトコンタクトレンズ(SCL) <ul style="list-style-type: none"> 装用感が良好である 充血が目立ちにくい レンズがくもらない レンズがずれない 紛失が少ない 激しいスポーツでも装用可能である 	<ul style="list-style-type: none"> 円錐角膜などの角膜不正乱視、強度角膜乱視が矯正できない 重篤な眼合併症(角膜潰瘍、眼内炎)を生じることがある 巨大乳頭結膜炎が発症することがある(発症頻度：従来型 SCL>RGPCL) 装用中の慢性酸素不足により眼への影響がある(角膜内皮細胞障害、角膜血管新生) バンデージ効果により、自覚症状が生じにくい

表 11 ハイドロゲル CL とシリコーンハイドロゲル CL

長所	短所
ハイドロゲル CL <ul style="list-style-type: none"> レンズの種類、デザインが多い レンズが軟らかく、装用感がよい 脂質汚れが付きにくい 	<ul style="list-style-type: none"> 酸素透過性がシリコーンハイドロゲル CL やガス透過性 HCL(RGPCL) よりも劣る 酸素透過性を高めるために、含水性が高く、薄いデザインにすると、乾燥感が強くなる。 長年に装用すると、慢性的酸素不足による合併症(角膜内皮障害、角膜血管新生など)を生じることがある
シリコーンハイドロゲル CL(SHCL) <ul style="list-style-type: none"> 酸素透過性が高い 乾燥感が少ない 輪部充血が少ない 蛋白質の汚れが付着しにくい 	<ul style="list-style-type: none"> レンズがやや硬い 巨大乳頭結膜炎の発症率がやや高い Superior epithelial arcuate lesions(SEALs)の発症率がやや高い 脂質の汚れが付着しやすい 化粧品の汚れが付きやすい 装用感がハイドロゲル CL よりも劣ることがある レンズ度数が限定される レンズの種類、デザインが少ない カラー SCL は未発売である

表 12 使い捨て SCL の装用方法

長所	短所
1 日(毎日)ディスプレイザブル SCL(1 日 DSCL)	
<ul style="list-style-type: none"> ・レンズケアが不要である ・レンズが常に清潔である ・従来型 SCL, 頻回交換型 SCL よりも眼合併症の発症頻度が低い ・Occasional use に最適である ・巨大乳頭結膜炎に最適である 	<ul style="list-style-type: none"> ・コストが高い ・レンズの種類, デザインが少ない ・レンズ度数が限定される ・処方時に, 破損などのレンズ不良を 1 枚 1 枚確認できない
頻回交換型 SCL(FRSCL)	
<ul style="list-style-type: none"> ・レンズが清潔である ・蛋白質除去が原則として不要である ・従来型 SCL よりも眼合併症の発症頻度が低い ・1 日(毎日)DSCL よりも価格が安い ・1 日(毎日)DSCL よりもレンズの種類, デザインが多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・レンズ度数が限定される ・処方時に, 破損などのレンズ不良を 1 枚 1 枚確認できない
1 週間連続装用ディスプレイザブル SCL(1 週間連続装用 DSCL)	
<ul style="list-style-type: none"> ・レンズケアが不要である ・レンズが清潔である ・レンズの装着脱が週に一度のみでよい 	<ul style="list-style-type: none"> ・終日装用よりも眼合併症の発症頻度が高い ・CL 装用による慢性の角膜酸素不足の眼への影響が生じる ・コストが高い ・レンズの種類, デザインが少ない ・レンズ度数が限定される ・トーリック, 老視用, カラー SCL は未発売である ・処方時に, 破損などのレンズ不良を 1 枚 1 枚確認できない

DSCL, FRSCL は前述した SCL の長所と短所をすべて共通して持ち合わせている。ただし, 使用期間, 装用方法が限定されているために, 従来型 SCL と比較すると, それぞれ異なる長所と短所がある。

表 13 スクリーニング検査

1. 問診
1) 来院の理由
2) CL の装用経験(レンズの種類を含めて)
① 終日装用, あるいは連続装用
② 1 日平均装用時間
③ 1 週間の平均装用日数
④ CL 洗浄方法の確認(できるだけ詳細に問診)
⑤ SCL 消毒方法の確認(できるだけ詳細に問診)
⑥ 定期検査のための受診の有無
3) 想定される装用環境
4) 眼疾患, 全身疾患の既往, 特にアレルギー疾患の有無とその内容
5) 点眼薬使用の有無
6) 洗眼習慣の有無
2. 他覚的屈折検査, 自覚的屈折検査(遠方視力, 近方視力)
3. 角膜曲率半径検査
4. 角膜形状検査
5. 角膜内皮細胞検査(スペキュラーマイクロスコープ)
6. 外眼部検査
7. 細隙灯顕微鏡検査
8. 眼圧検査
9. 眼底検査
10. 涙液検査 [Schirmer 試験, 涙液層破壊時間(BUT)]
11. 手持ち眼鏡の検査

などを検出できる。角膜内皮細胞は加齢変化により, 年 0.3~0.7% の細胞脱落があるとされている。角膜内皮細胞検査(スペキュラーマイクロスコープ)は長期 CL 装用者, 角膜内皮変性症などで細隙灯顕微鏡検査により細胞密度に関して問題があると考えられる場合に実施する。既装用者については使用していた CL のメーカーと種類

のみならず, レンズの規格, レンズの状態, CL 矯正視力, フィッティング状態を把握し, 処方する CL と指導するレンズケアの参考とする。

1. トライアルレンズの選択

自覚的屈折検査値から角膜頂点間距離補正を行い, やや低矯正になると考えられる度数のトライアルレンズを

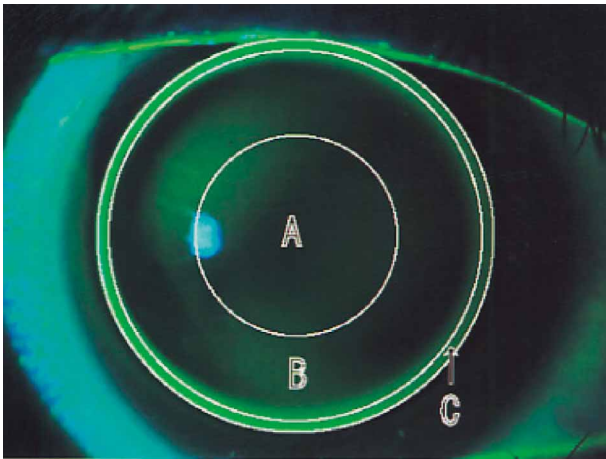


図 7 フルオレセインパターンの部位別判定.

A: 中央部, B: 中間周辺部, C: 最周辺部(ベベル部分)

選択してフィッティング検査を行う。HCL や従来型 SCL のトライアルレンズで軽度近視に対してフィッティング検査を行うときは、過矯正にならないように眼鏡枠に凸レンズを入れ、フィッティング検査の前後にトライアルレンズの上から装用させる

2. トライアルレンズによるフィッティング検査

1) HCL

HCL では、角膜曲率半径の中間値に 0.05~0.10 mm 加算して最も近いベースカーブを選択する方法と、角膜曲率半径の弱主経線値に最も近いベースカーブを選択する方法とがある。角膜乱視が強いとき、前者の方法ではその程度に応じてややフラットに、後者の方法では逆にスチープにしたものを選択する。ただし、処方するレンズのベースカーブは常にフィッティング検査により最適なものを選択する。

良いフィッティングを得るには、HCL の中央部だけでなく、周辺部についても HCL 後面のカーブと角膜曲率が適合していなければならない。ケラトメータや角膜形状解析をもとに選択したトライアルレンズを装用させ、実際の動きを観察したうえで処方を決める必要がある。レンズのセンタリング、レンズの動き、フルオレセインパターンを観察する。

(1) フルオレセインパターンは流涙が治まってから(例えば装用後 20~30 分間経って、HCL に慣れてから)判定する。

(2) フルオレセインパターンの観察は角膜中央部で行い、レンズの中央部、中間周辺部、最周辺部(ベベル部分)に分けて評価する(図 7)。フィッティングを平行に合わせたときが最も涙液交換が良好とされる。ベベルデザインにより変化するのは主に角膜に対するベベルのリフト量とその幅であり、ベベルアナライザー像(図 8)を参考にレンズを選択する方法がある。

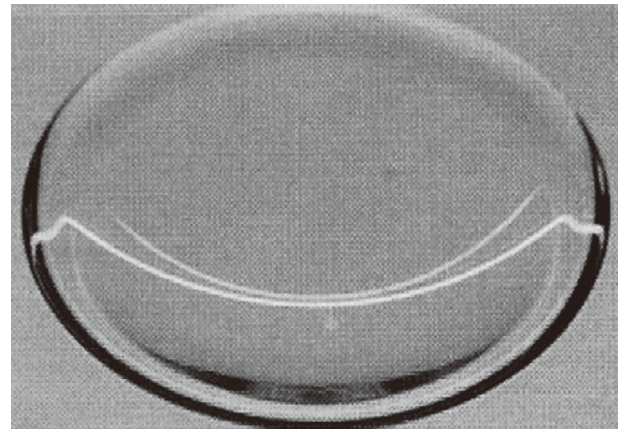


図 8 ベベルアナライザー像.

ベベルの違いがフィッティングに大きく影響する。

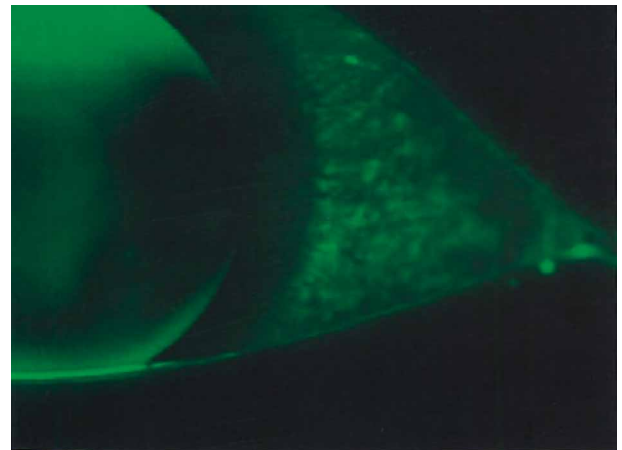


図 9 レンズエッジのこすれによる点状表層角膜症.

(3) その他

(i) レンズの動きに伴う涙液交換

(ii) HCL の静止位置でのフルオレセインパターン

(iii) HCL が移動する際のレンズエッジと周辺部角膜、結膜との関係(図 9)。

2) SCL

SCL では、角膜曲率半径の弱主経線値よりも 0.7~1.0 mm フラットなベースカーブのトライアルレンズを選択する。ただしディスプレイ SCL の中にはベースカーブが 1 つしかないものもあり、フィッティングに問題があれば、他の種類に変更する。

レンズのセンタリング、レンズの動き(正面視、上方視)、レンズ周辺部による結膜、強膜への圧迫(図 10)の有無を確認する。眼球の動きに SCL が追従して、角膜輪部を常に被覆し、かつ固着しないことが重要である。上方視時に SCL が取り残されて角膜輪部上方が露出する場合、強い瞬目時に SCL が引き上げられて角膜輪部下方が露出する場合はルーズである。SCL の動きはデザインによって異なり、薄型デザインでは瞬目時に上下動がないことも多く、正面視した状態で下眼瞼の上から被験者が

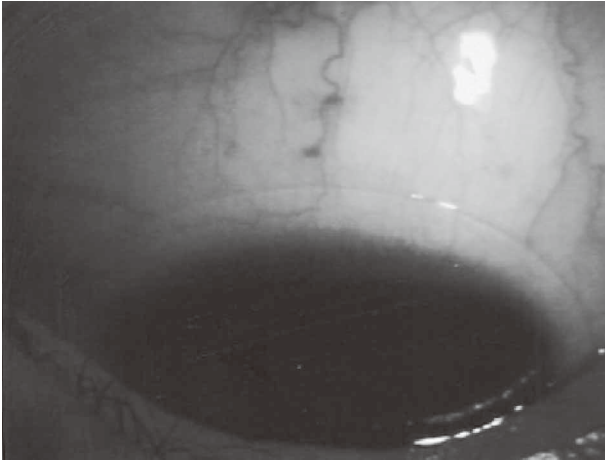


図 10 SCL 周辺部による結膜，強膜への圧迫の確認方法。

指でレンズエッジを軽く押し上げ，スムーズにレンズが動くかを確認する。下眼瞼越しに指で軽く押し上げたとき (push-up test)，スムーズに上下すればタイトではない。SCL の素材やデザインによって最適な動きの幅，速さは変化する (図 11)。

3. トライアルレンズによる追加矯正視力検査

追加矯正視力検査は，雲霧状態あるいは低矯正の状態から開始する。赤緑試験を併用し，処方度数が過矯正にならないように注意する。球面レンズで追加矯正を行うとき， -0.25 D の付加で視力の上がり方が 1 段階程度となれば，それ以上の球面レンズによる追加矯正をせず，残余乱視の確認に入る。また視力が安定しないときや，近視障害を訴えるような症例では，CL 上から検影法を実施して，屈折状態を確認する。HCL では CL 後面と角膜前面の間に形成される涙液層が，一種のレンズの役割をする (涙液レンズ)。涙液層は角膜前面が球面であれば球面レンズとして，トーリック面であれば円柱レンズとして作用する。HCL の規格変更を行う場合，通常はベースカーブを 1 段階 (0.05 mm) スティープにすると涙液レンズは $+0.25\text{ D}$ の働きをするのでレンズ度数を 0.25 D 近視側へ，1 段階 (0.05 mm) フラットにすると涙液レンズは -0.25 D の働きをするのでレンズ度数を 0.25 D 遠視側へ変更する。

4. 処方 CL による視力検査およびフィッティング検査

CL 処方には他覚的屈折検査よりも，自覚的屈折検査が重視される。他覚的屈折検査に基づいて，正確な自覚的屈折検査を施行し，その結果をもとに，トライアルレンズを選択・装着させ，追加矯正視力検査の結果を踏まえて，処方 CL のレンズ度数を決定する。40 歳以上，近業作業などでは近方視力の確認も行う。

処方された CL で必ず視力検査およびフィッティング検査を行い，必要があれば適切なレンズに変更する。

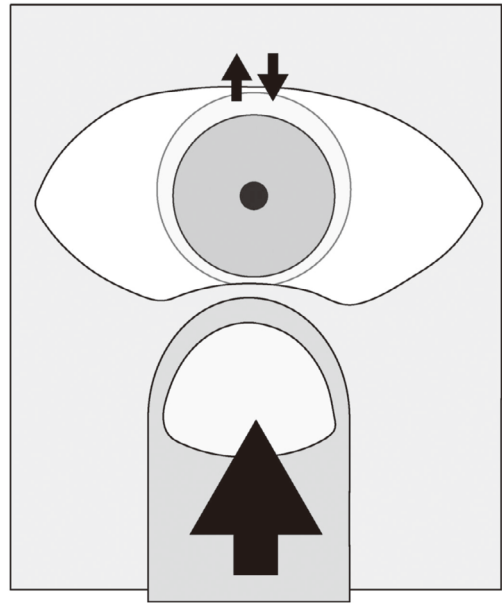


図 11 SCL の push-up test.

下眼瞼越しに SCL を指で押し上げた際，抵抗なく上方にずれ，スムーズに元の位置に戻ればタイトではない。

IV 装用指導

装用練習は使用説明書を使用しながら行う。処方 CL の特徴，装用スケジュール，定期検査，装用際の注意事項などを詳細に説明する。

V 定期検査

1. 定期検査の重要性

軽微なものまで含めると，少なくとも年間 100 万件以上の CL による眼障害が発症していると推定されている。CL による眼障害調査では眼障害者の約 1/2 が定期検査を受けていない。定期検査は CL トラブル予防のために非常に重要である。

2. 定期検査の内容

定期検査は CL 処方から原則として 1~2 週間後，1 か月後，3 か月後，それ以降は 3 か月ごとに実施する。

表 14 に定期検査でルーチンに行うべき項目と必要に応じて実施すべき項目を挙げる。定期検査の項目は，CL 装用者の年齢，CL 装用状況，他の眼科疾患，CL の種類，レンズケア方法などを考慮したうえで，眼科医が選択する。定期検査では CL 矯正視力検査や他の眼科的検査とともに，必ずレンズフィッティング，CL の状態を確認し，CL の装用状況，レンズケアについても問診し，必要があれば，再度の装用指導，レンズケア指導を行う。繰り返し指導しても正しく使用できない場合は，添付文書の処方禁忌例に該当する旨を説明し，新たな CL 処方は行わない。

3. 連続装用者への注意事項

連続装用は，我が国では最長 1 週間の連続装用が認め

表 14 定期検査で必要と考えられる項目

定期検査でルーチンに行うべき項目

1. 問診
 - 1) 終日装用, あるいは連続装用
 - 2) 1 日平均装用時間
 - 3) 1 週間の平均装用日数
 - 4) 自覚症状の有無
 - 5) CL 洗浄方法の確認(できるだけ詳細に問診)
 - 6) SCL 消毒方法の確認(できるだけ詳細に問診)
2. CL 矯正視力検査
3. 外眼部検査
4. 細隙灯顕微鏡検査: 結膜, 角膜, 前房, 水晶体, 涙液, 眼瞼などの観察
5. CL のフィッティング検査
6. CL の状態(汚れ, 傷など)の確認

必要に応じて実施すべき項目

1. 他覚的屈折検査
2. 角膜曲率半径検査
3. 眼圧検査
4. 眼底検査
5. 角膜内皮細胞検査(スペキュラーマイクロスコープ)
6. 角膜形状解析検査(フォトケラトスコープ, ビデオケラトスコープ)
7. 前眼部三次元光干渉断層計検査
8. 涙液検査
9. CL 度数の確認
10. CL の規格検査
11. CL 装用者の再教育: 装用指導, レンズケア指導, 装用練習
12. CL の処方変更, 修正
13. レンズケアの変更: 洗浄方法や消毒方法の変更
14. CL の洗浄

られているレンズがあり, 通常は 7 日目の夜に CL を外し 1 晩裸眼で眼を休ませて, 翌朝に CL を装用する. 初

回の連続装用時には開始の翌日および 7 日目に診察を行い, 連続装用が可能か否かを判断する.

第 6 章 コンタクトレンズ合併症

I 結 膜

1. 巨大乳頭結膜炎

1) 定義・概念

コンタクトレンズ (CL) 装用により発症する眼掻痒感、充血、眼脂などの自覚症状、眼瞼結膜の乳頭形成を特徴とする結膜炎である。乳頭とは、眼瞼結膜に集簇してみられる楕円形の隆起性病変で、小血管を隆起の中心に持つ炎症反応である。直径 0.3 mm 以上が病的とされ、0.3~1 mm を micropapilla, 1 mm 以上のものを巨大乳頭 (giant papilla) と呼んでいる。CL の装用による上眼瞼結膜の乳頭結膜炎を総称して、contact lens-related papillary conjunctivitis (CLPC) というが、乳頭の直径が 1 mm 以上の乳頭結膜炎を巨大乳頭結膜炎 (giant papillary conjunctivitis : GPC) と呼ぶ。GPC は CL の種類にかかわらず発症するが、特に従来型ソフトコンタクトレンズ (SCL) で最も多い。GPC は、CL 装用以外にも、義眼の装用眼や角結膜縫糸糸の接触によっても生じる。

2) 病態・発症機序

GPC の発症には、CL に付着した汚れ (蛋白質) による免疫学的反応と機械的刺激の関与とが考えられている。

3) 臨床像

自覚症状はアレルギー性結膜炎に類似しており、眼掻痒感、眼脂が主体である。CL 装用後に眼掻痒感が出現し、重症になると CL の上方へのずれが起こるなど、CL 装用と症状の発現に関連がみられる。初期には瞼球結膜移行部に微小乳頭、血管拡張を認めるのみであるが、進行すると CL 装用時の眼掻痒感、異物感を自覚する。さらに粘稠性眼脂の増加、結膜の充血、浮腫、混濁を生じ、眼瞼結膜には粘液が一部付着する。乳頭は次第に瞼板部結膜から眼瞼結膜全体 (図 12) へと数と大きさを増し、肉眼でも容易に見分けられる巨大乳頭を形成する。この時点では、CL 装用時の上方ずれが出現し、眼瞼は下垂傾向 (pseudoptosis) を示す。

4) 治療および予防

原則として機械的刺激とアレルギーからの回避を目的として CL 装用を中止する。また、症状に応じて、抗アレルギー点眼薬や副腎皮質ステロイド点眼薬を用いる。副腎皮質ステロイド点眼薬を処方する際には、CL の装用を中止させ、定期的な眼圧のモニターが必須条件となる。治療により症状が改善した後は、CL の選択やレンズケアの方法を確認し、より清潔に CL を使用できるように指導することが大切である。

2. 上輪部角結膜炎様の点状表層角膜炎

SCL 装用者の 11~1 時にかけての角膜輪部から結膜にかけて、軽度の隆起と充血、フルオレセインが点状に

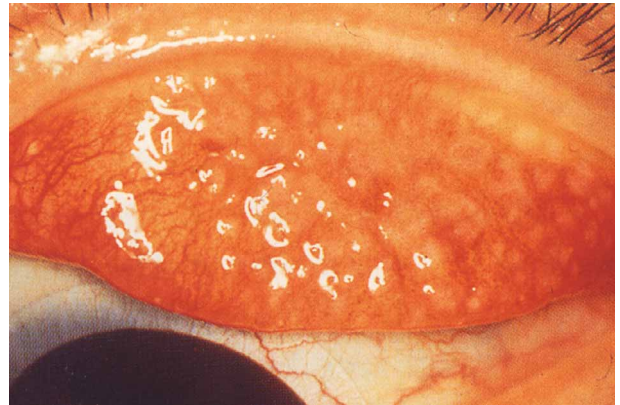


図 12 巨大乳頭結膜炎 (中期)。

上眼瞼結膜 (瞼球結膜移行部から瞼板上結膜にかけて) 巨大乳頭が多数認められる。乳頭は融合し、先端は扁平化している。

染色される上輪部角結膜炎に類似した所見を認めることがある。

3. Bitot 斑様結膜所見・瞼裂斑炎

HCL 装用者の瞼裂部の眼球結膜に、泡状物質に覆われた白色三角形の結膜上皮の角化変性巣を認めることがある。また、3~9 時染色の高度な例では、難治性の瞼裂斑炎を生じることもある。

II 角 膜

1. 角膜上皮障害

CL 装用者における合併症として最も頻度が高い。その程度により点状表層角膜炎、角膜びらん、角膜浸潤、角膜潰瘍に分類される。

1) Central circular clouding

Polymethyl methacrylate contact lens (PMMACL), 従来型 SCL などの酸素透過性不良の CL 装用後には、スベクタクルブルーが生じることがある。典型的なものは central circular clouding と呼ばれ、角膜中央に円形の角膜上皮の浮腫を認める。CL を外した後に増悪し、中央にびらんを形成し、激痛を訴えることもある。抗菌薬の眼軟膏投与と圧迫眼帯により治療する。

2) マイクロシスト

マイクロシストは、角膜上皮内に生じた変性細胞成分から構成される微小嚢胞で、低酸素状態によって生じると考えられている。

3) ドライアイ

CL 装用により局所的ドライアイが生じることがある。ガス透過性 HCL (RGPC) では 3~9 時染色と呼ばれる点状の上皮障害が、角膜および結膜に生じる。治療として人工涙液の点眼、CL のエッジデザインの変更などが行

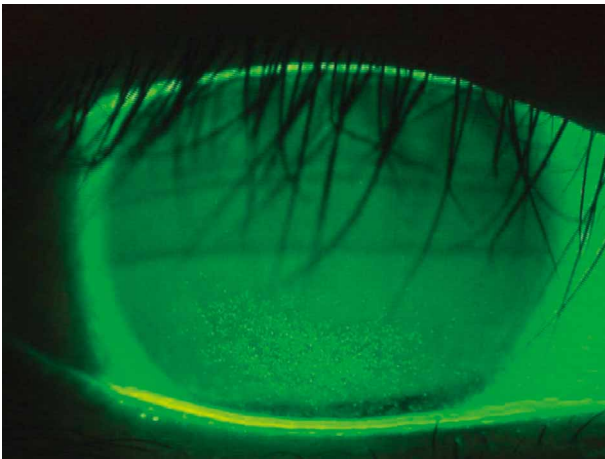


図 13 スマイルマークパターン.

われる。一方、SCL、特に高含水素材のCLでは、スマイルマークパターン(図13)と呼ばれる角膜下方周辺部の点状表層角膜症が特徴的である。治療として、人工涙液の点眼を行う。シリコンハイドロゲルCL(SHCL)など含水率の低いレンズや保湿剤を含むSCLに変更すると改善することがある。

4) Toxic keratopathy

急性の薬剤毒性として、過酸化水素の誤用による広汎な点状表層角膜症などがある。また、CL装用により角膜上皮のバリアが障害された場合、正常者より点眼・ケア用品などの薬剤による慢性の細胞毒性が顕在化しやすくなるが、この場合にはドライアイと異なり結膜上皮障害がないか、あっても軽度である。点状表層角膜症は角膜全体に分布して渦巻き状の流れを有するパターンをとることが多い。進行するとcrack lineと呼ばれる偽樹枝状病変が生じ、最終的には遷延性角膜上皮欠損に移行する。SHCLにおいてはレンズの種類と多目的溶剤(MPS)の特定の組み合わせにより、上皮障害が起りやすくなるという報告がある。レンズ内へのMPS成分の吸着の関与が推定されている。

5) Superior epithelial arcuate lesions(SEALs)

レンズの汚れや傷によるもの、レンズと角膜の間に入った異物などにより生じる。SEALsは上方の角膜輪部に沿うような弓上の角膜上皮障害を示す。輪部から3mm以内の部位にみられ、初期には島状の病巣1つから複数が観察され、進行すると拡大、融合し典型的な病変となる。自覚症状がほとんどないことが多いが、時に異物感や充血を訴える。角膜浸潤、角膜潰瘍に進展することがある。SCLのレンズデザインと素材の硬さが影響する。比較的硬いSHCLの使用者に多くみられ注目されているが、従来のハイドロゲルCL装用者でも観察されていた。CL装用の中止やベースカーブの変更、レンズケアの変更、レンズ素材の変更を検討する。

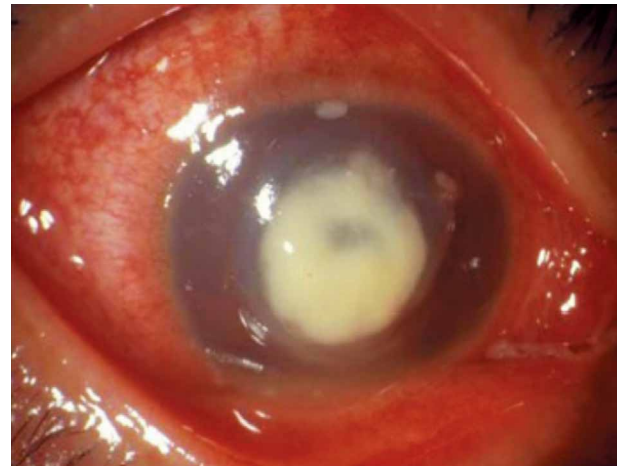


図 14 緑膿菌角膜感染症.

2. 角膜感染症

CLによる合併症にはさまざまなものがあるが、角膜感染症は最も重篤で、一番起こしたくないものである。しかしながら、近年本邦においてCL関連角膜感染症は急速な増加傾向にある。角膜感染症はSCLに多く、SCLの中では頻回交換型SCL(FRSCl)が最も多い。主たる原因はSCLのケア方法のずさんさからくる微生物によるケース内汚染である。汚染されたSCLを長時間装用や装用したまま就寝したりすると酸素欠乏から角膜上皮障害を起こしSCLに付着した微生物が角膜に侵入して感染症が引き起こされる。CL関連重症角膜感染症の原因菌は、2007年と2008年に行われたCL関連角膜感染症全国調査¹⁾で緑膿菌とアカントアメーバが多いことが明らかになった。またこの調査から重症のCL関連角膜感染症ではこすり洗いなどを含むCLのケア方法が不適切であり、装用方法は守られておらず、CLケースの交換、定期検査にも多くの問題があった。また、CL関連角膜感染症の増加の原因には消毒効果の低いMPSの問題もある。特にケース内で増殖したアカントアメーバに対してMPSはほとんど消毒効果がないのが大きな問題となっている。

1) 緑膿菌

緑膿菌による角膜潰瘍の特徴は急激な発症と進行である。角膜所見は初期には限局した角膜浸潤と潰瘍である。時として棘状の角膜浸潤の形態をとることがあるので注意が必要である。進行すると大きな角膜潰瘍、輪状膿瘍を形成する(図14)。輪状膿瘍は厚みのある軟らかい感じの膿瘍が特徴で、膿瘍周囲の角膜はスリガラス状に混濁する。潰瘍表面には膿性眼脂の付着が多い。前房炎症も強く前房蓄膿となることも多い。角膜潰瘍部とCL、CLケース内の細菌学的検査を必ず行い、薬剤感受性のチェックも行う。治療はニューキノロン系抗菌薬とアミノグリコシド系抗菌薬点眼が第一選択であり、1~2時間ごとの頻回点眼を行うことが多い。重症例ではセフェ

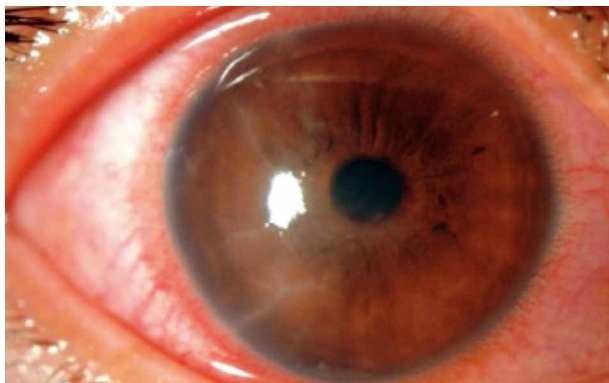


図 15 アカントアメーバ角膜炎.

ム系抗菌薬のセフトジジム(モダシン[®])やイミベネム/シラスタチンナトリウム(チエナム[®])などの点滴を併用する。感受性のある薬剤を投与していても治療開始翌日には角膜所見が悪化することはよく経験されるので、急に治療方針を変更しないように注意が必要である。

2) アカントアメーバ

アカントアメーバは単細胞の原生動物で淡水、土壌などに広く分布する。また水道水からも検出される。アカントアメーバ角膜炎の進行はゆっくりである。初期では斑状の上皮あるいは上皮下混濁と浸潤、偽樹枝状角膜炎(図 15)、放射状角膜神経炎、強い毛様充血などが特徴である。強い眼痛が特徴とされるが、一部には眼痛の少ない症例もみられる。移行期は横長、楕円形の輪状浸潤が特徴で浸潤は不規則な形態をとる。病変部の上皮は不正でしばしば上皮欠損を起こす。完成期はリング状の浸潤の内部も混濁して円板状の混濁となる。前房内炎症、毛様充血、結膜充血、眼痛はともに病期の進行とともに強くなる。角膜所見がヘルペスに類似するため前医で副腎皮質ステロイド点眼薬が使用されていることが多い。副腎皮質ステロイド薬が作用すると角膜炎が軽減されるため注意を要する。アカントアメーバ角膜炎の診断は臨床所見とアメーバの検出から行う。アメーバの検出は病巣部の上皮を搔爬して、パーカーインク KOH, グラム染色, ファンギフローラ Y[®]などを行う。最近では polymerase chain reaction (PCR) を用いた報告もみられる。分離培養も同時に行う。分離培養は寒天培地に大腸菌や納豆菌を塗布して培養を行う。アカントアメーバに対する特効薬はいまだに開発されていない。現在治療法としては、石橋らが提唱している病巣搔爬、抗アメーバ作用のある点眼薬〔抗真菌薬、クロルヘキシジン、ポリヘキサメチレンビグアニド(PHMB)など〕の頻回点眼、抗真菌薬の全身投与の三者併用療法が一般的である。

3) その他の感染症

細菌ではブドウ球菌、セラチア菌なども感染症を起こす。また、真菌ではフザリウム属やアスペルギルス属などの糸状菌が感染を起こすこともある。副腎皮質ステロ

イド点眼薬が長期に使用されている症例では酵母菌であるカンジダ属の感染にも注意を要する。

4) 関連疫学調査

(1) CL 関連角膜炎全国調査¹⁾

対象施設は全国 224 施設で、対象疾患は CL 装用が原因と考えられる角膜炎で入院治療を要した症例である。調査期間は 2007 年と 2008 年の 2 年間で 350 例(男性 195 例, 女性 155 例)のデータが集積された。約 10% が両眼発症、角膜から微生物の分離培養ができたものが 147 例で、緑膿菌が 70 例、アカントアメーバが 56 例でこの 2 つが突出して多かった。CL ケースからもこれらは高率に分離されていて、レンズケースあるいはレンズの汚染が根底にあることが示唆された。発症時使用していたレンズタイプは FRSCl が半数以上(56.0%)であり、次いで定期交換型 SCL(PRSCl)が 16.0% であり、1 日ディスプレイ CL(1 日 DSCL)は 7.4% であった。使用期間の遵守状況をみると、1 日 DSCL は装用期間 1 日を守っていたのは 46.2%, FRSCl では 37.8%, PRSCl では 57.1% が決められた使用期間内のものであった。

(2) 国民生活センターによる MPS などのアカントアメーバに対する効果と SCL の衛生状態調査

MPS(8 種類)、過酸化水素消毒(2 種類)、ポビドンヨード消毒(1 種類)のアカントアメーバ栄養体、アカントアメーバシストに対する効果が検討された。栄養体に対しては MPS の 6 種類で効果がなく、MPS の 2 種類、過酸化水素消毒 2 種類、ポビドンヨード消毒 1 種類で効果が認められた。一方、シストに対してはポビドンヨード消毒 1 種類のみ効果が認められ、他のすべての過酸化水素消毒、MPS で効果が認められなかった。FRSCl を使用している学生 385 名を対象に行った SCL ケースの衛生状態調査では約 60% から細菌が検出され、約 20% から緑膿菌、約 7% から大腸菌が検出された。約 10% に PCR でアカントアメーバの痕跡が認められた。

3. 角膜免疫反応

1) 無菌性浸潤

CL 装用に伴って生じる角膜浸潤のうち病原体の検出されないものを無菌性浸潤と呼ぶ。酸素欠乏、防腐剤、ケア溶液、レンズの汚れ、細菌の毒素によるアレルギー反応などが原因であると考えられている。角膜周辺から角膜中間周辺部にかけて、小円形の浸潤が単発あるいは多発する。無症状のものから、異物感、痛み、充血を認めるものまでであるが、病変の大きさ、症状の強さに比例して、感染あるいは感染由来の可能性が高くなる。治療は、CL 装用の中止と広いスペクトルを有する抗菌薬の点眼である。感染が疑われる場合、副腎皮質ステロイド点眼薬の使用は避けるべきである。

2) 多発性角膜浸潤

MPS、あるいは細菌毒素に対するアレルギー反応と考

えられている。角膜輪部の多発性浸潤とその周囲の結膜充血が特徴で、前房内に炎症はない。浸潤巣はフルオレセイン染色により分かりやすくなる。治療は、CL 装用の中止と副腎皮質ステロイド薬と抗菌薬の点眼である。治癒後は、汚れたレンズケースを交換し、レンズケアに留意する。再発した場合は、ケア方法を変更、またはレンズを1日 DSCL や RGPCL へ変更する。

4. 角膜内皮障害

CL 装用者を調べると、同年代の健常者に比べて角膜内皮細胞に関する coefficient of variation (CV) 値や六角形細胞比率に異常が認められる場合がある。また、短期間の装用では変化のないことが多いが、長期装用者では細胞密度が減少する症例を認めることがある。ただし、同じレンズを同程度の時間使用しても、障害の発現には個人差が大きい。CL 処方時に明らかに角膜内皮細胞密度が低い場合は、CL 装用の中止を指導、あるいは、より酸素透過性の高い素材のレンズへの変更を考慮する。

5. 角膜形状異常

CL を外した直後には、屈折値や角膜曲率半径が大きく変化する。その原因の一つが、contact lens-induced corneal warpage と呼ばれる現象で、スペクタクルブラーの原因の一つでもある。CL による角膜の機械的圧迫が主因であり、RGPCL に生じやすく、特に動きやセンターリングが不良な例に多い。SCL でも、酸素透過性の低い SCL、度数の強い SCL、乱視用 SCL、カラー SCL などでは生ずることがある。極端な例は RGPCL の固着による角膜の圧痕である。レンズが上方安定となった場合、円錐角膜に似たパターンを示すため、その鑑別は重要である。また、今まで装用していた CL による角膜形状異常があると、あらたな処方が難しくなり、処方するレンズ度数にも影響を及ぼす。

6. 角膜周辺部の異常

角膜に慢性的酸素欠乏が生じると、主として周辺部角膜表層に新生血管が侵入することがある。血管侵入(パンス)が高度な場合は、連続装用であれば終日装用に

変更し、涙液交換が良いフィッティング、酸素透過性の高い素材などに変更すべきである。血管侵入が輪部より 2 mm を超えるような場合には眼鏡への変更を考慮する。また、pigment slide と呼ばれる角膜周辺部の palisades of Vogt の内側に認められるスパイク状の上皮混濁が CL 装用に伴って出現することがあり、CL の角膜上皮へのストレスを反映したものと考えられている。

III 眼瞼の異常

1. 眼瞼下垂

CL 装用に伴う眼瞼下垂は後天性眼瞼下垂の中では頻度が高く、特に中年女性の眼瞼下垂の症例には CL 装用者が多くを占める。また、HCL の長期装用者に多いことが報告されているが、SCL 装用者にも起こる。片眼性あるいは左右差をもって発症する例が多く、二重瞼の幅の差で気づくことも多い。加齢や内眼手術後にみられる挙筋腱膜の菲薄化や瞼板からの乖離によって起こる腱膜性眼瞼下垂と同様の機序が働いているとされているが、腱膜の脂肪変性や Müller 筋の変性の関与も指摘されている。レンズの機械的な刺激やレンズ取り外しの際に眼瞼を外側に強く引くことが一つの原因として挙げられているが、その病態は不明な点が多い。CL 処方にあたって、レンズの種類にかかわらず装用がきっかけとなって眼瞼下垂を来すことがあることを周知する必要がある。早期に装用を中止すると下垂が改善する例があるが、長期装用者では不可逆性となる。処方時のみならず定期検査時にも眼瞼への負荷をかけない適切なレンズ着脱法の指導を繰り返すとともに、定期検査において瞼裂幅と瞼の形状の変化、左右差を確認し、適切な助言を行うことで重症化の予防に努める。

2. マイボーム腺障害

CL 装用者において機能するマイボーム腺の減少が観察されている。CL 装用によるマイボーム腺機能低下がドライアイを誘発する可能性が指摘されている。

第 7 章 特殊なコンタクトレンズ処方

I トーリックコンタクトレンズ(TCL)

1. TCL とは

表面がトーリック面に加工された乱視矯正用のレンズである。トーリック面とはラグビーボールの形状のように一経線方向の曲率とそれに直交する経線方向の曲率が異なる面をいう(図 16)。日常の診療で用いているメニスカスタイプの検眼用円柱レンズはトーリック面を有する。

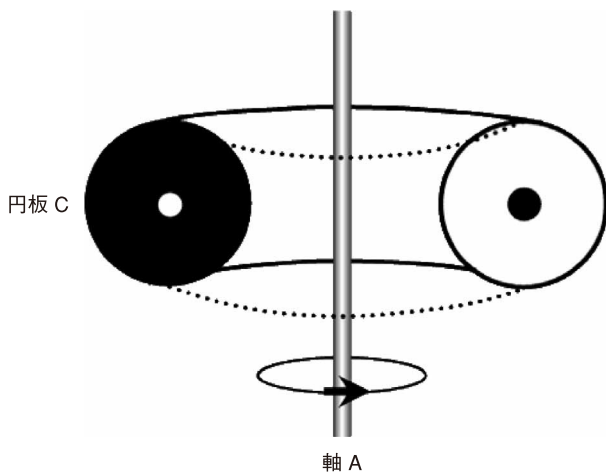


図 16 トーリック面。

円板 C を円板の中心を通らない軸 A の周りに回転させたときに観察される立体図形の表面が、トーリック面である。

2. TCL の種類と特徴

ガス透過性ハードコンタクトレンズ(RGPCL)では従来型レンズのみであるが、ソフトコンタクトレンズ(SCL)には従来型、定期交換型 SCL(PRSCCL)、頻回交換型 SCL(FRSCCL)、ディスプレイザブル SCL(DSCCL)がある。レンズの前面と後面のどちらの面をトーリック面にするかによって、前面トーリックレンズ(Front-TCL)、後面トーリックレンズ(Back-TCL)、両面トーリックレンズ(Bi-TCL)に分類される。また、レンズの回転を抑制するためのメカニズムとして、プリズムバラスト法(図 17A)、ダブルスラブオフ法(図 17B)、後面トーリック法(図 17C)がある。新しい SCL ではプリズムバラストとダブルスラブオフの両方の機構を組込むなど、より軸の安定性を高めるための工夫が施されたものも登場している。

1) Front-TCL

レンズの前面がトーリック面で、後面(ベースカーブ面)は球面である。レンズの回転を抑制するために、RGPCL ではプリズムバラスト法が、また SCL ではプリズムバラスト法またはダブルスラブオフ法が採用されている。従来型トーリック SCL の多くは Front-TCL である。

2) Back-TCL

レンズの前面は球面で、後面(ベースカーブ面)がトーリック面である。レンズの回転を抑制するために、RGPCL では後面トーリック法が、SCL ではプリズムバ

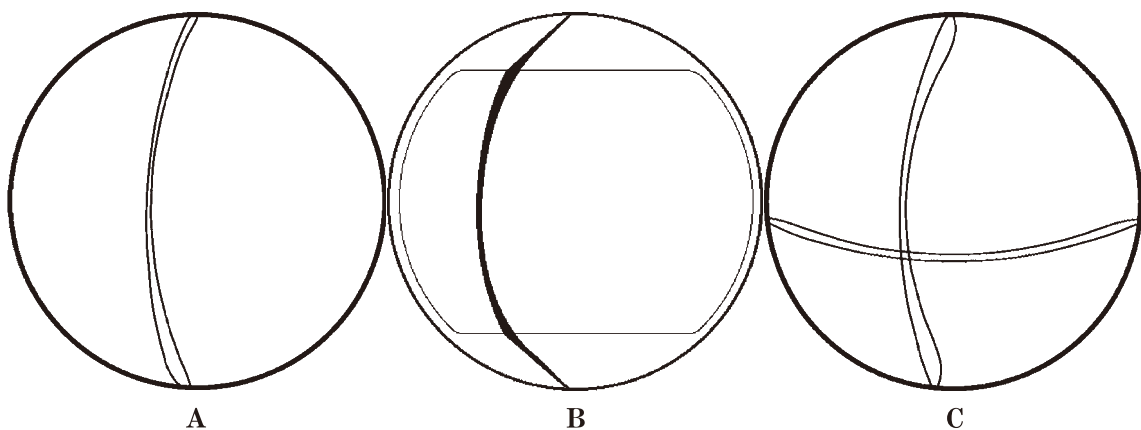


図 17 レンズの回転を抑制するための機構。

A: プリズムバラスト法。レンズの一方の厚みを増した構造をしており、開眼時にはレンズの厚い部分から滑り出すことによって軸の安定が得られるが、十分な開眼を維持したときには、重力の影響を受け、プリズムバラスト位置が下方に安定する。

B: ダブルスラブオフ法。レンズの上下に位置する部分が薄く加工されており、この部分が上下の眼瞼にくわえ込まれて、軸の安定が得られる。軸の安定位置は眼瞼圧の強さと眼瞼の形状に依存する。

C: 後面トーリック法。レンズのベースカーブ面をトーリック面にするにより、ベースカーブが大きい方向と角膜弱主経線方向が一致して、レンズの回転が抑制される。

表 15 遠近両用コンタクトレンズ(CL)の分類

レンズの種類	機能による分類	形状による分類	焦点による分類
ガス透過性ハードコンタクトレンズ(RGPCL)	交代視型(視軸移動型)	セグメント型 同心円型(非球面型)	二重焦点型
	同時視型	同心円型(非球面型)	二重焦点型 累進屈折力型(累進多焦点型)
ソフトコンタクトレンズ(SCL)	同時視型	同心円型(非球面型)	二重焦点型 累進屈折力型(累進多焦点型)

遠近両用 CL の種類には RGPCL と SCL があり、機能、形状、焦点の違いから分類される。

ラスト法またはダブルスラブオフ法が採用されている。PRSCl, FRSCl, DSCl など、新しい装用スタイルのトーリック SCL の多くは Back-TCL である。

3) Bi-TCL

レンズの前面と後面(ベースカーブ面)の両方がトーリック面である。現在のところ、RGPCL のみであり、軸の安定のために後面トーリック法が採用されている。

3. TCL の適応と処方方法

1) 前面トーリックハードレンズ(Front-T RGPCL)

角膜乱視が 2.50 D 未満、球面 RGPCL で良好なフィッティングと装用感は得られるが、残余乱視のために良好な矯正視力が得られない場合に適応となる。球面 RGPCL の装用によって生じた残余乱視を前面のトーリック面で補正する。

2) 後面トーリックハードレンズ(Back-T RGPCL)

2.50 D 以上の角膜乱視があり、全乱視が角膜乱視よりも大きい場合に適応となる。

3) 両面トーリックハードレンズ(Bi-T RGPCL)

角膜乱視が 2.50 D(強弱主径線曲率差が 0.4 mm) を超え、全乱視と角膜乱視の軸が一致している場合に適応となる。

4) トーリックソフトレンズ(T SCL)

3.50 D 以下の全乱視が適応となる。SCL ではハードコンタクトレンズ(HCL)のような涙液レンズ効果がほとんど発現しないので、角膜乱視をあまり考慮する必要はない。しかし、光学領の広い Back-T SCL では、角膜乱視がレンズの軸の安定に関与する場合もあるため、全乱視と角膜乱視の乱視量および乱視軸がほぼ等しいほうが望ましい。T SCL の処方度数については、矯正度数を強弱主経線それぞれの矯正度数に分割して頂間補正を行い、T SCL で必要な球面度数と円柱度数を計算し直す必要がある。

II 遠近両用 CL^{2)~4)}

1. 遠近両用 CL とは

老視年齢において遠方視と近方視をともに可能とするために、遠方視用の度数に近方視用の度数を付加した CL である。

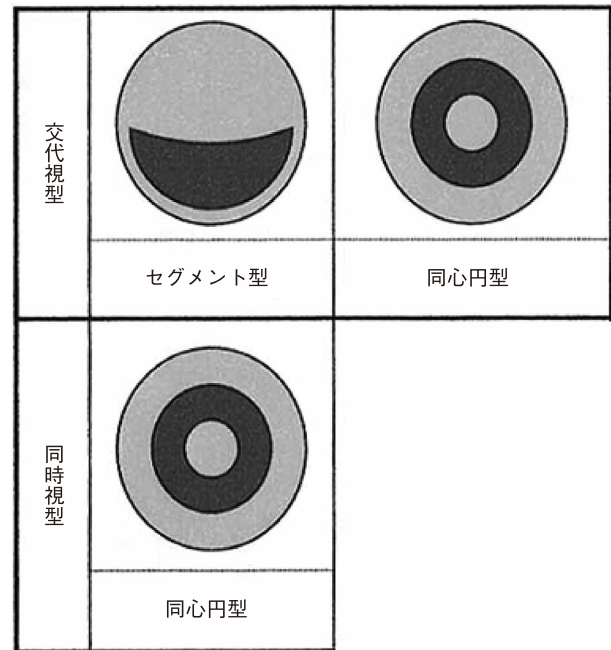


図 18 遠近両用 CL の機能・形状による分類。

2. 遠近両用 CL の種類と特徴

RGPCL と SCL とがあり、機能、形状、焦点の違いから表 15 のように分類される。

1) 機能による分類

遠方視時と近方視時の光学的構造の違いにより、交代視型(視軸移動型)と同時視型の 2 つに分類される。交代視型は、遠用光学部と近用光学部がレンズ上の異なる部分にあり、視線の移動を必要とするため、視軸移動型とも呼ばれる。

同時視型は、遠用光学部と近用光学部の中心がレンズ上の同一の光学中心部にあり、遠方視と近方視が同一の注視線上で行われるデザインになっている。

2) 形状による分類

光学部の形状や配置の違いにより、セグメント型、同心円型(非球面型)に分類される(図 18)。

セグメント型では、遠用光学部はレンズの中心にあり、近用光学部はレンズの下方に独立して存在する。

同心円型では、遠用(あるいは近用)光学部がレンズの

中心にあり、近用(あるいは遠用)光学部がレンズの周辺に同心円状に配置される。

3) 焦点による分類

焦点の設置される構造により、二重焦点型と累進屈折力型(累進多焦点型^{*注})に分けられる。二重焦点型は形状によりセグメント型、同心円型に分類され、累進屈折力型は同心円型である。

3. 適応と処方について

適応は初期老視の 40 代半ば~50 代の近方の視力補正方法(眼鏡, CL あるいは裸眼)に不満があり, CL 装用が可能な者である。視力の要求度や必要度が高い者は適応ではない。処方する遠近両用 CL の種類は, 装用経験者には経験のある CL と同じ種類, CL 未経験者には SCL タイプを第一選択することが処方成功率を高めることにつながる。そして最終的には, 加入度数の視力補正効果が十分に出るように, 角膜上でのレンズの中心保持性の良好な種類を処方する。処方度数は一般の CL と同様に遠用度数を決定し, それに対して適当な近方補正視力が得られる加入度数を求める。遠方, 近方とも両眼での補正視力追加矯正視力検査を重視して, 処方度数を決定することが重要である⁴⁾。

III 虹彩付 CL

1. 虹彩付 CL とは

CL を装用したときに虹彩の位置に相当する部分の CL 材質に染色, 着色あるいは色素の封じ込めを施したレンズをいう。

2. 種類と特徴

1) 瞳孔付レンズ

虹彩に相当する部分は虹彩色で染色され, 瞳孔の部分は透明で屈折矯正効果を有する CL と, 瞳孔部分は黒く塗りつぶされ不透明な整容目的のみの CL がある。

2) 虹彩付カラーレンズ

虹彩に相当する部分に種々の色で虹彩模様を染色, 印刷あるいは色素を封じ込めたレンズである。

3. 適応と処方

1) 瞳孔付レンズ

先天性あるいは外傷などで虹彩を失った眼は羞明感が強く, 明所では良好な視力が得られないことがある。このような無虹彩症は, 瞳孔縁が透明で必要な屈折力を持った瞳孔付 CL が適応である(図 19)。また, 角膜白斑などで角膜全体が強く混濁し, 整容的な悩みを有する場合には, 瞳孔部分を黒く塗りつぶした瞳孔付 CL が適応である。瞳孔部分が透明なレンズでは同じ材質の透明なレンズでトライアルを行い, レンズ度数を決定した後, 健眼の虹彩色に近い色を選び, 瞳孔径, 虹彩径を指定し

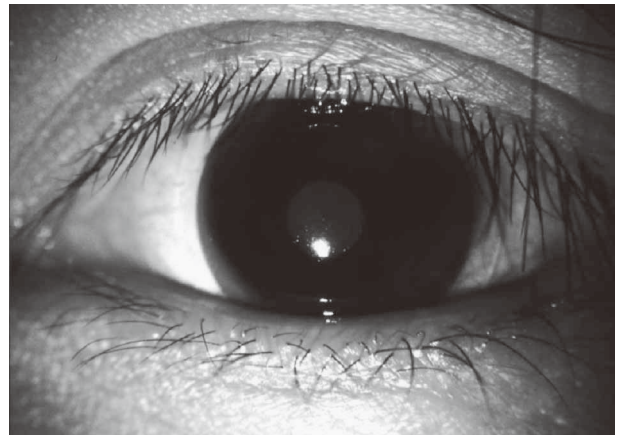


図 19 虹彩付 CL.

て処方する。瞳孔部分を塗りつぶしたレンズでは, 同じ材質の透明なトライアルレンズを装用しフィッティング確認をした後に, 同様に虹彩色, 瞳孔径, 虹彩径を指定して処方する。

2) 虹彩付カラーレンズ

瞳孔部分の色を変えてみせる整容目的のための CL で, 希望者は適応となる。虹彩付カラートライアル CL を装用し, フィッティング確認をした後, 必要に応じて矯正度数を決定し処方する。虹彩付カラーレンズを装用した状態でのオートレフラクトメータによる屈折測定は, 虹彩模様が影響し, 正しく測定されないことがある。染色した模様や CL 表面にプリントした虹彩模様は, 装用の経過とともに脱色が進行することがある, また暗所視では虹彩模様が視野を遮り, 矯正視力が低下することがあるなどを, 処方時に説明する。

4. 注 意 点

他の CL にも共通することであるが, 特に虹彩付 CL を装用した状態では角膜上皮障害の発見が困難であるため, 検診時には必ず CL を外して検査を行う。

IV カラー CL

1. カラー CL とは

虹彩付 CL は, 1980 年以前から外傷などによる虹彩欠損や眼疾患による角膜白斑の患者に, 外観上の補填を目的に使用されてきた。しかし, 1980 年後半から, 欧米でファッションに合わせて虹彩色を変える目的でおしゃれ用カラー SCL が使用されはじめ, カラー CL と呼ぶことが多い。1995 年以降は, 虹彩色を変えるのではなく, 角膜経を大きく見せるサークルカラー CL が使用されはじめた。

2. 種類と特徴

おしゃれ用のカラー CL は, SCL だけである。デザイン上の違いとして, 虹彩色を変える目的のオパークカラー CL (opaque tint contact lens) と角膜経を大きく見せる目的のサークルカラー CL (circle tint contact lens) が

*注: RGPCL で遠用部累進屈折力と近用部累進屈折力を同心円状に組み込み, 交代視と同時視の両方の機能を期待するもので, ハイブリッド型ともいわれる。

ある。その混合のデザインのカラー CL もある。

3. 適応と処方

おしゃれを目的とするため、装用者自身がカラー CL を希望して来院する。透明な CL に比べて、カラー CL は虹彩色が封入または印刷され、レンズの厚みも厚く酸素透過性の低いカラー CL が多いため、酸素不足や機械的擦過による角膜上皮障害や結膜下出血を起こしやすい。酸素透過性の高い、安全なカラー CL を選択しなければならない。

4. 注意 点

中高生のカラー CL 装用者が増加している。眼科を受診せずに量販店やインターネット通販で購入し、使用方法も分からず装用している者が多い。また、眼障害を起こしても眼科を受診しない装用者が多く、眼科医による診察の重要性を啓発しなければならない。平成 21 年 11 月 4 日より、視力補正を目的としないカラー CL (以下、おしゃれ用カラー CL) については、視力補正用 CL と同じように高度管理医療機器として薬事法の規制対象となった。これに伴い、おしゃれ用カラー CL の製造・輸入にあたっては厚生労働大臣の承認が、販売にあたっては都道府県知事の販売業の許可、販売管理者の設置が義務づけられている。これらの経過措置期間も終了し、平成 23 年 2 月 4 日以降は、薬事法第 14 条第 1 項の承認を取得していない非視力補正用 CL の製造販売、販売・授与などのすべてが禁止されている。

V 治療的使用

種々の角膜疾患、あるいは病態に対して CL を治療目的で使用することがある。治療的使用には以下の疾患が適応となるが、同時に人工涙液や抗菌薬をはじめとする点眼併用療法を原則とする。実際によく用いられる DSCL は治療用 SCL としての認可を得ていないので、各々の医師の裁量での使用となる。

1. 円錐角膜

円錐角膜(keratoconus)は、角膜実質の恒常性が保てずに、進行性に角膜中心部が薄くなり突出していく変性疾患である。角膜円錐部が突出し、その表面は凹凸のある曲面となり角膜不正乱視のため眼鏡による矯正視力は不良となる。円錐角膜の視力矯正には HCL が第一選択となる(図 20)。HCL は角膜上でその形に変化を生じないため、光学部が球面である HCL を装用すると涙液レンズが形成されるため、角膜不正乱視が抑制されて良好な視力を得ることができる。しかし、SCL は角膜上で密着し、涙液レンズが形成されないため、十分な矯正視力を得ることはできない。治療の基本は HCL の装用で、進行例においても多段カーブ HCL や非球面 HCL、さらにピギーバックレンズを用いることにより多くの症例は HCL の装用が可能となる。しかし、病期の進行とともに角膜曲率が縮小し、角膜不正乱視が進行し、HCL 装



図 20 中等度以上の円錐角膜に 2 点接触法で球面 HCL を装用したときのフィッティングパターン。

上方 2/3 くらいの部位ではほぼ平行にフィットしている。CL は下方では角膜から浮き上がり、エッジが下眼瞼にのった状態になっている。レンズが下眼瞼により支えられていることにより、開眼時のレンズの安定が良い。

用ができない症例や、角膜混濁が生じ HCL 装用によっても視力が改善できない症例は外科的治療の適応となる。

2. 角膜穿孔

外傷やリウマチなどの非感染性潰瘍による角膜穿孔に対し、治療用 SCL が奏効する場合がある。この場合、SCL はできるだけ動きが少なくなるように処方する。

3. 角膜形状異常

円錐角膜などの角膜形状異常による不正乱視に対して HCL が有効である。

4. 角膜上皮欠損

遷延性角膜上皮欠損に対して有効な場合がある。レーザー角膜屈折矯正術 (photorefractive keratectomy : PRK) や治療的レーザー角膜切除術 (phototherapeutic keratectomy : PTK) の術後もこれに準ずる。

5. 水疱性角膜症

SCL 装用は、水疱形成、水疱破裂後の角膜上皮剝離に伴う疼痛の軽減効果を有するほか、水疱関連の微小な角膜不正乱視を補正する作用もある。

6. ドライアイ

SCL がドライアイの自覚的・他覚的所見を改善させることがある。含水性 SCL からの水分蒸発が、涙液や点眼による水分供給を上回れば、角膜上皮障害は増悪することを念頭において適応を決める。処方後は注意深く経過観察を行う必要がある。

7. 感染性角膜潰瘍

感染による角膜潰瘍には SCL 装用は原則禁忌であるが、瞬目による眼瞼からのストレスを避ける意味で使用

されることがある。清潔な 1 日 DSCL がよい。CL 装用によって感染が増悪する可能性があることはいうまでもなく、注意深い経過観察のもとで治療を行う。

8. 化学腐食

化学腐食で広汎な角膜上皮欠損がみられる場合には適応を十分検討したうえで使用する。

第8章 コンタクトレンズに関する基礎知識

I 微生物学

1. コンタクトレンズ(CL)と微生物との関わり

外眼部(装用中), 手指(ケア中, 装脱操作中), レンズケース(保存中)などが主な汚染源である。

2. 外眼部の常在細菌

コアグラゼ陰性ブドウ球菌, 黄色ブドウ球菌, コリネバクテリウム, アクネ菌, 腸球菌, レンサ球菌などが代表的である。

3. 手指の汚染

コアグラゼ陰性ブドウ球菌, パチラス菌, ミクロコッカス属などが代表的である。

4. ケースの汚染

ケースは保存時における CL の重要な汚染源であり, バイオフィーム形成などには十分に注意する。ケースからは緑膿菌やセラチア菌などのグラム陰性桿菌が多く分離される。

5. 主な起炎菌

1) 緑膿菌(*Pseudomonas aeruginosa*)

比較的小さなグラム陰性桿菌で, 代表的な角膜病原体の一つで, ソフトコンタクトレンズ(SCL)装用者に好発する。

2) 黄色ブドウ球菌(*Staphylococcus aureus*)

代表的なグラム陽性球菌で, 皮膚および粘膜組織に常在し, 外眼部を中心にあらゆる部位で感染を生じる。

3) コアグラゼ陰性ブドウ球菌(coagulase-negative staphylococci : CNS)

黄色ブドウ球菌とは異なりコアグラゼを持たない。最も多いのは, 表皮ブドウ球菌(*Staphylococcus epidermidis*)である。CL 装用者の角膜感染巣からよく分離される。

4) アクネ菌(*Propionibacterium acnes*)

グラム陽性桿菌で, 外眼部から分離される代表的嫌気

性弱毒菌であり, 遅発性の白内障術後眼内炎の起炎菌として注目される。時に CL 装用に伴って角膜浸潤を起こす。

5) セラチア菌(*Serratia marcescens*)

グラム陰性小桿菌で腸内細菌に属し, 土壌, 水中や食物など至るところに存在する。CL 装用者のレンズケースから高頻度で分離され, 角膜感染症の起炎菌としても重要である。

6) 真菌(Fungi)

フザリウム属(*Fusarium* spp.), アスペルギルス属(*Aspergillus* spp.), ペニシリウム属(*Penicillium* spp.)などが代表的な病原体。カンジダ属(*Candida* spp.)による感染が生じることもある。

7) アカントアメーバ(*Acanthamoeba*)

栄養体(trophozoite)と嚢胞(cyst)の2つの生活形態に分類される。角膜外傷や CL 装用により難治性の角膜感染症を起こす。

6. 抗微生物薬の知識

1) 抗菌薬

キノロン系, β -ラクタム系, アミノグリコシド系, テトラサイクリン系, マクロライド系の5大系統に大きく分類される(表16)。

2) 抗真菌薬

アゾール系, ポリエン系, キャンディン系の3系統がある(表17)。

3) 消毒薬

過酸化水素と塩化ポリドロニウム, 塩酸ポリヘキサニドからなる多目的溶剤(MPS), ヨード剤の3系統がある(表18)。

II 涙液

1. 涙液の性状

涙液は, 角膜表面を湿潤に, そして光学的に平滑に保

表 16 抗菌薬 : 各系統の特徴

	ニューキノロン系	β -ラクタム系	アミノグリコシド系	テトラサイクリン系*	マクロライド系
作用機序	ジャイレース, トポイソメラーゼ	PBP	リボソーム (30S 亜粒子)	リボソーム (30S 亜粒子)	リボソーム (30S 亜粒子)
効果	殺菌的	殺菌的	殺菌的	静菌的	静菌的
細胞毒性	弱い	なし	強い	強い	弱い
スペクトル	広い	広い	比較的広い	広い	グラム陽性菌
有効性の期待できないもの	レンサ球菌	メチシリン耐性黄色ブドウ球菌	レンサ球菌, 嫌気性菌	緑膿菌	腸内細菌科およびブドウ糖非発酵性のグラム陰性桿菌
PAE	+	-	+	+	+

* : 眼軟膏のみ, PBP : penicilin-binding protein, PAE : post-antibiotic effect.

表 17 抗真菌薬：各系統の特徴

分類	一般名	機序, 特徴	副作用	抗菌スペクトル			投与ルート		
				カンジダ属	アスペルギルス属	フザリウム属	点眼	結膜下注	全身
アゾール系	・フルコナゾール ・イトラコナゾール* ・ミコナゾール	・真菌細胞膜のエルゴステロール合成をチトクローム P450 を介して選択的に阻害 ・副作用が少なく, 血中移行が良い	・全身投与では肝障害, 腎障害 ・局所投与では特にミコナゾールで眼刺激症状	○	△	○	○	○	○
ポリエン系	・ピマリシン** ・アムホテリシン B	・真菌細胞膜のステロールと直接結合して, 膜構造を破壊 ・ヒト細胞膜にも親和性を持つため, 副作用が強い	・全身投与では消化器症状, 腎障害, 肝障害 ・局所投与では角膜への薬剤毒性が強い	◎	○	◎	○	△	×
キャンディン系	・ミカファンギン	・真菌細胞壁の 1-3-βD グルカンの生合成を阻害	・全身投与では静脈炎, アナフィラキシーショック	◎	○ 発芽菌糸の伸長抑制	×	○	○	○

* : 内服薬のみ, ** : 5% 点眼液, 1% 眼軟膏として上市.

表 18 ソフトコンタクトレンズ(SCL)の「消毒法」の比較

	メカニズム	簡便性	安全性	消毒力	抗菌スペクトル			保存時の殺菌効果
					細菌	真菌	アカントアメーバ	
煮沸消毒	100℃で 20 分煮沸	・簡便に殺菌が可能 ○	・レンズの劣化(特にグループIV) ・変性蛋白質などがレンズ付着しやすい(巨大乳頭結膜炎の発症率が高い)	・ほぼすべての細菌, 真菌を死滅させる ・アカントアメーバにも有効	○	○	○	なし
多目的溶剤(MPS)	有効成分, 塩化ポリドロンウム, 塩酸ポリヘキサニド(PHMB)が細菌の細胞膜に付着し, 界面活性作用により細胞膜を破壊	・ワンステップで非常に簡便 ◎	・薬剤によるアレルギー反応がみられる	・アカントアメーバ, 真菌に対する有効性が低い ・殺菌速度が遅いため, 長時間の保存を要する	○	△	×	あり
過酸化水素消毒	3% 過酸化水素により細胞壁の蛋白質, 脂質を変性させる 2~6 時間	・中和を行わなければならず比較的面倒 △	・薬剤アレルギーはない ・中和を忘れると角膜上皮障害を発生	・グラム陽性菌, 陰性菌に強い殺菌力を持つが, 真菌, ウイルスに効果が弱い	○	△	△	なし
ポピドンヨード消毒	強力なヨウ素の酸化能により細胞内の蛋白質を破壊する 4 時間	・こすり洗いが不要 ・中和を行う必要がある △	・ヨードアレルギーには禁忌 ・一部のグループIIレンズで使用不可	・細菌, 真菌に強い殺菌作用を持つが, 芽胞には無効	○	○	△	なし

つほか, 眼瞼結膜と角膜上皮との潤滑剤として働く。また, 抗菌作用と創傷治癒促進作用を持つ物質を含み, 眼を外界から保護している。分泌量は約 1 μl/分, pH は 7.0~8.5 の弱アルカリ性, 浸透圧は 300 mOsm/l である。厚みは従来 7~8 μm と考えられていたが, 最近では数十 μm といわれている。涙液の基礎分泌は主として主涙腺と Krause 腺や Wolfring 腺などの副涙腺が, 刺激性分泌は主涙腺が担当していると考えられている。

2. 涙液の構造

従来の涙液は, 表層から油層(脂質層), 水層(液層), ムチン層(粘液層)が明確に分けられた 3 層モデルで表さ

れていた。しかし近年, ムチン層に関する研究が進み, 新しい涙液モデルでは油層の下には濃度勾配が存在する ムチン層が, 水層と区別されずに角結膜上皮を被覆していると考えられている(図 21)。

1) 油層

脂質は上下眼瞼にあるマイボーム腺から分泌され, 涙液の蒸発を阻止し, 安定化させる役割を持つ。成分の多くはワックスエステルとステロールエステルであるが, 油層下層にある極性脂質がその下に存在する水層との親和性を高める役割を果たしている。

2) 水層

水層は涙液層の大部分を占めており、主成分の95%は主涙腺から分泌され、それ以外は Krause 腺と Wolfring 腺から分泌されている。水以外の成分は電解質、蛋白質、ブドウ糖、ビタミンなどで、多くの成分は血漿よりもかなり希釈された濃度になっているが、カリウムイオンのみが血漿中の約7倍の濃度を示す。蛋白質としては、リゾチーム、ラクトフェリンなどの抗菌物質、免疫グロブリン A、上皮細胞増殖因子(epidermal growth factor: EGF)、transforming growth factor- β (TGF- β)などの増殖因子が含まれている。

3) ムチン層

涙液を保持してスムーズな面を形成し、病原体やデブ

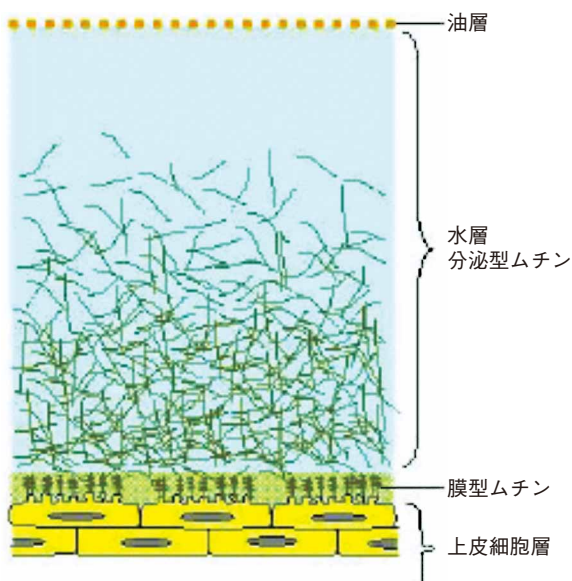


図 21 涙液の図。

リスを捕獲し取り除くなどの役割を担っている。ムチンは胚細胞やムチン分泌腺細胞から分泌される分泌型ムチンと、角膜上皮および結膜上皮の表面に発現する膜型ムチンに大別される。膜型ムチンの一端は細胞膜を貫通しているため、涙液は眼表面にしっかりと保持される。ムチンの発現が減少すると眼表面の水濡れ性は極端に低下し、涙液層破壊時間(tear film breakup time: BUT)の短縮、ローズベンガル染色およびリサミンググリーン染色として観察される。

3. 涙液と CL の関わり

CLを安全に快適に装用するには、安定した涙液層が必要である。しかしながらCLを装用すると涙液の蒸発が亢進するとされている。この原因として、含水性SCLでは涙液油層がCL表面にうまく形成しないこと、またハードコンタクトレンズ(HCL)ではCLエッジでの表面張力により、涙三角と同様な涙液移動が生じ、その周囲の涙が菲薄化するためと考えられている。また、CL装用による角膜知覚鈍麻により瞬目回数の減少が生じ、蒸発が亢進する可能性もある。ドライアイが軽度～中等度で、CL装用の必要がある場合には、含水率が低くCL表面に親水性のあるSCLを選択する、点眼薬、涙道閉鎖などを併用することで、装用可能となる。

III 角 膜

1. 角膜の解剖

角膜は、組織学的には上皮細胞層、Bowman層、実質(固有層)、Descemet膜、内皮細胞の5層に分けられる(図22)。角膜の平均直径は縦径が12.6mm、横径が11.7mmである(成人男性)⁵⁾。角膜中央3mm径以内の平均曲率は 7.7 ± 0.33 mm(成人)でほぼ球面であり、周辺部に向かってフラットになる。また、角膜の中央3mm径

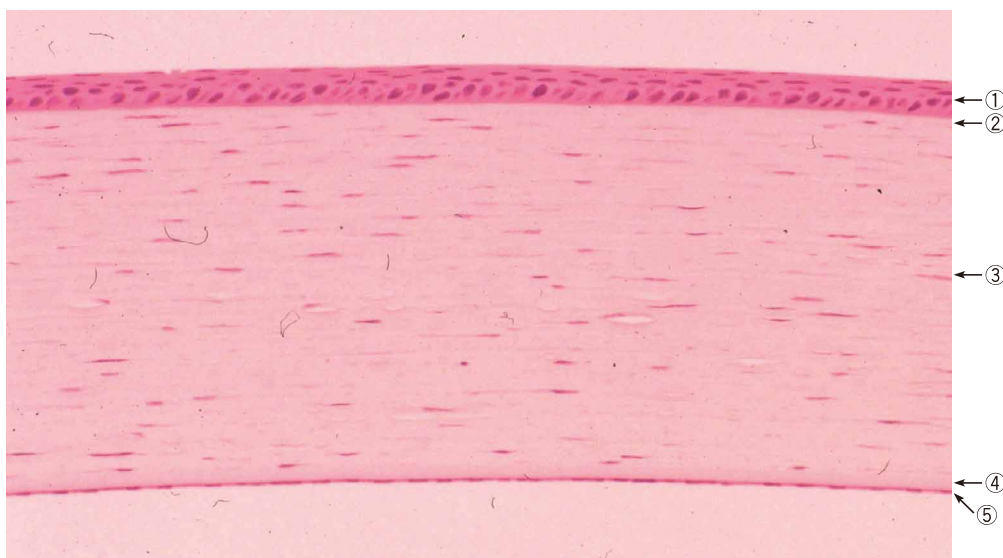


図 22 角膜全層の光学顕微鏡像(ハマトキシリン・エオジン染色)。

① 上皮細胞, ② Bowman 層, ③ 実質, ④ Descemet 膜, ⑤ 内皮細胞。

以内の厚みは平均 0.52 mm であり、周辺へ向かうに従って徐々に厚みを増し、周辺部では約 0.65~0.7 mm の厚みになる⁶⁾。角膜には三叉神経の眼枝が知覚神経として分布し、角膜上皮への刺激により主に接触知覚(痛覚)を生じる。

2. 角膜の代謝

角膜への酸素供給は、大部分は大気から、一部は房水や輪部血管、さらに涙液から得られるとされる。大気中の酸素分圧は 155 mmHg であり、房水中の酸素分圧は約 30~55 mmHg である。角膜上皮層の酸素消費量は角膜実質のその 10 倍以上とされている。開眼中の角膜内皮細胞への酸素供給は大気、涙液からとする説と、眼瞼結膜あるいは房水からとする説とがある^{5)~7)}。角膜はエネルギー源としてブドウ糖を使用している。このブドウ糖の供給は主に房水を介してなされ、残りは輪部から行われており、涙液からの供給は少ない。角膜上皮の基底細胞内にはグリコーゲン顆粒という形でブドウ糖が保存されている。ブドウ糖の代謝経路としては酸素を必要とする好氣的解糖系と、酸素を必要としない嫌氣的解糖系の両者がある。好氣的環境下ではピルビン酸はクエン酸回路を介して酸化され、水、二酸化炭素、ATP 分子が産生される。CL 装用におけるタイトフィッティングなどのような低酸素環境下では嫌氣的解糖系が働く。増加したピルビン酸は、乳酸脱水酵素によって乳酸へ転換され、乳酸は上皮から実質へ分散する。その結果、浸透圧差で上皮あるいは実質浮腫を生じることになる。乳酸の分散については、角膜上皮のバリア機能のために乳酸が涙液中へ拡散することができない可能性が考えられている。

3. 角膜各層の特徴

1) 上皮細胞層

角膜上皮細胞は、非角化、非分泌性の重層扁平上皮で約 50 μm の厚みを有している。基底膜上には 1 層の矩形の基底細胞が存在し、その表層には 1, 2 層のやや扁平な翼細胞、さらにその表層には 3 層程度の扁平細胞が存在し、基底細胞と一部の翼細胞が細胞分裂能を有している。表層細胞は、MUC1 や MUC4, MUC16 と呼ばれるムチンを発現しており、微絨毛(microvilli)とその先端に付着する糖衣(glycocalyx)を介してムチンを眼表面に保持する役割を担っている。また、表層細胞には zonula occludens(ZO)-1 発現に代表される tight junction が存在しており、上皮のバリア機能も担うという重要な働きも持つ⁷⁾。

角膜上皮には、角膜輪部に存在する幹細胞から細胞が産生されて角膜中央部へ向かって水平方向に移動する細胞の動きと、基底細胞から翼細胞、扁平細胞へ分化しさらに細胞がアポトーシスにより脱落するという垂直方向の細胞の動きがあり、この上皮細胞の動的平衡状態は XYZ 理論と呼ばれている⁸⁾。この細胞分裂から脱落まで

の細胞周期は家兎眼で約 7 日とされる。角膜輪部にみられる palisade of Vogt と呼ばれる色素の皺については、この部位に幹細胞が存在しているとされている⁹⁾。

2) Bowman 層

Bowman 層は胎生期に生じた均一なコラーゲン層(primary stroma)で構成され、約 12 μm の厚みを持つとされる。角膜実質浅層の細胞外マトリクスが凝縮された部分であると考えられている。傷害を受けた場合は再生しない。

3) 実質

実質は 450 μm の厚みを有し、角膜の厚みの 90% 以上を占めている。均一な太さ(31 nm)のコラーゲン線維が等間隔に分布し、I 型、III 型、V 型、VI 型コラーゲンから成るコラーゲン線維束が 200~250 層の層(ラメラ)構造を持って交互に交錯するように配列している。コラーゲン線維の間はデコリンやルミカン、ケラトカンなどのグリコサミノグリカン(ムコ多糖類)が基質として存在する。実質細胞は、コラーゲンやプロテオグリカンを産生するとともに、matrix metalloproteinase(MMP)と呼ばれる細胞外マトリクス分解酵素を分泌することで角膜実質のターンオーバーに関与している。ただし、実質における細胞外マトリクスのターンオーバーは非常に緩徐であり、2~3 年を要するとされている。

4) Descemet 膜

Descemet 膜は内皮細胞の基底膜で、IV 型コラーゲン、ラミニン、フィブロネクチンなどから構成されている。Descemet 膜は人体内の基底膜で最も厚く 10~15 μm ほどであり、加齢とともに肥厚する。

5) 角膜内皮細胞

角膜内皮細胞は Descemet 膜上に単層で存在する。細胞の平均面積は 300 μm^2 であり、加齢、障害により拡大する。ヒトの内皮細胞は生体内では分裂能がない。細胞面の形状は六角形が主体であるが、一部は五、七角形などもある(図 23)。内皮細胞は、実質内の水を前房内に移動させる能動輸送機能と、前房水が細胞間隙を通過して実質内に移動するのを選択的にコントロールするバリア機能により、角膜実質内の含水量を一定に保ち、実質の透明性を維持する役割を果たしている。

IV 眼 光 学

1. 屈折と模型眼

結像には眼軸長(角膜面から黄斑面)、調節および屈折が関与している。全眼球の屈折は約 60 D で、そのうち角膜：水晶体の関与度は約 2:1 とされる。Gullstrand の精密模型眼では、全眼系の屈折力 58.64 D のうち角膜は 43.05 D と定義されている。この角膜の屈折力の大部分は角膜前面と空気の境界面で発生しており、角膜形状の変化によりその屈折力は大きく変化するため、角膜曲率半径を計測することは眼科屈折検査の重要な一部を占め

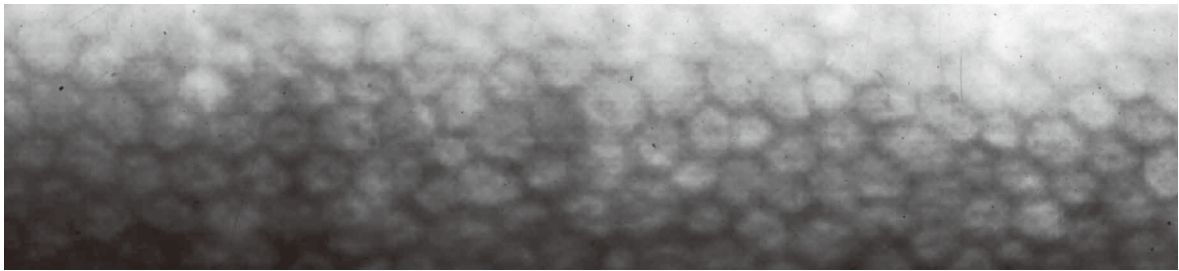


図 23 角膜内皮細胞のスペキュラマイクロスコープ像。

ている。

2. 曲率半径

角膜前面の曲がりの程度は曲率半径(または屈折力)で表される。曲率半径の測定には、機器前面におかれたマイヤーをある一定の距離で角膜前面に投影し、反射したマイヤー像の大きさを測定することにより、主経線上の曲率半径を測定するケラトメータと、複数のリングからなる同心円状のマイヤーを角膜に投影して画像を解析し、角膜前面の屈折力をカラーコードマップで表示するビデオケラトスコープが用いられている。また、前眼部三次元光干渉断層計(optical coherence tomography : OCT)を用いて角膜曲率半径を測定することもできる。ビデオケラトスコープによって角膜の不正乱視が検出された場合はHCLによる矯正を考慮する。HCLによって擬似的・光学的にスムーズな角膜前面を形成することで良好な角膜屈折状態を得ることができる。同様な理論で、角膜屈折矯正手術後の白内障手術における眼内レンズ度数算定の際に、HCL装用で擬似的な角膜屈折力を算定して屈折矯正手術によって平坦化してしまった角膜前面の屈折力を求める方法もあるが、誤差が認められることが多い。なお、角膜後面でも屈折力は規定されるが、前面では空気と角膜との屈折率の違い(空気1.0, 角膜1.376)をもって大きな屈折力が生じるのに対して、後面は角膜との屈折率の違いがほとんどない房水(1.336)と接しているために角膜後面の屈折力は正常状態では無視できるものである。

3. 屈折異常

無限遠からくる平行光線は角膜と水晶体で屈折を受けて眼内で像を結ぶわけであるが、無調節状態での像の位置と網膜面との関係から、以下のように屈折状態は分類される。

1) 正視

像は網膜面で結像する。

2) 近視

像は網膜面より前方で結像する。無調節状態で眼前有限の距離からくる光が網膜に結像する。この有限の距離を遠点と呼び、遠点距離の逆数で屈折度を表す。その単位はジオプトリー(D)である。

(1) 軸性近視

正常より眼軸が長い近視のことであり、一般の近視はこれである。近視の進行に伴い、近視性コーヌス、豹紋状眼底、近視性網脈絡膜萎縮、黄斑部出血などの変化が認められることがある。

(2) 屈折性近視

眼軸長に関係なく、角膜、水晶体などの屈折力が増加したことにより生じる。角膜の屈折力が増加する疾患としては円錐角膜などが挙げられるし、水晶体の屈折力が増加する疾患としては、初期白内障、水晶体の前方移動などが挙げられる。

3) 遠視

像は網膜面より後方で結像する。

(1) 軸性遠視

正常より眼軸が短い遠視のことであり、一般の遠視はこれである。遠視時、近見時ともに明視するには強い調節の緊張を強いられるため眼精疲労を生じやすい。また、調節性内斜視を引き起こすこともある。強度遠視では弱視の原因となる可能性が高く、早期発見、早期治療が必要である。

(2) 屈折性遠視

角膜、水晶体の屈折力などの屈折力が弱いものである。角膜の疾患としては扁平角膜、水晶体の疾患としては無水晶体眼、硝子体内脱臼などが挙げられる。

4) 乱視

眼の光学系の屈折面が正しい球面を形成しておらず、平行光線が一点に結像しない状態を乱視という。

(1) 正乱視

眼球の各経線の屈折力に違いがあり、円柱レンズによって矯正することができる乱視をいう。正乱視には二つの主経線がある。このうち屈折力が最も強いものを最強主経線といい、最も弱いものを最弱主経線という。この二つの主経線は直交し、主経線の屈折度の差が乱視の度である。また、最強主経線の方向を乱視の軸という。

i) 直乱視

最強主経線が垂直の方向にあるもの。

ii) 倒乱視

最強主経線が水平の方向にあるもの。

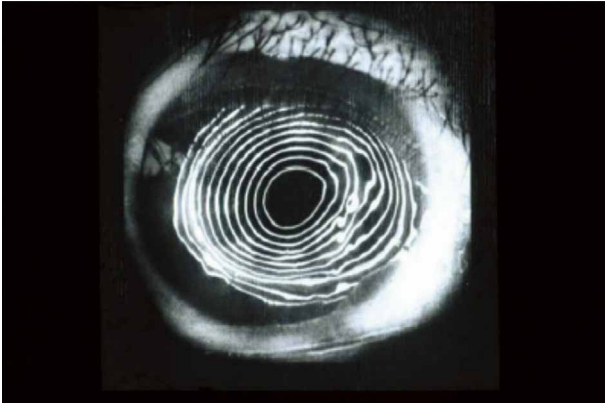


図 24 円錐角膜(不正乱視).

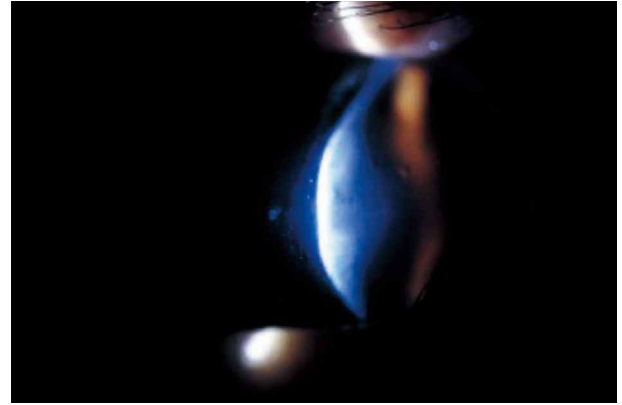


図 26 急性水腫.

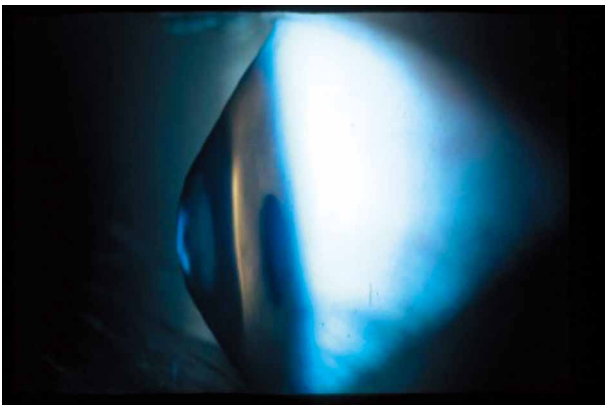


図 25 円錐角膜.

iii) 斜乱視

最強主経線が斜方向にあるもの。

また、主経線の屈折状態によって次のように分類される。

a) 単性乱視

主経線の一つが正視であるもの。

b) 複性乱視

両主経線とも度の異なる近視または遠視であるもの。

c) 混合乱視(雑性乱視)

強主経線が近視、弱主経線が遠視であるもの。

(2) 不正乱視

角膜表面が不整形であるために、どこにも結像しない状態をいい、角膜疾患によるものが多い。球面レンズや円柱レンズにより矯正することは不可能である。フォトケラトスコップなどを用いて、同心円上の光を角膜に当て、その反射光を観察すると不規則に歪んで見える(図 24)。代表的な疾患を以下に示す。

i) 円錐角膜

円錐角膜は角膜中央部が菲薄化し進行性に突出して近視化および不正乱視化が進行する疾患であり、若年者に発症する(図 25)。円錐角膜の進行中に Descemet 膜が断裂し、角膜実質へ房水が流入して角膜浮腫が発生する(急性水腫：図 26)。角膜内皮の移動や Descemet 膜の

再生とともに 1~3 か月ほどで角膜浮腫は消失し、角膜の瘢痕化によって角膜形状は急性浮腫発症前より改善することがあり、その場合は HCL のフィッティングも良くなり視力も改善することがある。

ii) 角膜移植術後

角膜片が縫着されることによって角膜中央部が扁平化するとともに不正乱視が発生する。縫合糸を抜去することによって、ある程度不正乱視は改善するが、完全になくすことは難しい。

iii) 角膜穿孔外傷後

穿孔創を縫合することによって不正乱視が発生する。

iv) 角膜潰瘍後

角膜潰瘍が強く進行すると、治癒を得ても角膜に混濁と瘢痕形成による不正乱視が残存する。

5) 眼鏡とのレンズ度数補正

CL と角膜頂点との頂点間距離をほぼゼロと考えることができるのに対して、眼鏡と角膜頂点との頂点間距離は 12mm であり、CL と眼鏡とではレンズ装用の位置が異なるため、矯正効率が異なる。トライアル CL の上から眼鏡で度数設定をした場合、±4D 以上の追加矯正を行った際には補正が必要であり、これを角膜頂点間距離補正(頂間補正)と呼ぶ。補正式は以下ようになる(CL 度数を X、眼鏡度数を Y とする)。

$$X = \frac{1}{\frac{1}{Y} - \frac{12}{1,000}}$$

トライアル CL 装用時の眼鏡レンズ度数とそのおよその補正值について、表 19 に記す。

6) 網膜像と CL

屈折異常を矯正する場合、網膜に映る像の拡大・縮小が問題となることがある。レンズによる拡大・縮小効果は、矯正しない状態で無限遠の物体を注視したときの網膜像の大きさと、レンズで矯正したときの網膜像の大きさの比で表される。理論的には、屈折性屈折異常の場合は図 27 に示すように、CL のほうが眼鏡よりも像の変化は小さい。逆に、軸性屈折異常の場合は図 28 にみられ

表 19 角膜頂点間距離補正後のレンズ度数

眼鏡レンズ	-	+	眼鏡レンズ	-	+
4.00	3.75	4.25	9.00	8.00	10.00
4.25	4.00	4.50	9.25	8.25	10.50
4.50	4.25	4.75	9.50	8.50	10.75
4.75	4.50	5.00	9.75	8.75	11.00
5.00	4.75	5.25	10.00	9.00	11.25
5.25	5.00	5.50	10.50	9.25	12.00
5.50	5.00	5.75	11.00	9.75	12.75
5.75	5.25	6.25	11.50	10.00	13.25
6.00	5.50	6.50	12.00	10.50	14.00
6.25	5.75	6.75	12.50	10.75	14.75
6.50	6.00	7.00	13.00	11.25	15.50
6.75	6.25	7.25	13.50	11.50	16.00
7.00	6.50	7.75	14.00	12.00	16.75
7.25	6.50	8.00	14.50	12.25	18.25
7.50	6.75	8.25	15.00	12.75	18.75
7.75	7.00	8.50	16.00	13.50	20.25
8.00	7.25	8.75	17.00	14.00	21.50
8.25	7.50	9.25	18.00	14.75	23.00
8.50	7.75	9.50	20.00	16.00	26.50
8.75	8.00	9.75	25.00	19.25	35.75

この値はあくまでも参考であり、使用メーカーによって異なる。

るように、CLのほうが像の変化が大きくなる。

7) 調節と CL

屈折異常を眼鏡やCLで矯正した場合、眼鏡とCLでは頂点間距離が異なるために、矯正に要した度数に応じて必要とされる調節量が矯正手段により異なる。近視の眼鏡矯正においては、頂点間距離が通常 12mm あるために眼前のある焦点への焦点距離がそのぶん小さくなる。したがって、近視の眼鏡矯正下での調節量は実際の調節

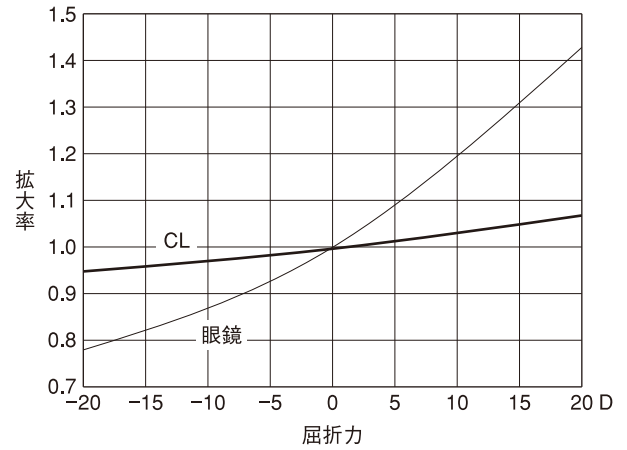


図 27 屈折性屈折異常の像倍率。

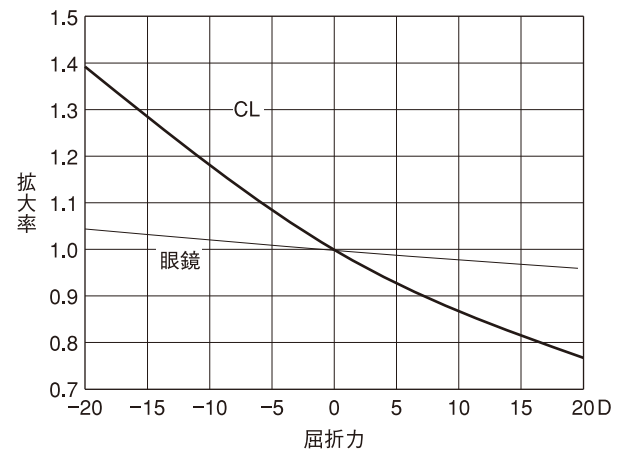


図 28 軸性屈折異常の像倍率。

量より少なくすむ。遠視の眼鏡矯正では、調節量が多く必要になる。一方、頂点間距離がほぼゼロと考えられるCLでは、矯正量に応じた調節への影響はほとんどない。そのため、近視眼において眼鏡からCLに変更した場合には調節の負担が大きく感じることがある。

文 献

- 1) 宇野敏彦, 福田昌彦, 大橋裕一, 下村嘉一, 石橋康久, 稲葉昌丸, 他: 重症コンタクトレンズ関連角膜感染症全国調査. 日眼会誌 115 : 107-115, 2011.
 - 2) 渡邊 潔, 稲葉昌丸, 佐渡一成, 塩谷 浩: バイフォーカルコンタクトレンズの臨床. 日コレ誌 42 : 101-112, 2000.
 - 3) 塩谷 浩, 梶田雅義: 各種バイフォーカルコンタクトレンズの選択. あたらしい眼科 18 : 463-468, 2001.
 - 4) 塩谷 浩, 梶田雅義: 頻回交換遠近両用ソフトコンタクトレンズ処方例の検討. 日コレ誌 44 : 103-107, 2002.
 - 5) 澤 充: 角膜の基礎: コンパクト眼科学 11 角膜・結膜疾患. 金原出版, 東京, 1-27, 1996.
 - 6) **Klyce SD, Beuerman RW** : Structure and function of the cornea. In : Kaufman HE, et al (Eds) : The cornea. Churchill Livingstone, New York, 3-54, 1988.
 - 7) **Edelhauser HF, Ubels JL** : The cornea and the sclera. In : Kaufman PL, et al (Eds) : Adler's physiology of the eye. 10th Ed. Mosby, St. Louis, 47-114, 2003.
 - 8) **Thoft RA, Friend J** : The X, Y, Z hypothesis of corneal epithelial maintenance. Invest Ophthalmol Vis Sci 24 : 1442-1443, 1983.
 - 9) **Goldberg MF, Bron AJ** : Limbal palisades of Vogt. Trans Am Ophthalmol Soc 80 : 155-171, 1982.
-