

円錐角膜に対する 特殊コンタクトレンズについて

医療法人社団爽見会吉野眼科クリニック 吉野 健一

1. はじめに

円錐角膜をその代表とする不正乱視の屈折矯正には、現在もハードコンタクトレンズ(hard contact lens 以下 HCL)が第一選択である。しかし、円錐角膜に特化した多段階カーブ HCL をもってしても、極度に突出した角膜形状に対するレンズフィッティングの限界(レンズの脱落)や、突出部とレンズ後面の接触による角膜障害や疼痛からその装用が不可能な場合がある(CL 不耐症)。これらのケースは従来角膜移植術の適応であった。

本稿では、リスクを伴う手術を回避、または手術に至るまでの時間を延長させ、良好な矯正視力と安全で快適な装用感を実現するための選択肢となる「強膜レンズ」、「ハイブリッドレンズ」、「ユーソフト®」について紹介する。

2. 強膜レンズ

強膜レンズは、不正な形状の角膜を越えて強膜上にフィットするため、安定したレンズフィッティングが得られる。また、high Dk RGP (rigid gas permeable) 素材であるため屈折矯正効果も良好であり、更にそのレンズ下に有する涙液リザーブは角膜とレンズ後面を非接触に保つため、角膜障害や疼痛を回避できる¹⁾。通常の HCL (conventional HCL) と強膜レンズの眼球へのフィッティングのシェーマと外観を図 1 に示す²⁾。

ただし、いかにフィッティングが良好であっても角膜後面の不正乱視が強い場合には、思ったほどの視力改善が得られないケースもある。

2.1. 強膜レンズの特徴

強膜レンズの種類は便宜上その直径により、Corneo-Scleral (12.9~13.5mm), Semi-Scleral (13.6~14.9mm), Mini-Scleral (15.0~18.0mm), Scleral (18.1~24.0mm) と分類される。ちなみに、不正乱視眼に対する矯正効果に加え、強膜レンズのもう一つの適応に、スチーブンス・ジョンソン症候群 (SJS)、中毒性表皮壊死症 (TEN) をはじめとした重症ドライアイに対する治療と角膜保護がある。これらに対して唯一国内の承認を得ているレンズが京都 CS レンズで、その形状から Corneo~Semi-Scleral lens に分類される。強膜レンズの適応疾患を以下に示す¹⁾。

【屈折矯正目的】

- ・末期円錐角膜
- ・球状角膜 (keratoglobus)
- ・ペルーシド角膜変性
- ・テリエン周辺角膜変性 (TMD)
- ・角膜移植後の強度不正乱視

【重症ドライアイとオキュラーサーフェスの保護】

- ・スチーブンス・ジョンソン症候群 (SJS)
- ・中毒性表皮壊死症 (TEN)
- ・眼類天疱瘡 (OCP)
- ・角膜化学熱傷

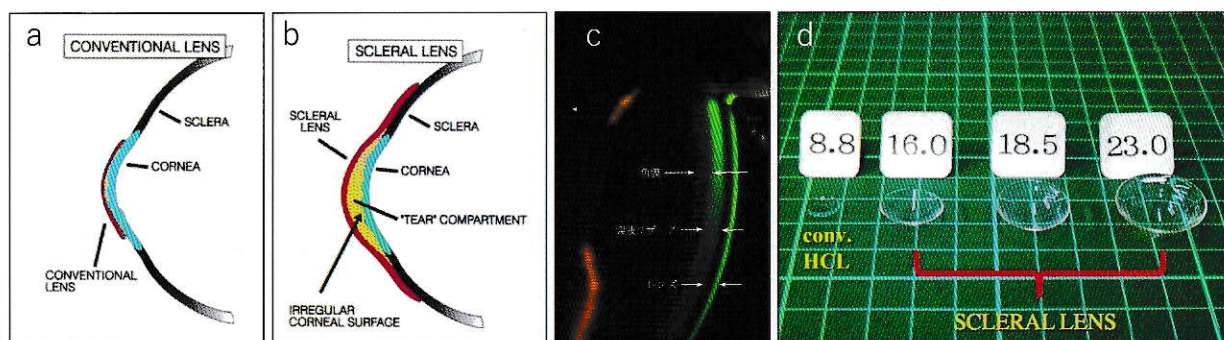


図1 通常 (conventional) のHCLと強膜レンズ (scleral lens)

a: 通常HCLの角膜へのフィッティングシェーマ: レンズ (赤) は角膜上に乗り不正乱視の突出部分はレンズ後面と接し, 異物感や痛み, 角膜障害の原因となる。b: 強膜レンズの強角膜へのフィッティングシェーマ: レンズ (赤) の後面と角膜 (青) 表面の間に涙液が貯留するスペース (涙液リザーブ (黄色)) を擁し, 角膜と接することはない角膜輪部を超える大きなレンズである。c: レンズ装用後のスリット所見。良好なフィッティングが得られると涙液交換が可能である。フルオレセインで染まったレンズ下涙液は涙液交換があることを示す。d: 左端のレンズは直径8.8mmの通常のHCL。直径16mm~23mmの強膜レンズは, 瞼裂幅に応じて直径を選択する (メディカルビュー社 どう診てどう治す? 円錐角膜, III 治療 コンタクトレンズ処方, 強膜レンズ より一部転載²⁾)。

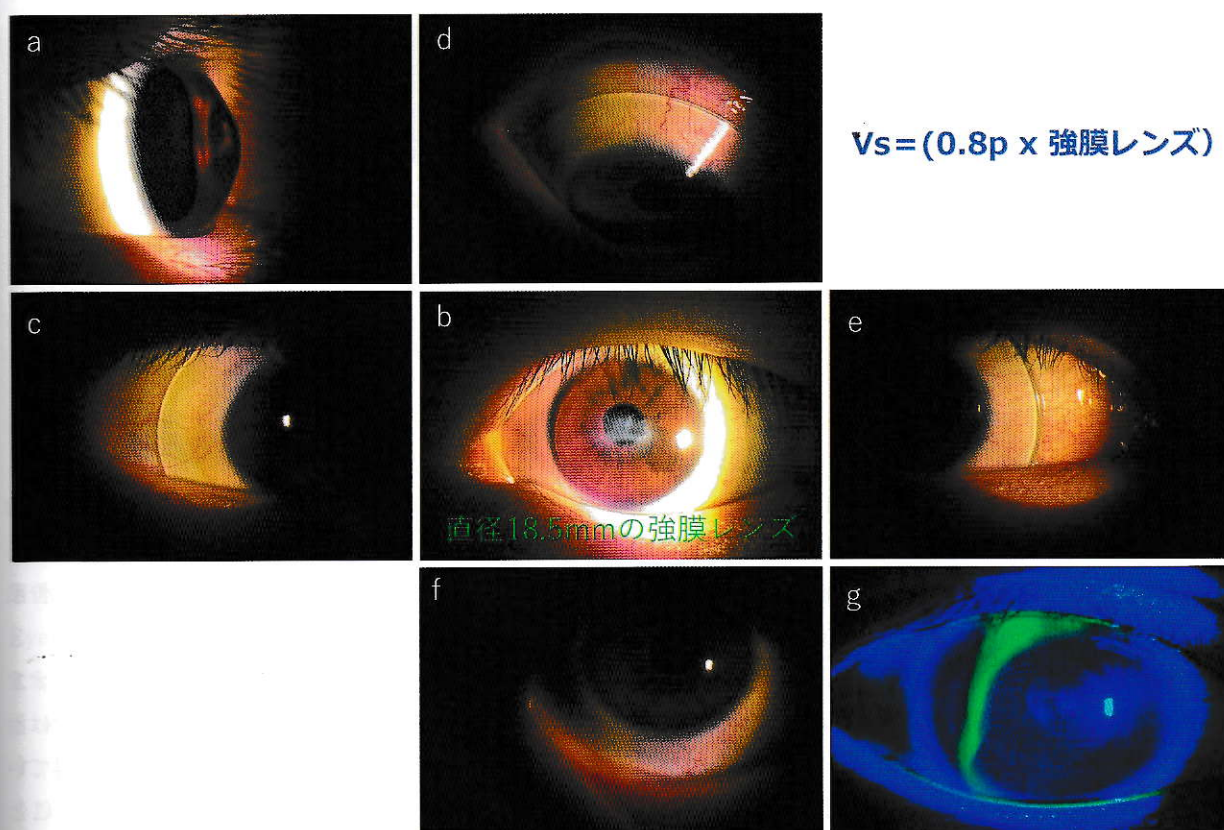


図2 強度円錐角膜 (Amsler-Krumeich 分類: stage 4, 厚労省分類: stage V) に直径18.5mmの強膜レンズを装用

a: 角膜突出が強い円錐角膜眼。b: 正面視: 大きなレンズであるため正面視ではその存在がわかりにくい。c (左方視), d (上方視), e (右方視), f (下方視): 結膜上の血管が途切れることなく, レンズは強膜にアライメントにフィットする。g: フルオレセインで染色した涙液は, 瞬目によりレンズ下に循環し涙液交換があることを示す (メディカルビュー社 どう診てどう治す? 円錐角膜, III 治療 コンタクトレンズ処方, 強膜レンズ より一部転載²⁾)。

- ・シェーグレン症候群 (SS)
- ・移植片対宿主病 (GVHD)

- ・神経麻痺性角膜症 (neurotrophic keratitis)
- ・兔眼症

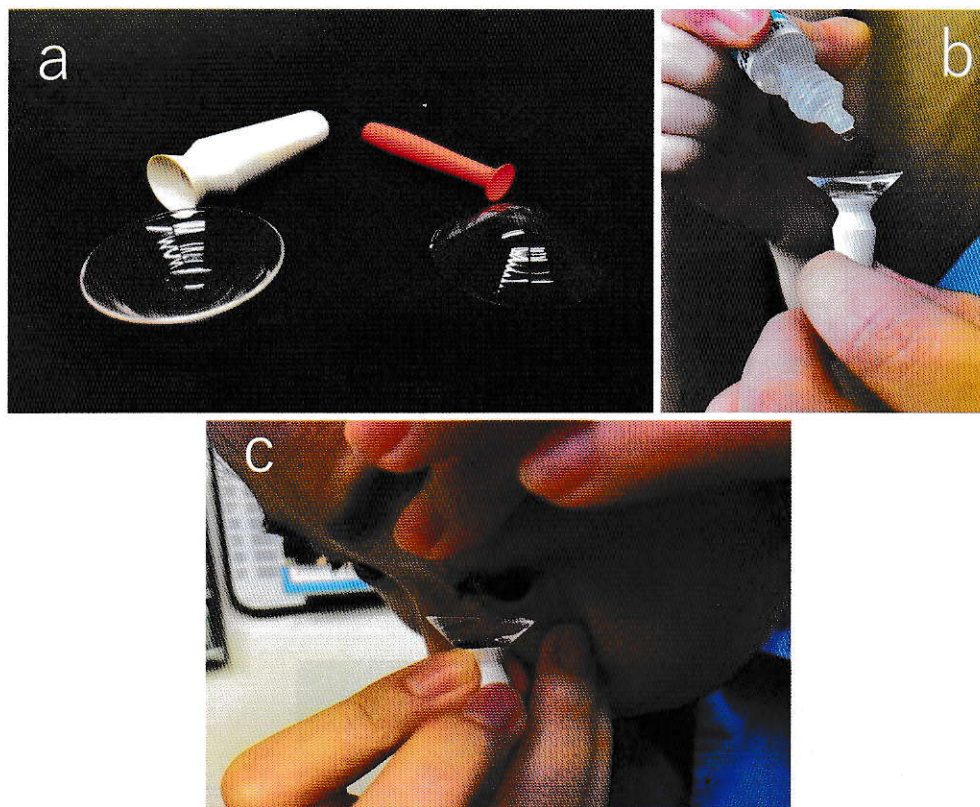


図3 強膜レンズの装用方法

a: 大きなレンズの着脱であるため、吸盤付きのスポイト (plunger) を用いて行う。装着時は大きなスポイト (白色)、装脱時には小さなスポイト (橙色) を用いる。b: 装着時は、レンズを盃のようにスポイトで保持し人工涙液を満たす。c: 慣れるまでは、僚眼で鏡に映した患眼を見ながら大きく開瞼し、レンズ内に満たした人工涙液がこぼれないよう、レンズ内に空気が入らないように下を向いて装着する。装着後はスポイトをつまみレンズから外す (メディカルビュー社 どう診てどう治す? 円錐角膜, III 治療 コンタクトレンズ処方, 強膜レンズ より一部転載²⁾)。

- ・遷延性角膜上皮びらん (PCED)
- ・眼表面再建術後 (post-OS reconstruction)

2.2. 処方の実際

処方のコツは、レンズが強膜に固着することなくレンズ下の涙液交換がうまく行われるようにすることである。直径 18.5mm の強膜レンズを円錐角膜眼へ乗せた実際のスリット像を図 2 に示す²⁾。最大のレンズ直径は 23mm と非常に大きなレンズだが、瞼裂幅にもよるが、大きなレンズほどそのレンズ周辺部が強膜の接線方向に接するのでむしろ固着しにくく、異物感も少なく、涙液交換もベターである。眼球前部をすっぽり覆うレンズなので、酸素透過性が高い素材であることは必須である。vault の高さ、base curve 部の直径、周辺カーブの組み合わせなど複数の変数をトライ・アンド・エラーベースで組み合わせるため、適切なレンズを処方できるようになるまではある程度の熟練を要す

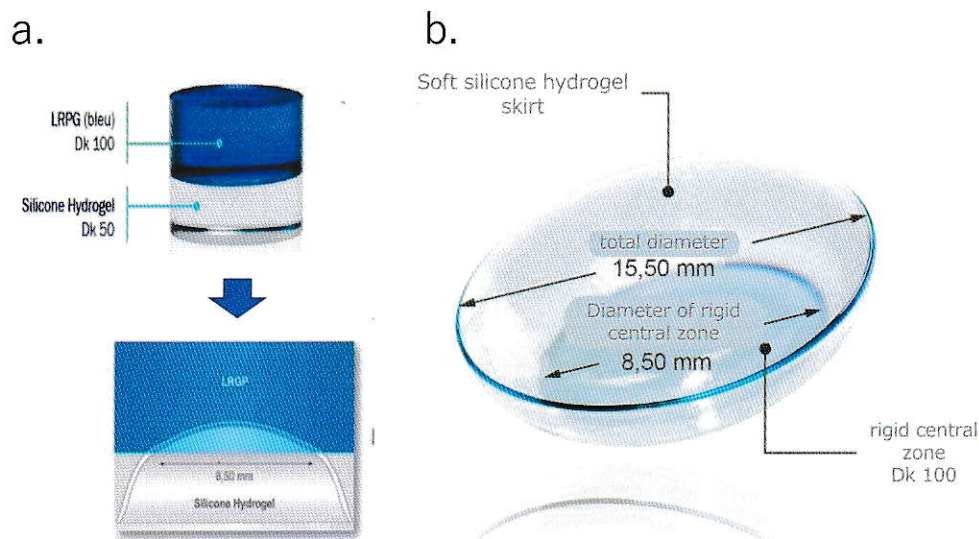
る。

一方患者がこのレンズを使いこなすまでも、年齢や器用さにもよるが、のべ 1 週間ほどの装用練習が必要である。レンズの装脱に際しては、基本的には僚眼で鏡を見ながら行う (図 3)²⁾。

円錐角膜に対する強膜レンズは現在、国内にてオプテクス社の臨床試験が行われているが、現時点では治療用コンタクトレンズとして医療用具の承認を得ていないため、処方医師の責任、裁量のもとで行うこととなる。したがって、もっとも避けなくてはならない感染症のリスクに関しては十分に注意する必要がある。また、倫理委員会の承認や、保険診療の対象にはならないため自費診療システムの導入も必要となる。

3. ハイブリッドレンズ

円錐角膜眼の屈折矯正において、ソフトコンタクト



2020 Laboratoire LCSより転載

図4 EyeBrid™ Silicone のレンズデザイン

Dk 値 100 の RGP 素材と Dk 値 50 のシリコンハイドロゲル素材を重合したボタンからレースカット製法にて作製される。a: レンズ周辺部: シリコンハイドロゲル・ソフトレンズ・スカート, Dk 値 50。b: レンズ中心部: リジッドセントラルゾーン, 直径 8.50mm, Dk 値 100。レンズ総直径 15.5mm (あたらしい眼科, Vol. 38, No. 2, 2021 より転載³⁾)。

レンズ (soft contact lens 以下 SCL) は、装用感はいいが良好な視力は得られない。HCL は、屈折矯正能力は高いが装用感が悪い。ハイブリッドレンズは、SCL と HCL の欠点を補い利点を合わせ持つ、いいとこ取りのレンズである。本レンズは、中心部は RGP 素材、周辺部はシリコンハイドロゲルソフトレンズ素材といった、異なるレンズ素材を重合させることにより構成されている (図 4)。唯一といってもよい弱点は、ハード素材とソフト素材の重合部の弱さである。本レンズも国内未承認であるが、当院で処方している LCS 社製 EyeBrid™ Silicone を例に概説する³⁾。

3.1. 適 応

ハイブリッドレンズが適応となる症例を以下に記す。

- 1) フィットtingが不良、装用感が悪い HCL の装用者
- 2) 円錐角膜をはじめとした不正乱視眼
- 3) すべての屈折異常 (近視, 遠視, 乱視眼)
- 4) ビギンバックレンズ装用者

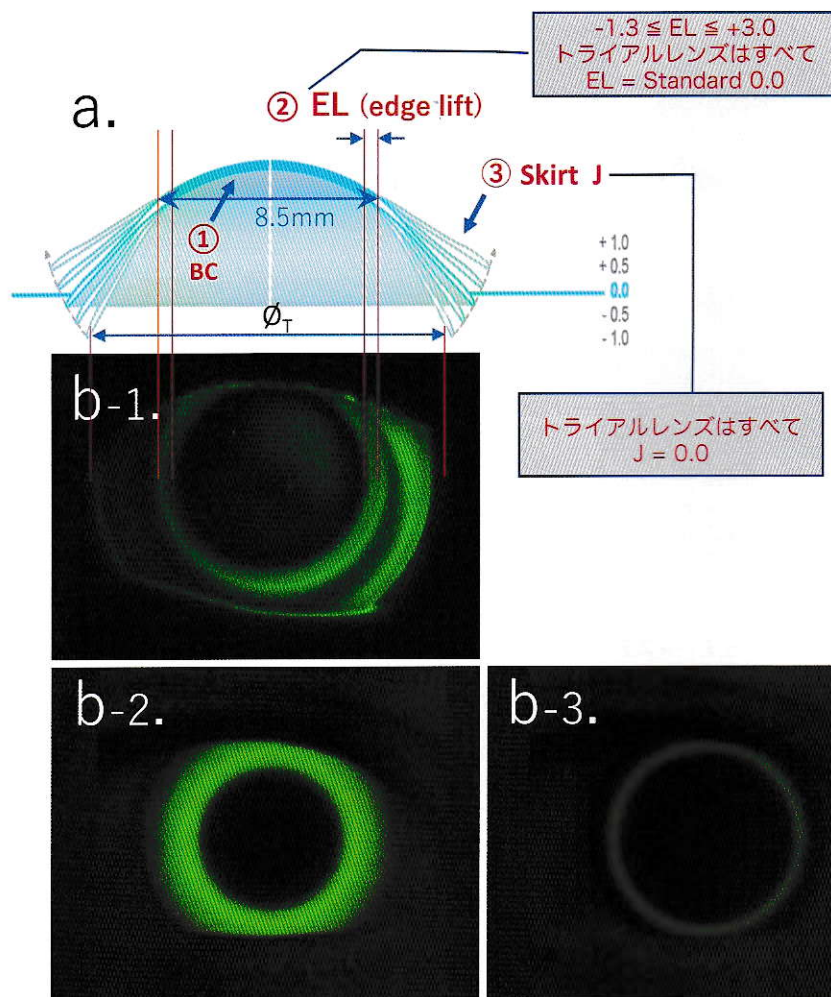
3.2. 処方テクニック

従来の HCL の円錐角膜眼へのフィッティングと異なる点は、強膜部や眼瞼部にはレンズの周辺部を構成

する SCL 部分がフィッティングすることより 2 点接触や 3 点接触処方ではないという点である。処方のポイントは、処方交換を最小限にいかにつ率よく処方し、いかに最高視力を出し、いかに快適で安全な処方をするかの 3 点にある。図 5a に本レンズのパラメータを示す。レンズの装脱に際しては、前述強膜レンズの装脱と同様、吸盤付きのスポイト (plunger) を用いて行う (図 3)。

1) ハード部分の BC (base curve) の選択: apical touch による角膜上皮障害が生じないように涙液リザーブを調整する (図 5a, b-1)。ステイプ・フィッティングでは上皮障害を起こしにくい、エッジ部分の接触や固着は異物感の原因や涙液交換不良の原因となる。また、レンズ下の涙液レンズによる遠視化で矯正視力も不良となりやすい。一方、フラット・フィッティングでは視力は出やすいが異物感や角膜上皮障害のリスクが高まる。第一選択トライアルレンズの BC は、Ave. K +0.2mm とされている。apical touch によるフルオレセイン・ステイニングが生じた場合は、BC をステイプにする。BC 部のフィッティングは、ステイプ過ぎてもフラット過ぎても装用感は不良となる。

2) EL (edge lift) の選択: ハード部分の EL は、レ



2020 Laboratoire LCSより一部転載

図5 EyeBrid™ Siliconeのレンズパラメータと理想的なフィッティング

a: ①ハード部分のBC (base curve): 涙液リザーブを調整する。第一選択トライアルレンズのBCは、Ave. K +0.2mmである。②ハード部分のEL (edge lift): 角膜に固着 (impinging) しないよう、安定したフィッティングと快適な装用感が得られるよう-1.3から+3.0の範囲で選択する。トライアルレンズはすべてEL=Standard 0.0である。③ Skirt J: 良好なレンズ・センタリングとレンズの固着を防止するために、その傾斜は-1.0 (スチープ) から+1.0 (フラット) まで5段階ある。b-1: 理想的なフィッティングの高分子フルオレセイン染色パターン。b-2: フラットなEL ゆえELをマイナス (-0.5) へ (スチープへ)。b-3: スチープなEL ゆえELをプラス (+0.5) へ (フラットへ) (あたらしい眼科. Vol. 38, No. 2, 2021より転載³⁾)。

レンズが角膜に固着しないよう、安定したフィッティングと快適な装用感が得られるよう-1.3から+3.0の範囲で選択する (図5b-1~3)。トライアルレンズはすべてEL=Standard 0.0である。

上記1), 2)のフィッティング調整は、涙液をフルオレセインで染色しスリットランプ下で観察することが必須である。しかし、レンズの周辺部はシリコーン素材であるため通常のフルオレセインでは色素が周辺部ソフトレンズに浸透してしまい、うまくフィッティン

グが見られない。そこで、ソフトレンズ素材に浸透しない高分子フルオレセイン (FluoSoft[®]) 液をレンズ下に満たして装用し観察する必要がある (図6)。

3) Skirt Jの選択: Skirt Jは、ハード部分に続く周辺のソフト部分が角膜輪部から強膜部分にかけてアライメントにフィットし、良好なレンズ・センタリングとレンズの固着を防止するためにその傾斜を-1.0 (スチープ) から+1.0 (フラット) まで5段階で調節するものである (図5a)。レンズの光学部 (ハード部分)



図6 高分子フルオレsein (FluoSoft®)
ソフトレンズ素材に浸透しない高分子フルオレseinを生食水に溶解し、レンズ下に満たして装用しフィッティングを観察する(あたらしい眼科, Vol. 38, No. 2, 2021より転載³⁾)。

表1 ユーソフト®の仕様と規格範囲(オフテクス社よりご提供)

ユーソフト®仕様

ソフトコンタクトレンズの分類	グループII	単位
含水率	80	%
酸素透過係数(Dk)	44	$\times 10^{-11}(\text{cm}^2/\text{sec}) \cdot (\text{mLO}_2/(\text{mL} \times \text{mmHg}))$
酸素透過率(Dk/L)	11	$\times 10^{-9}(\text{cm}^2/\text{sec}) \cdot (\text{mLO}_2/(\text{mL} \times \text{mmHg}))$
光線透過率	90	%以上
UV カット	なし	
レンズカラー	クリア	

ユーソフト®規格範囲

ベースカーブ(mm)	7.80 ~ 8.80(0.20 Step)
直径(mm)	14.5
球面度数(D)	+30.00 ~ -30.00 (0.25 Step)
円柱度数(D)	<u>-0.25</u> ~ -6.00 (0.25 Step)
円柱軸(°)	5 ~ 180(5 Step)
中心厚(mm)	0.4

が常に瞳孔領を覆い、レンズが瞬目により0.25~0.50 mm 動くことが調節の目安となる。また前眼部 optical coherence tomography (OCT) CASIA (TOMEY 社製)のある施設では、そのフィッティングをビジュアルで観察することも可能である。トライアルレンズはすべてJ=0.0である。

4. ユーソフト®

いわゆる HCL 不耐症の患者を対象に、TOMEY コンタクトレンズ社製の特殊形状角膜用 SCL (ユーソフト®)がある。本レンズは、「使用目的又は効果」を「乱視を含めた視力補正」として承認を得ているが、円錐

角膜、ペルーシド角膜片縁変性、角膜移植術後といった不正乱視の屈折矯正に応用して使用することも可能である⁴⁾。本レンズの仕様、規格について表1、外観・デザインについて図7に示す。

4.1. 適 応

1) ユーソフト®が奏功する例

- ・乱視症例
- ・HCL 不耐症例(角膜不正乱視にも対応可能、ただし円錐角膜用としては未承認)

2) ユーソフト®が奏功しない例

- ・HCL にて視力満足度が得られている例
- ・ユーソフト®での装用感の満足度が低い例

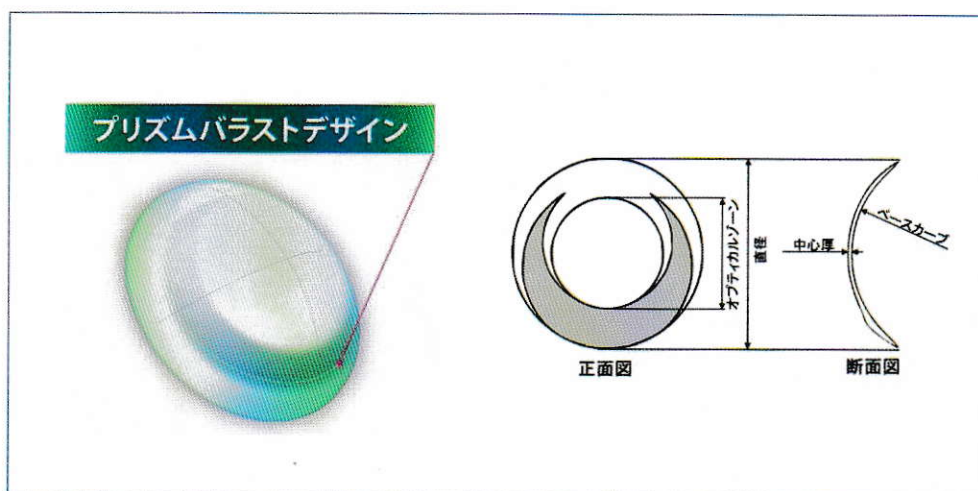


図7 ユーソフト®の外観とレンズデザイン (オフテクス社より提供)

1) トライアルレンズ・S-5.00 にて処方時

- 通常のトーリックソフトコンタクトレンズ同様に追加矯正を行う
- -4.00D以上の追加補正を要する場合頂間補正を行う (各軸角度ごとで度数換算を行う)
- TRレンズのマーキングで確認された軸回転度を踏まえ正加反減則をもとに乱視軸角度を決定する例)



10°CCW(反時計回り)

- 追加矯正値: S-5.00 C-3.00 Ax 180°
- 追加矯正値(頂間補正) S-4.75 C-2.50 Ax 180°
- 軸回転考慮: S-4.75 C-2.50 Ax 170°
- 注文規格: S-9.75 C-2.50 Ax 170°

※処方交換時もトライアルレンズに戻って改めて規格決定することもある。

2) 処方レンズ上からの矯正

- 前述と同様で追加矯正を行う。装用レンズ軸角度の考慮。
- 合成乱視計算は複雑な為、計算用Excelテンプレートを活用する。

例) 処方レンズ: S-9.75C-2.50Ax170° 軸角度を考慮すると... ⇒S-9.75 C-2.50 Ax 10°...①実際の屈折矯正値



20°CCW(反時計回り)

- 追加矯正値: S-3.00C-1.00Ax165°
- 追加矯正値(頂間補正): S-3.00C-0.75Ax165°...②
- ①と②の合成乱視: S-12.86C-3.04Ax4.5°
- 端数を最寄数値化 S-12.75C-3.00Ax 5°
- 軸回転考慮し注文規格決定: S-12.75C-3.00Ax165°

図8 追加矯正方法 (オフテクス社より提供)

- 角膜内皮側の形状異常例

4.2. 処方テクニック(トライアルレンズの選択からその後の検査の流れ)

- 角膜不正乱視眼以外は、「角膜曲率中間値+0.80 mm」に近い BC を選択する。※円錐角膜眼の場合、重度症例には BC 8.00、それ以外は 8.20 にて開始する。

- 装用後 15 分以上装用し、なじませる。

- レンズの動き、軸角度の回転、センタリングを確認する(動きがない、または 2.0mm 以上の動きの場合、

マーキングが 30° 以上回転する場合は BC の変更を行う)。

- 装用感を確認する (不快の内容を確認。動きが気になる場合や鼻側・耳側など特定の箇所で気になる場合には、フィッティングで問題のない範囲で BC 変更を行うことで改善する場合がある)。

- 追加矯正を図8にもとづき行う (視力が出づらい場合、フィッティングに問題のない範囲で BC 変更を行うことで改善する場合がある)。

装用方法

※装用時に使用する鏡は、机の上に水平に置き、顔を下向きに使うことでレンズの落下を予防できる

①指にのせる

レンズの表裏を確認後、利き手の人差し指の先にレンズをのせる。（手と指の水分をふき取っておくとレンズがつけやすい）。

②両手で眼を開く

利き手の中指で下まぶたを下げ、もう一方の手の人差し指で上まぶたを上げる（まつ毛の生え際に指をあてると眼を大きく開けることができる）。

③レンズを角膜にのせる

両眼でまっすぐ鏡を見たまま大きく眼を開け、レンズを角膜の上に静かにのせる。（像眼も大きく開けたままの方がつけやすい。レンズがまつ毛に当たらないようにする）。

④指をはなす

レンズが角膜になじんだら、押さえている指をゆっくり離し軽く眼をじてレンズを安定させます（レンズをつけた後、角膜とレンズの間に空気が入ることがあるが、ゆっくりまばたきをするとう空気は抜ける）。

⑤もう一方の眼も同様にレンズをつける。

⑥手で左右の目を交互に隠し左右の見え方を確認する。



装脱方法

※よく行われるレンズを指で挟み取る方法も可能だが、レンズが滑り取りにくい。その際は指の『腹』で挟み取るようにする。指先でつまむようにすると滑りやすくなる。

①レンズを確認する

レンズが角膜にのっていることを確認する。

②手をまつ毛の生え際におく

鏡を見ながら、両手の人差し指を上下のまぶたのまつ毛の生え際におく。

③レンズを固定する

下側の人差し指で下まぶたを軽く押さえ、レンズが下がらないように固定する。

④レンズをはさず（はじき出す）。

上まぶたの先端をレンズのふちにひっかけ上まぶたでレンズをはじき出すようにしてはさず。（レンズをはじき出すときは、瞼結膜が見えないようにする）。

⑤レンズを確認する

はずれて落ちるレンズを下側の手のひらで受け止める（はずれたレンズが下に落ちる場合があるので、下にタオルなどを敷いて受け止める）。



図9 レンズの装用・装脱方法（オフテクス社より提供）

4.3. レンズの装用・装脱

レンズの装用、装脱の方法について図9に示す。

■文献

- 1) Cotter JM & Rosenthal P: Scleral contact lenses. J Am Optom Assoc, 69: 33-40, 1998.
- 2) 吉野健一：強膜レンズ. 島崎 潤, 前田直之, 加藤直子(編), どう診てどう治す? 円錐角膜. III 治療 コンタクトレン

ズ処方, 98-101, メディカルビュー社, 東京, 2017.

- 3) 吉野健一：屈折矯正手術セミナー スキルアップ講座. ハイブリッドレンズ. あたらしい眼科, 38: 171-172, 2021.
- 4) Hiraoka T, Kiuchi G, Hiraoka R, et al.: Clinical performance of a custom-designed soft contact lens in patients with keratoconus and intolerance to rigid contact lenses. Jpn J Ophthalmol, 66: 350-357, 2022.

（著者連絡先）吉野健一 〒110-0005 東京都台東区上野 1-20-10 風月堂本社ビル 6 階 医療法人社団爽見会吉野眼科クリニック