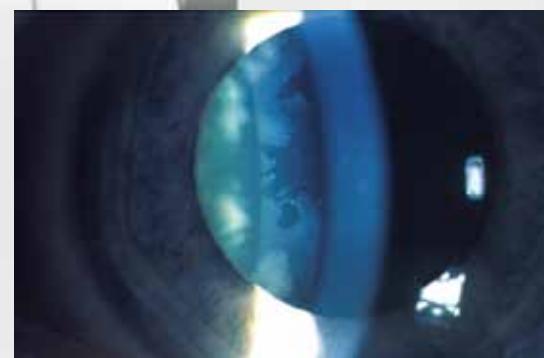


Eye Examination with the Slit Lamp.



In memory

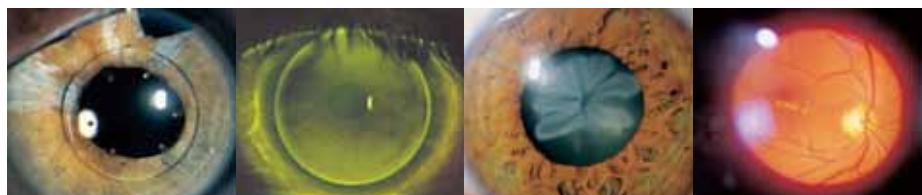
*of Prof. Alvar Gullstrand
Nobel Prize Winner in Physiology and Medicine*

05.06.1862 – 28.07.1930



Alvar Gullstrand

Eye Examination with the Slit Lamp.



目次

| | |
|---|----|
| 1. はじめに | 4 |
| 2. 設計原理 | 5 |
| 2.1. スリット照明システム | 5 |
| 2.2. スリットランプ顕微鏡 | 7 |
| 2.3. 機械的システム | 10 |
| 2.4. 電気的システム | 11 |
| 2.5. カールツァイススリットランプのラインナップ | 11 |
| 3. 検査の方法 - 照明法 | 14 |
| 3.1. 光学断面による観察 | 14 |
| 3.2. 直接拡散照明法 | 16 |
| 3.3. 間接照明法 | 17 |
| 3.4. レトロ照明法 | 17 |
| 3.5. 強膜角膜拡散照明法 | 19 |
| 3.6. スリットランプによる眼底観察とゴニオスコピー | 19 |
| 3.7. コンタクトレンズフィッティングにおける蛍光観察とスリットランプ顕微鏡 | 24 |
| 3.8. 涙膜の評価 | 26 |
| 3.9. その他の検査法 | 27 |
| 4. アクセサリー | 28 |
| 4.1. 眼圧測定 | 28 |
| 4.2. 長さと角度の測定 | 30 |
| 4.3. その他 | 30 |

1. はじめに



図1
スリットランプSL120

今日、スリットランプは眼科で最も頻繁に使用される検査機器です。最も重要な役割は水晶体、前部硝子体などを含んだ前眼部の検査です。コンタクトレンズや補助レンズを使用することで、隅角、後眼部の観察のような直接見ることができない部位の観察を可能にします。

さまざまな付属品の開発によって観察するだけの目的から眼圧測定をはじめとする測定分野まで幅が広がってきています。

電子メディアでの所見の保存は疾患の進行を追跡するのに容易な媒体としてその重要性を増してきています。同時に患者と医師とのコミュニケーションを容易にしました。

コンタクトレンズフィッティングにおいて、スリットランプを使用することが近年重要になってきていることは特筆すべきことです。最新の機器は伝統的な使用法を超えたアプリケーションを持つつあるのです。

2. 設計原理

2-1 スリット照明システム

照明システムは長さ、幅、位置を変化させることにより、機器からある一定距離の先に可能な限り明るいスリットイメージを作り出すことを意図しています。今日、「ケーラー照明」(図2)と呼ばれる光学イメージにより実現しています。光源 **L** は集光システム **K** によって対物レンズ **O** に投影されます。対物は集光システムのとなりにあるスリット機構の像を **S** に作ります。 **O** での光源像がこのシステムの射出瞳となります。ケーラー照明は構造化された光源と同等の非常に均一なスリット像を供給します。これは光源をスリット状にして、光源像と共に眼球の後方まで照射する点において有用な照明システムです。

この方法は1911年に初代 Gullstrand スリットランプで使われており、それゆえ歴史的にも重要な意味合いをもちます。

スリットイメージの明るさは光源の輝度、光学系の透過率、射出瞳の大きさ、それから射出瞳とスリットとの距離によって決められます。

標準的なスリットランプは3つの要素から成り立ちます

1. スリット照明システム

器械の名前の由来となったもの

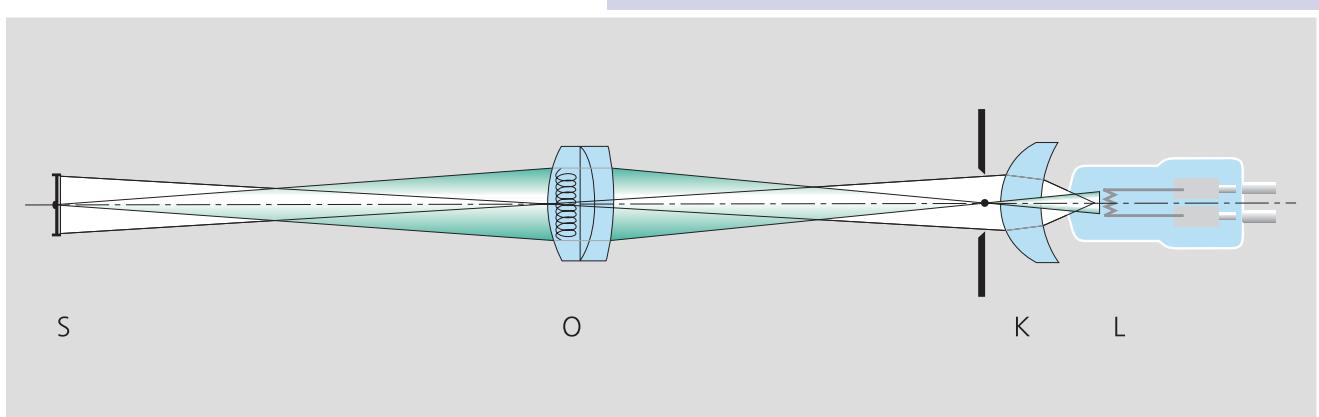
2. 立体顕微鏡

手術用顕微鏡など、他の眼科用機器と同様に用いられているもの

3. 機械システム

顕微鏡と照明システムを組み合わせ、器械の位置調整を可能にするもの

図2
ケーラー照明の原理



光の透過率は反射防止コーティングをすべてのガラス表面にすることによって増加します。反射による光量のロスは1.5%ずつですが高品質の反射防止コーティングの場合0.5%にまで減少します。最終的にスリット照明の輝度はコーティングされていないシステムと比較すると20%の差があるため、最新の特別なコーティングされた光学系により優位性を発揮できます。

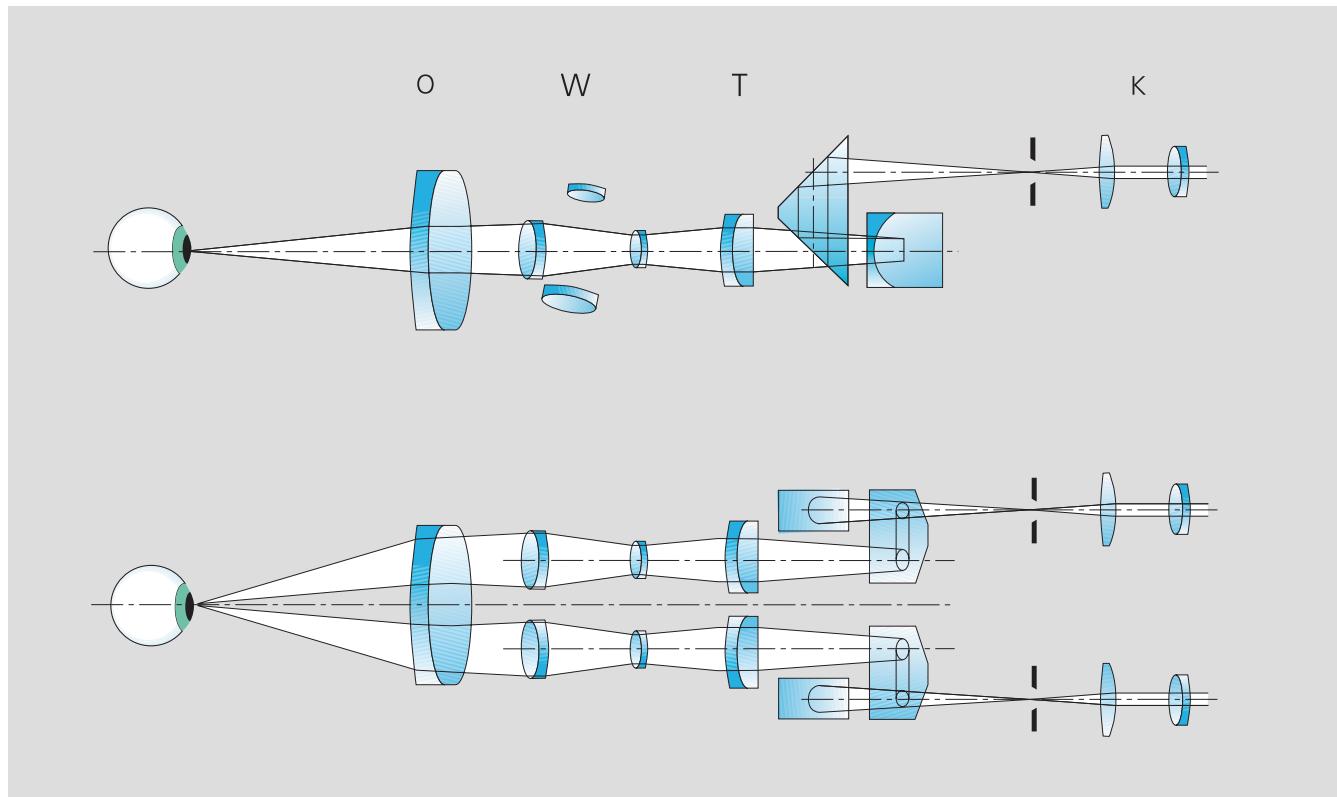
スリットランプの光源は低電圧の白熱灯かハロゲンランプのどちらかが使われます。後者は高輝度と色温度であることから好まれて使われています。

物理的法則によると光の拡散能力と透光体の発光度はこのような高輝度と色温度によって強められ、診断的に重要な黄色への色の変化をより認識しやすくしています。それゆえに最近のスリットランプはハロゲン光源を用いています。(図7-9)

いくつかの観察法においては強力なスリット照明を必要とせず、広範囲の拡散照明を用いることがあります。このため射出瞳とフィラメント像の平面上に着脱可能なガラス板を装備しています。光路は二次的光源となるためにガラススクリーンによって遮られます。

その他の観察法として、光スペクトルの構成の変化を利用する方法があります(たとえばコンタクトレンズフィッティングにおける蛍光観察)。このような目的のときには照明システム内で容易にスイングインできるフィルターを備えています。フィルターの幅は蛍光を発するための励起フィルター、コントラスト強調するグリーンフィルター、照明輝度を減少させても色温度を保つためのフィルターがあります。

図3
スリットランプ立体
顕微鏡における光路



2-2スリットランプ顕微鏡

ユーザーは倍率可変で自然な立体視が可能な状態で観察できるスリットランプ顕微鏡を求めています。視野の大きさと焦点深度は可能な限り大きいことが期待され、そして患者眼を操作するために顕微鏡の前には十分な作業空間が必要です。

図3は望遠レンズの原理に基づいた立体顕微鏡の光路をあらわしています。

望遠レンズシステムでは単純な拡大システムと比較すると大きな作業距離を得ることができます。これらのシステムは対物側の拡大レンズと望遠レンズで構成されています。対象物はそれを拡大し実質的に無限遠に投影する対物レンズの焦点に位置しています。対物像はこのように望遠鏡を通してそれぞれの拡大率で観察されます。

図3の解説

対物レンズ **○** (焦点距離 f_1) と鏡筒レンズ **T** (焦点距離 f_2) のあいだには分離、平行して目に向かう光路があります。対象物は焦点面 **○** に位置しています。**○** と **T** の間に望遠システム **W** が取り付けられ全体の拡大率を変化させます。立体視を得るために2つの視軸の間に収束角が必要です。この収束角は対物において伝導された双方の光による分離角のプリズム度により得られます。回転プリズムを通って鏡筒レンズ **T** により生成された中間像は接眼レンズ **K** (f_3) で観察されます。

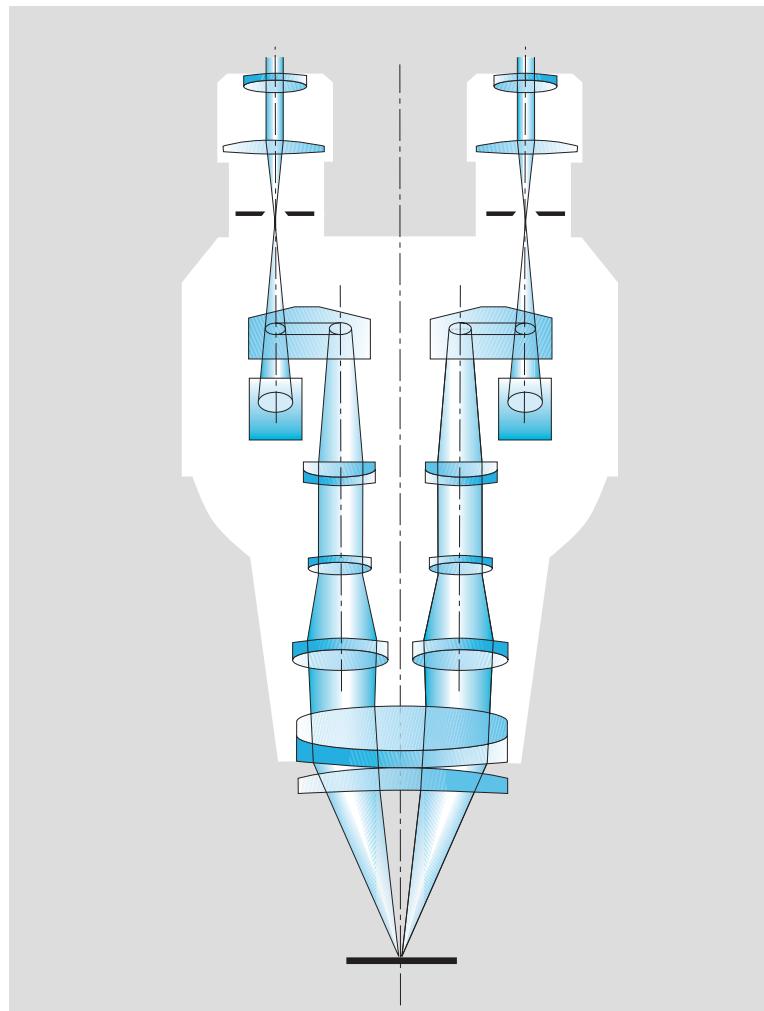


図4
望遠システムの略図

このシステムにおける総合角拡大率 G は下記の公式により計算されます。

$$G = \frac{f_2}{f_1} \times g \times \frac{250 \text{ mm}}{f_3 (\text{mm})}$$

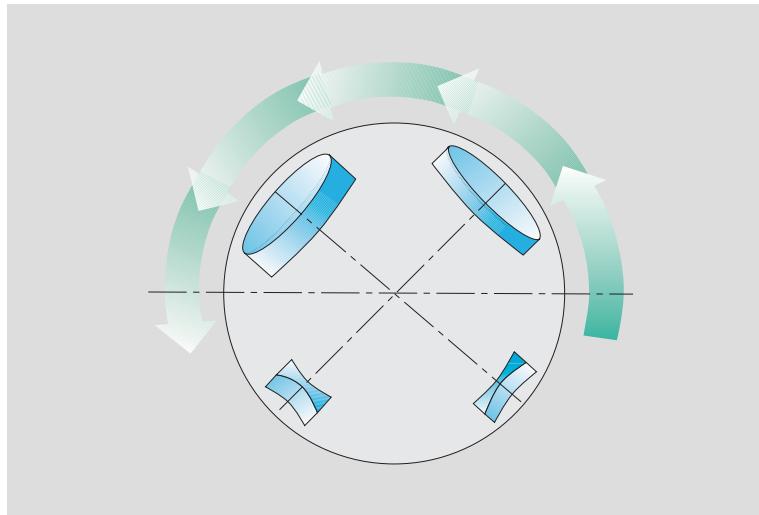


図5
ガリレオシステム

われわれのスリットランプの立体顕微鏡は下記の機器原理を使用しています。

望遠鏡システム

テレセントリック光路をもつガリレオシステム(図5)

このシステムにおいて両方の光路は共通あるいはメインの対物レンズを持っています。この対物レンズは対象物を無限遠に映し出し、基本的には望遠鏡のペアである立体鏡筒によって観察されます。実際、スリットランプでは5倍～50倍の倍率が求められますが、最も一般的には10倍、16倍、25倍が使われています。顕微鏡の倍率は接眼レンズを換えることで変化しますが、よりシンプルでエレガントにするためには可変の光学系を使います。倍率を変化させても、焦点面が変わることがあってはなりません。変倍手段として検証されたのがガリレオ式望遠鏡です。

光軸に垂直な回転軸をもつ回転ドラムのなかに2つの小さなガリレオ式望遠鏡が互いに傾いて位置し、どちらの方向からも観察できるよう配置されています。このようにして4つの異なる倍率を可能にしました。5つ目の倍率は回転ドラム内でレンズを通過しないときに得られるものです。

SL115、SL120、SL130の変倍装置はこの原理に基づいています。

スリットランプの双眼鏡筒は接眼レンズを保持すると同時にその結果、接眼レンズとメイン対物レンズ間の距離が一定になります(=mechanical tube length)。

近年では、望遠システムをもった立体顕微鏡としてのスリットランプが好まれてきています。これらの立体顕微鏡は双眼直鏡筒(パラレル鏡筒)をもち、スリットランプを長時間使用しても疲れにくくしています。

検査時に眼科医が患者の眼をスリットランプで、肉眼で、とかわるがわる診る場合は、収束角をもった光路(コンバージェント鏡筒)の使用をお勧めします。調整された観察眼と観察物との焦点距離(すなわち「調節」と対象物への眼の輻輳)には一定の関係があることが知られています。

SL120、SL130スリットランプは $f=140\text{mm}$ のコンバージェント鏡筒、またはパラレル鏡筒を取り付けることが可能です。(図10,11)

倍率以外にもユーザーは下記の光学的要件に関しても興味を持つことでしょう。

- 解像度
- 輝度
- 被写界深度
- 立体角・ステレオベース
- 作業距離

顕微鏡の解像度（2点を分離できる最小の距離）は開口数によって決定されます。ある開口数において、あるポイント以上に顕微鏡の拡大率を上げても無意味です。これは有効倍率と呼ばれ、このポイントを超えると解像度の増加は無いままで、ただ単純に像が大きくなるだけになります。一方ある倍率において明示された開口数以上に増加させても賢明ではありません。この場合は観察者の瞳孔径や視力などにより解像度が制限されますし、光学系の性能を十分に生かしきれません。スリットランプの射出瞳は倍率により0.8～2.7mmの範囲が良好です。

顕微鏡の被写界深度はスリットランプを使う上でとても重要です。それには3つの要素があります。

－焦点の深度

－調節の深度

－解像度の深度

眼の中にはある結像点とその最小錯乱円とが等しくシャープに見える最小分離可能角があります。これが焦点深度です。調節の深度は接眼レンズと眼の屈折力により変わるために、最大視力点が接眼レンズ面に対して移動していきます。解像度の深度は顕微鏡の開口部における光の回折によります。回折の結果、深度幅の範囲内で分離が不可能ならば、解像度の深度は被写界深度と同様となります。

照明において、最大の明度を求めることが最大の被写界深度を求めるとは相容れません。「より明るい」スリットランプは、その明るさが単にランプの明るさに基づいていない場合、低い被写界深度という重大な欠点を有します。中間倍率での開口数が0.05付近であることが良いスリットランプとされています。我々のスリットランプの開口数は0.05～0.08の範囲内にあります。

立体視はスリットランプ観察の基本です。収束角を最大限大きくしようとすると、瞳孔やコンタクトレンズミラーなどの限られた開口部を通して観察することの妨げとなります。このような理由により収束角が10°～15°であることが良いスリットランプとされています。SL120とSL130は12.5°の、SL115 Classicは10°の収束角を持っています。

作業距離はスリットランプ特有のパラメーターです。作業距離とは顕微鏡の前面レンズの表面から被写体までの距離のことです。作業距離はオペレーターが操作するために必要最低限のスペースを持たなければなりません。長すぎると腕を伸ばして不安定な状態となるため、眼を操作するのが難しくなります。そのうえ、対物レンズの開口数が減少し、明るさも減衰してしまいます。作業距離が90mm～120mmの範囲であることが良いスリットランプとされています。SL120とSL130は約106mm、SL115 Classicは約118mmです。

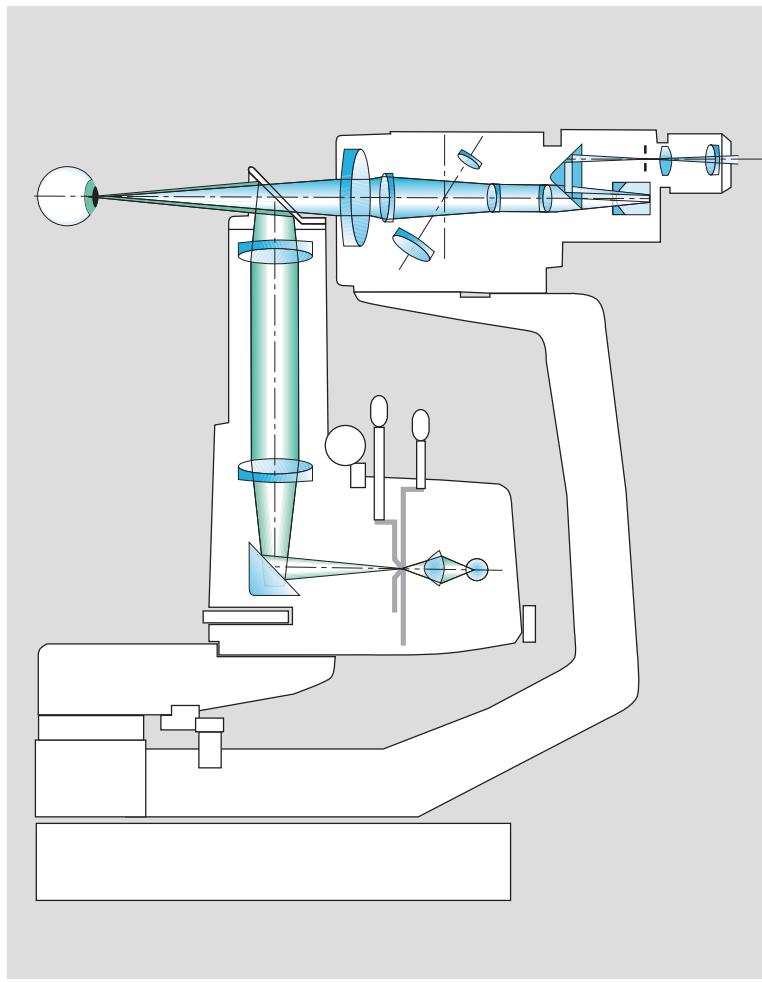


図6
SL120の光路

2-3 機械的システム

最新のスリットランプの機械的システムは80年以上にわたり開発されつづけ、使用感や広範囲なアプリケーションに対する要望に対してもこたえてきています。図6は器械支持部を用いた立体顕微鏡における照明システムの機構図です。照明システムと顕微鏡は共通点を軸として互いに独立して回転することが出来ます。視軸は器械の軸の延長上にあり、回転ポイントは患者眼の下に位置します。スリットは通常軸平面に焦点が合い、定められた顕微鏡の焦点面でシャープに見えます。

検査中、この回転軸は対象物を観察できるよう対象物に向かって動かされます。これは器械ベース部が平行移動機構をもっていること器械支持部が照明システムと顕微鏡の角度を保持できるために成し遂げられます。器械ベース部はたったひとつの操作要素—ジョイスティックコントロールによって水平方向に動かすことができます。更に器械ベース部には垂直方向のコントロール機構をもちスリットと視軸とを垂直方向に調節することを可能にしています。

この垂直方向のコントロールはジョイスティックの操作のなかに組み込まれ、これを回転させることで操作することができます。このようにして使用者は器械を目標物に向けて三次元のすべての方向に調整することができます(3D ジョイスティックコントロールレバー)。

最近のスリットランプは照明システムを顕微鏡の前をただ回転させるだけではなく、二つの顕微鏡光路の中間点にクリックして照明プリズムが止まる位置を持っています。このプリズムを非常に細くするとプリズム周囲を通して立体観察をすることも可能になります。

このほか、機械的システムによっていくつか重要な機構がもたらされます。

- a) スリット像は通常垂直ですが、±90°連続的に回転して水平にすることができます。
- b) 水平位置においてスリット照明の方向を変えて、顕微鏡の軸とスリット照明の軸との間にある一定の角度をもつことができます。ある器械では傾斜プリズム(15°下方)によって可能となります。そのほかSL120,SL130スリットランプでは垂直可変プリズムヘッド(0~20°の間)を備えています。これはコンタクトレンズで検査するときに有用です。
- c) レトロ照明を使用するときにはプリズムヘッドを中央のクリック位置から右と左に回転させます。これでスリット像が横方向に進みます。

上述したように、ほとんどすべてのスリットランプの形は共通して角度回転の機構を有しています。照明光が顕微鏡本体の下部または上部からもたらされるか、あるいはプリズムやミラーによる照明光の収束が一度か二度かといった点での種類の違いのみになります。

スリットランプの2つの特殊な形式：

—ハンドスリットランプは座っている人や横になっている人へ、または往診時のスリットランプ検査のための携帯用の装置です。

—ベットサイド用またはサージカル用スリットランプは手術顕微鏡と組み合わせた旋回スリット照明システムで、横になった患者への検査や治療のために設計されています。この理由により実際には照明システムに回転軸がなく、仮想上の軸にそった弧状のガイド機構を備えています。

2-4 電気的システム

スリットランプの電気装置は低電圧フィラメントランプもしくは高輝度ハロゲンランプの電力のための低電圧供給装置のみです。

また、ランプ電圧をある範囲内で変動させて特殊な用途に対応できるよう加減抵抗器を持つことも求められます。

2-5 カールツァイススリットランプのラインナップ

カールツァイスのスリットランプは傑出した性能をもちます。観察系の光透過性が非常に高く、その結果、観察やドキュメントに要する光のロスを最低にし、患者への光を減少させます。高い解像度のため微細な構造も高いコントラストで見ることができます。12.5°の立体角によってもたらされる詳細な立体三次元情報はより高度な診断のための片腕となります。

光学表面から離れた射出瞳をもつ接眼レンズ（スーパー・ハイアイポイント接眼レンズ）により眼鏡装着者でも制約無しにスリットランプを操作できます。片手でのジョイスティックコントロールで快適に器械を操作でき、三次元すべての方向に対して迅速かつ精細なポジショニング、微細なスリット像調整を可能にします。カールツァイスのスリットランプは確かな診断の手助けとなるため細部までこだわって開発され続けています。



図7
スリットランプSL115 Classic
製造販売届出番号:13BIX00119001080



図8
スリットランプSL120
製造販売届出番号:13BIX00119001070

スリットランプSL115 Classic

SL115 Classicスリットランプは眼の検査や測定をルーチンでおこなうといった臨床志向の装置です。内蔵イエローフィルターと14mmのスリット長はコンタクトレンズフィッティングに最適です。総合倍率は8、12、20倍から選択できます。また、電源ケーブルをコンセントに差し込めばすぐに使用できる、最低限のセットアップで使用できることをコンセプトとしたこのスリットランプにはすべてが内蔵されています。

スリットランプSL120

SL120スリットランプは5段変倍装置を備えたパワフルかつユニークな装置です。10倍の接眼レンズとの組み合わせで5倍～32倍まで倍率を変えることができます。鏡筒長140mmのコンバージェント鏡筒とパラレル鏡筒から選択することができます。スリット幅は0～14mmまで連続可変です。スリット長は1～6mmの間で連続的に、または、0.5、3.5、8、14mmのステップで切り替えることができます。



図9
スリットランプSL130
製造販売届出番号:13BIX00119001060



図10
パラレル鏡筒



図11
コンバージェント鏡筒

スリットランプSL130

SL130スリットランプは測定やドキュメント用に多様なアクセサリーを持つ総合的診察機器です。

この装置は前項まで紹介してきたスリットランプと異なる姿勢で操作をおこないます。スリット照明が中央の位置にあって観察しているときに、右と左のどちらからでもスリット光の調整が可能です。

このスリットランプによるアプリケーションは、前眼部はもちろん硝子体から眼底の観察まで広範囲にわたります。

パラレル/コンバージェント鏡筒

SL120、SL130は、先生のお好みに応じて、パラレルとコンバージェント鏡筒をお選びいただけます。

3. 検査の方法 – 照明法

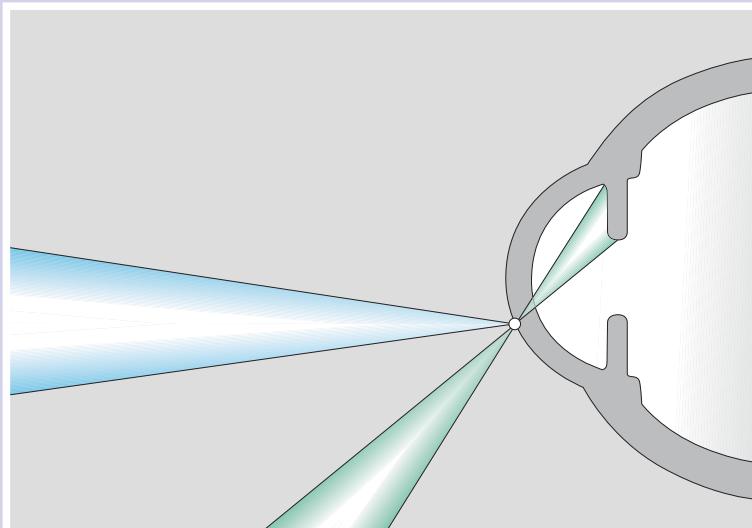


図 12
直接照明

生体眼の顕微鏡観察は日常的な眼科検査です。スリットランプは短時間で眼の個々の部位を精査し、眼の総合的な印象を得て診断を下すことを可能にします。スリットランプにおける最も重要な照明法は光学断面です。その他のすべてのテクニックはそのバリエーションなのです。

前眼部の検査ではスリットの開口を最大に調節します。円形に非常に明るく均一に照明された照明野は顕微鏡の視野よりも小径です。散光ガラスを光路に配置するとすべての視野が照らされます。

角膜、前房、水晶体、硝子体といった透明な組織では透過光、反射光での見えかたは乏しいことは良く知られています。その為、相対的な光の振幅は弱く、位相差は眼によって知覚することはできません。しかし、それらは散乱光や蛍光によって良く観察することができます。

基本的な検査法は照明方法によって分類することが可能です。

3-1 光学断面による観察

光学断面や直接照明(図 12)での観察はスリットランプでもっとも良く使われる検査法です。この方法では照明光と観察光の軸の交差で前眼部透光体を観察しようとするもので、例えば角膜の各層を観察するときなどに用いられます。

照明光と観察光の角度は可能な限り(90°まで)大きく、スリット長は短いままでして患者のまぶしさを最小限にとどめてください。細いスリット(0.1mm~0.2mm)にして充分小さな開口角にすると、照明光は二つのナイフの刃のエッジ両端から成る形をつくります。この光学断面においてのみ散乱光が発します。散乱光の強さは対象物の組織に依存し、スリットの明るさと光源の色温度の増加による短波光の比率の増加により増します。

スリットランプによる有効な観察は青色要素を出来るだけ多く含んだ短波光によりもたらされる光源がとても重要です。それゆえランプの色温度は高くあるべきで、それはハロゲンランプによって得られます。

立体顕微鏡において、光学断面は透光体境界面の形状の詳細なデータによって得られるとても精細な深さ情報を得ることができます。

透明な透光体に細いスリットで観察すると、スリット光と対象物は同時にシャープに焦点が合います。スリット幅と倍率は観察する部位により変える必要があります。この方法によって角膜から水晶体後面まで鮮明な光学断面を得ることができます。

細いスリットでは、さまざまな対象物（例えば異物の眼内での到達度、レンズ形状等）の深さや位置を非常に容易に得ることができます。広いスリットでは広がり具合や形状（例えば傷の深さの広がり具合）が鮮明に見えます。それゆえ診察中にスリット幅を変えることが有用であるのです。

角膜での光学断面は発光がプリズム組織断面として認められます。角膜上皮は実質のすぐ前に薄く青い筋として光学断面に精密に焦点が合って見えます。前房の診察は幅広のスリットで行われます。低倍にするとチンダル照明（房水内のチンダル現象）が暗い瞳孔の前に見ることができます。しかし房水内の細胞は高倍にしてはじめて明らかになります。

検査の間、周辺を可能な限り暗くしておくことが重要です。水晶体は特に光学断面によって観察することに適しています。細いスリットで不連続なゾーンとして見る事ができます。前部硝子体の観察では、できる限り短いスリット長にしては患者と検者がまぶしがることを避けることをお勧めします。これらの検査においてスリット光の輝度は高くします。

スリットランプは光学断面の観察に有効です。顕微鏡と照明装置は機械的に一対となっていて、スリット像は常に顕微鏡の焦点面かつ視野の中央に位置し、顕微鏡のフォーカスや選択された倍率からは独立しています。空気中においては経験的にこの関係が示されていますが、反射する眼の透光体においても充分な精度を持ってあてはまります。このためには検者は接眼レンズの視度を自らの屈折に合わせてください。

光学断面はスリット光軸を中心に回転可能です。スリット光そのものを水平方向や垂直方向に調整することができます。スリット光を水平にする場合は、光学断面の観察においては例外的な方法です。スリット光を水平に調整すると立体視に制限があるためです。この理由は水平スリット光が顕微鏡の視軸の焦点面において直交せず横方向が不均整になるためです。

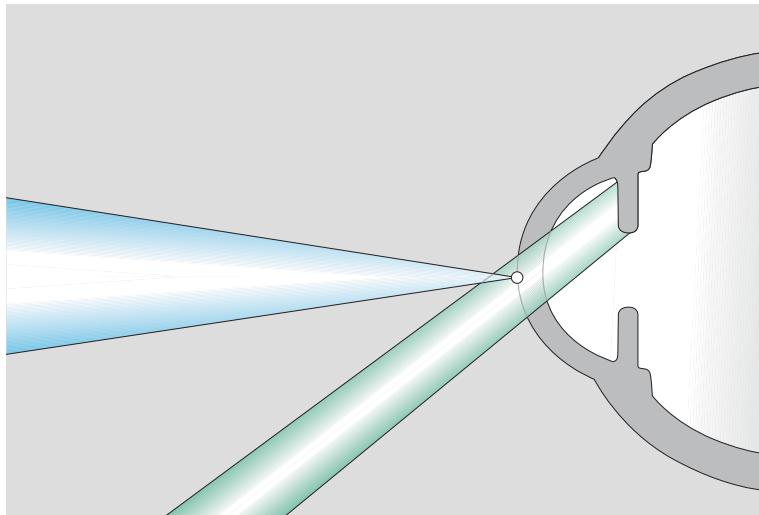


図 13
直接拡散照明

主な適応

照明方法として拡散照明は白内障、傷、神経、血管などの評価に適しています。しかし、細部の観察には向きません。

光学断面による観察は乱視用コンタクトレンズの調整のためとても重要です（マイクロメーター付き接眼レンズや適切に傾けたスリット光による）。

水晶体を通る光学断面は特によく見えます。カプセル、皮質、核や白内障が困難なく観察できます。

推奨設定

照明

- 細いスリット幅
- スリット照明装置の角度を $0^\circ \sim 45^\circ$ にする
(反射光を明視野照明とするため)
- スリット照明装置の角度を $45^\circ \sim 90^\circ$ にする
(反射光を暗視野照明とするため)

広いスリット幅での直接照明

スリット幅: $> 0.5\text{mm}$

倍率: 20 倍から 32 倍 (必要に応じて高く)

詳細な観察。例: 実質線

細いスリット幅での直接照明

スリット幅: $0.1 \sim 0.3\text{mm}$

倍率: 最大

十分なコントラストと少ないグレアで非常に微細な構造を観察するのに理想的な照明です。この方法ではしかししながら、角膜拡張による被写界深度の減衰が顕著にあらわれます。画像の中心においてはさほど影響を受けません。細いスリットは角膜のプロファイル観察にも使用できます。

3-2 直接拡散照明法

透光体、特に角膜が混濁していると、その度合いによって光学断面像を得ることがしばしば不可能になります。このような場合に直接拡散照明が有効です。この場合、スリット幅を広く大きくし、照明光路にガラススクリーン（ディフューザー）を挿入して拡散照明をつくります。

主な適応

この照明法は下記の用途に用いられます。

- 前眼部の全般的な観察
- 水晶体や角膜の表層の全般的な観察
- ソフトコンタクトレンズの評価
- 涙流反射の評価

推奨設定

- スリット幅: 最大 (環状絞り)
- ディフューザーの挿入
- 顕微鏡位置を 0° にする
- スリット照明装置の角度を約 $30^\circ \sim 50^\circ$ にする。

倍率

$M=5$ 倍～12 倍 (全般的観察)

$M= > 30$ 倍 (涙膜評価)

3-3 間接照明法

この方法において、光は観察したいエリアの側方に中間スリット幅(2~4mm)で眼の中に入ります。また、照明光路と観察光路は画像の焦点面の1点で交わりません。こうするためには照明プリズムをプリズムの垂直回転軸を中心回転させて中心位置からずらします(クリックストップ付き)。こうして間接照明が前眼部や角膜などの観察したい部位に反射します(図14)。観察される角膜部分は角膜を通過する入射光と照明された虹彩との中間に位置します。このように比較的暗い背景の中での観察となります。

主な適応

–透過性が減少する角膜の近傍における対象物の観察
(例:浸潤、角膜の傷、沈着物、角膜上皮や実質の欠損)

照明

–中間スリット幅
–スリットを中心からずらす

倍率

12倍(対象物の大きさによる)

3-4 レトロ照明法

光学断面による照明では十分な情報が得られないケースに遭遇することがあります。例えば透光体が広範囲にわたって混濁しているときなどです。すると拡散光ではあまり明るくなく、吸収されてしまいます。水晶体の後部を観察しようとするときにも同様の状況となります。このとき観察光はいくつもの反射境界面を通過せざるを得ず光は減衰してしまいます。

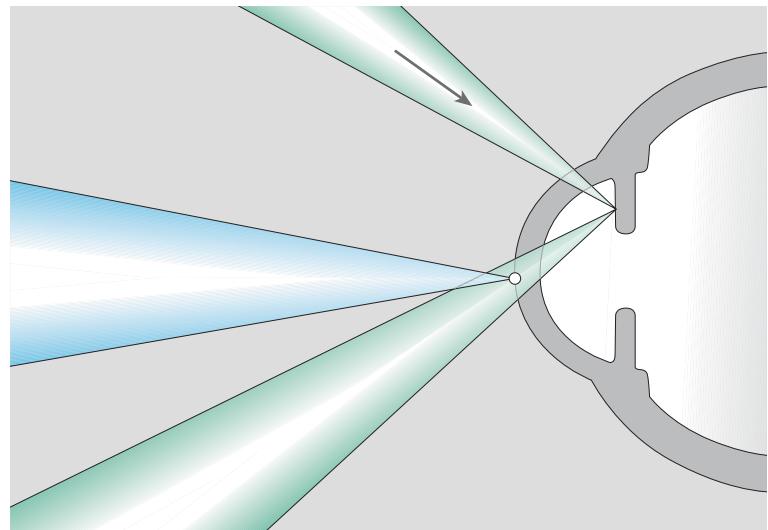


図14
間接照明

このような場合にレトロ照明法(図15)が有用です。この照明では通常の明視野顕微鏡と同様に対象物の構造が吸収率の違いによって識別される透過光により観察します。透過光は対象物の反対側に光源が必要です。レトロ照明法における光は照射によって二次的に生じたものです。レトロ照明法には二種類あります。直接レトロ照明は瞳孔表面、水晶体、眼底での直接反射によるものであり、間接レトロ照明は透光体での拡散反射によるもので、例えば、前眼部や後眼部の部位におけるすべての散乱する透光体と表層によるものです。

レトロ照明法の設定として、ほとんどの種類のスリットランプはスリット光を水平に偏心させることができます。この機能によりスリット光を横方向に視野の右や左へ調整することができます(通常は照明の焦点が視野の中央に位置しています)。照明光は対象物を通り過ぎて眼底内に向かいます。

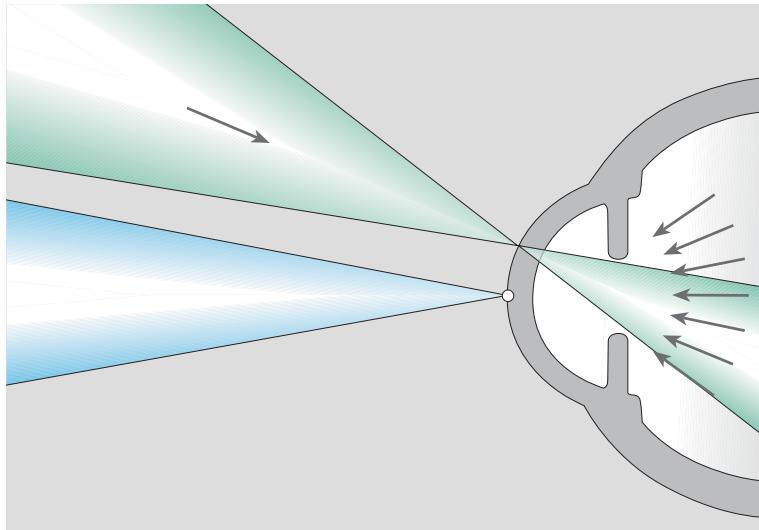


図 15
間接レトロ照明

虹彩からのレトロ照明は角膜浮腫や混濁だけでなく角膜内の異物を可視化するために使われます。虹彩からのレトロ照明が強い場合はスリット幅を細くします。水晶体内の構造は水晶体後面または眼底からの反射によるレトロ照明によって得られます。

眼底からの光を利用するため観察光と照明光の間の角は小さく保ち、光路は対象物から可能な限り遠ざけ隣接するエリアからの散乱光が観察を妨げないようにします(図 15)。

こうして水晶体内の色素沈着や小胞等様々なものが明瞭に見ることができます。間接照明は虹彩構造の観察にも重要です。

水晶体の散乱光で虹彩の色素の脱落を可視化するには、観察方向に対して角度を大きくし、広く開けたスリットの照明光線は瞳孔を通して照らされ、虹彩に触れないようにします。

直接レトロ照明の調整: 虹彩反射(黄色視野観察)

最初に直接焦点光を設定し、虹彩からの反射光が角膜を通して裏側から観察対象物が照らされるまでスリット

光を横に振ります。顕微鏡が直接焦点光の最初の位置(患者眼に対して約90°)のままならば、この「黄色視野照明」は通常の顕微鏡検査の暗視野照明の透過光と一致します。もし、見ている背景が瞳孔で形作られていれば、この種の照明により小囊胞と空胞が非常に良く見えます。

観察光と照明光の間の角度が大きくなり、顕微鏡を鼻側に動かしていくと、照明は明視野での透過光での顕微鏡観察と一致します。

- スリット幅: 1~2 mm
- 倍率: 中間から最大

観察対象

血管新生、小囊胞、浮腫、涙液フィルムの粒子、涙液フィルムの流れ、デスマ膜など

水晶体反射(白色視野観察)

水晶体表面から灰白色の反射光をこのように名前で呼びます。

観察対象

角膜表層の欠損、傷、涙液フィルムの粒子

網膜反射(赤色視野観察)

照明装置と観察軸は0°に設定します。検影器や検眼鏡と同様に赤く色づき、ほのかに明るい角膜反射が出現します。この反射は通常のフラッシュ写真撮影で「赤目」と呼ばれています。「赤色視野照明」では瞳孔が開いていることが必須であり、そうでないと通常の瞳孔径ではほとんど観察することができません。反射光の色は乳頭からの反射光になると黄色に移行していきます。

観察対象

角膜表層の欠損、傷、変性症、涙膜分子、白内障

3-5 強膜角膜散乱照明法

この照明形式では幅の広い光線を狭い角度で、そして照明プリズムを横方向に偏心させて角膜輪部に直接投影されます。光線が角膜の境界面で全反射の原理に従って角膜実質を通じて伝達されて角膜が明るく光るように調整します(図16)。倍率は一目で角膜全体が見られるよう選択します。スリット照明は角膜輪部に隣接する強膜の部分に直接投影します。

通常の生理学的状態で角膜は完全に透明でクリアードです。光の偏心が適切におこなわれれば光り輝くリングが輪部全体の周囲に見ることができます。

構造の不整は含有物、傷、混濁、異物混入などによって引き起こされます。小さな浮腫、微細な傷、均一な混濁などの障害物が光の散乱を生じ照明や影によって位置を示します。

—スリット幅:>0.5mm

—倍率:中間

—照度:最大

3-6 スリットランプによる眼底観察とゴニオスコピー

眼底の観察は眼底検査(ophthalmoscopy)として眼底カメラを使用することが知られています。しかしスリットランプでは眼底を直接観察することは中間透光体の屈折力により不可能です。別の言い方では、遠点が眼の前方(近視)、あるいは後方(遠視)であるため顕微鏡では焦点を合わせることが出来ません。補助光学系(通常はレンズ)によって顕微鏡の焦点の範囲内に遠点を持ってくることを可能にします。これらさまざまな補助レンズ(検査用コンタクトレンズ)は光学的特性と臨床的応用の範囲のなかで用いられています。これらのレンズは二つのグループに分類されます。

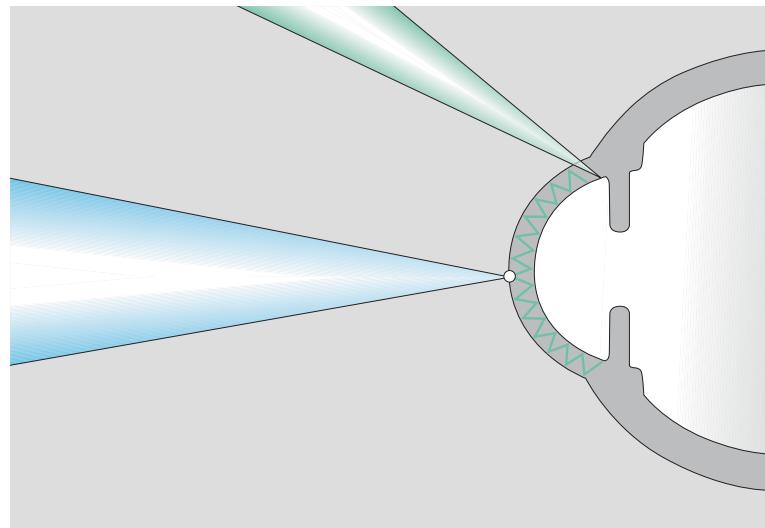


図16
強膜角膜散乱照明

- 凹レンズ
- 凸レンズ

凹レンズ

凹レンズは正像で、眼底の中間虚像を提供します。この特性のためスリットランプから患者間の通常の作業距離はわずかしか変化しません。瞳孔が絞りの役割をするため、凹レンズでの立体視野は限られたものになります。

今日広く使われている凹レンズ2種類あります。

- 眼底コンタクトレンズ
 - ゴールドマン3ミラー(4ミラー)コンタクトレンズ=ゴニオスコープ
- 凹レンズは強力な+レンズと-レンズに分けられます。

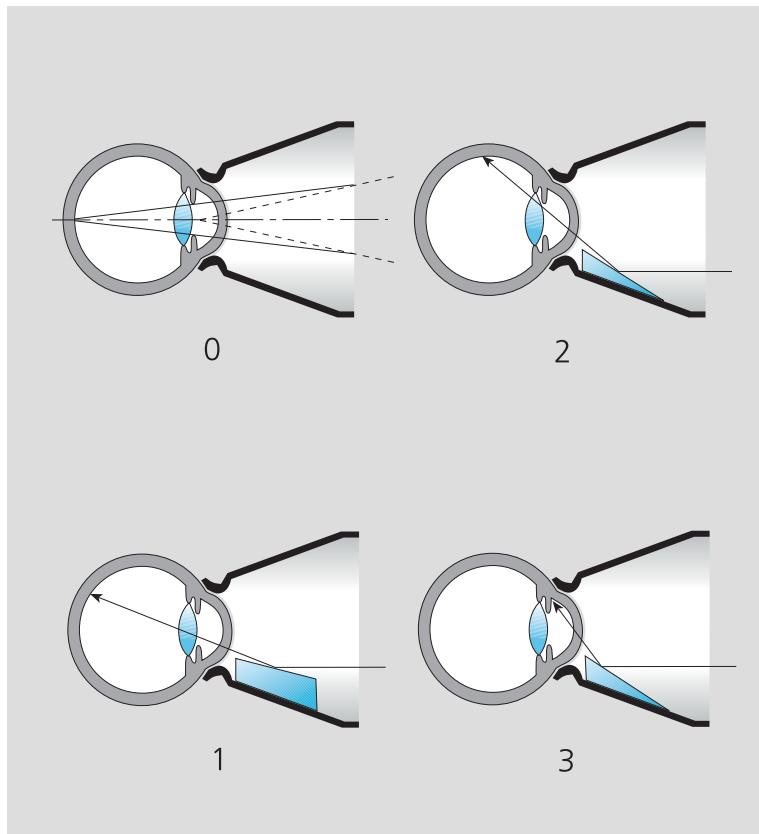


図17
3ミラーコンタクトレンズ
のシェーマ

ゴールドマンの眼底レンズは—レンズに分類されます。これは—64Dの屈折値をもち、角膜のおおよその屈折力を補償するため眼底後局部約30°の観察をおこなうことが出来ます。正常眼における横方向の倍率は0.91で軸方向の倍率は0.62です。ゴールドマン眼底レンズの利点は横軸、縦軸の倍率とともに患者の屈折力から事実上独立しているところです。これは硝子体の観察に特に重要です。このレンズはルビーレンズと比較しても広い単眼視野、両眼視野をもちます。

しかしコンタクトレンズはとても神経質な患者、特に術後の患者に使用することはできません。

いくつかの凹レンズで近視眼の眼底を観察するときは顕微鏡を患者側に移動しなければなりません。あるレンズにおいて—20Dの近視では18mmの移動が必要ですが、ゴールドマン眼底レンズでは7mmで済みます。眼底コンタクトレンズでは眼底の中心部のみ観察できます。それゆえに、凹レンズは内蔵ミラーで眼底周辺部や硝子体部、隅角を観察（ゴニオスコピー）できるようになっています。

これらのレンズは3ミラー（図17,18）コンタクトレンズ、4ミラーコンタクトレンズで利用できます（1面鏡と2面鏡

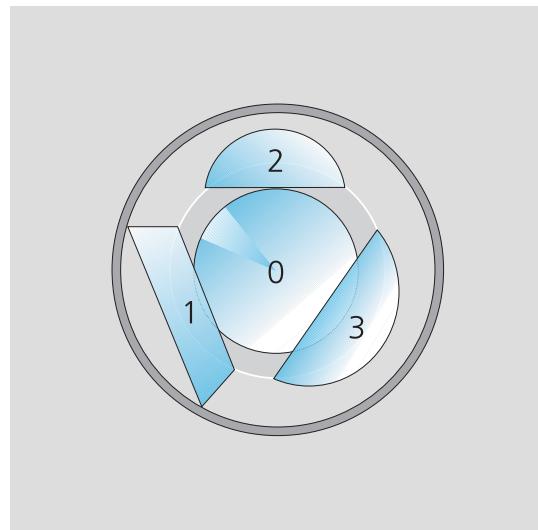


図18
0=網膜後極部観察用
1=網膜傍中心部観察用
2=網膜周辺部観察用
3=隅角観察用

は一般的ではありません）。軸方向の硝子体と眼底はこれらのレンズの中心部（ミラーなし）を介して観察できます。しかし、この場合、シンプルな眼底コンタクトレンズのほうが二つの理由で好れます。第一にガラス厚が薄くより高品質な像を供するため、第二に大きな3ミラーコンタクトレンズよりも使い易いためです。ゴールドマン3ミラーコンタクトレンズの反射角は59°、67°、73°です。

四面鏡は小さなピラミッドの頂点が取り除かれたガラスで、その部分が半径約8mmとなっており平均的な角膜曲率に一致しています。反射表面の角度はおおよそ62°です。

これらのレンズでは対象物を鏡面像として観察されます。網膜の小さな周辺円孔は検眼鏡では見落とされかねませんが、3ミラーコンタクトレンズであれば容易に見つけることができます。

凸レンズ

凸レンズは眼底を倒像の中間実像として提供します。このためスリットランプと患者眼の間に長い距離が必要となります。しかし現在の機器ではこの点を考慮しています。



図19
3ミラーコンタクトレンズを用いた観察

凸レンズは非常に大きな単眼視野と立体視野を持っています。凸レンズは患者眼の瞳孔で光路を絞るために瞳孔が視野絞りとなることはありません。

凸レンズには2つの形があります。

- 接触レンズ（例：Schlegel式のコンタクトレンズ：
パンファンドコープ）
- 非球面プラスレンズ（例：Bayadi式の前置レンズ：
90D Volkレンズ、非球面眼科レンズ AOL90D）

後者は患者眼からおおよそ9mm前方にレンズを保持して間接的に眼底検査をおこなう際に用いられます。顕微鏡とスリット光はともに中間位置に設定し、スリット光は全開し、顕微鏡は中間倍率（約12X）に設定します。照明プリズムと眼底レンズの間の距離はおおよそ80mmにします。このレンズは直接焦点照明で照らされます。これにより反転し、大きさが減少した眼底の実像を供します。瞳孔を開くことなく左または右の接眼レンズを通して網膜の像を見ることができます。はじめはこの像が角膜からの反射によって見えにくくなることがあります。しかしこれらの反射はスリットランプをジョイステイックで左右に動かすことによってルビーレンズよりも容易に取り除かれます。焦点合わせは通常のスリット像観察と同じです。眼底像が縮小されているときは顕微鏡の倍率を上げれば拡大されます。瞳孔径が5mm以上ならば眼底を立体視することも可能です。中間倍率で画角は60°、20倍ならば40°です。この方法で慣れて

いない検者でも比較的容易に眼底を見ることができ、双眼倒像鏡よりも良好な解像度で観察することができます。

凸レンズはとりわけ強い近視眼の検査に適しています。正確な位置取りができれば横軸、縦軸の倍率が患者の屈折値から独立します。単純な凸レンズは異常に湾曲して硝子体の検査に適さないことがあります。

照明

これまで、スリットランプを用いた眼底検査の設定や方法を述べてきましたが、照明がなければ観察することは不可能です。補助レンズを通して眼底を照明するには特別な要件が必要です。すべての種類の補助レンズは瞳孔の大きさによって、観察光と照明光の間の角度調整可能幅が規定されます。このことは必ずしもすべての例で観察光と照明光を共に患者の瞳孔内に入れることができないことを意味します。

眼底周辺部の評価はできる限り広い画角で観察すべきですが、困難さも持ち合わせています。眼の射出瞳は視軸が斜めであるために縦方向に広がった橢円であり、観察光路と照明光路が瞳孔鏡で横並びに位置することができません。

これは観察光路の間に照明光路を位置することで矯正できます。この形式では光学断面による観察はできませんが眼底検査でそれほど重要ではありません。

他の実践的な方法としては水平のスリット照明によって眼底周辺部の観察を行うことです。焦点照明を成立させるためにスリット光を回転させて水平にし、垂直方向に傾けさせます。

この特徴は市場にある全てのスリットランプが持つ機能ではありません。

補助用凹レンズでは、観察光と照明光の眼底上における同心性がスリット光を横方向や縦方向に位置をずらしても強い球面収差となることはありません。横方向のずれはスリット光を横方向に偏心させて補うことができるのと同様に通常乱れることはありません。しかし縦方向のずれはスリット像がシャープになりません。両方の接眼レンズの調整によって再度焦点を合わせる必要があります。

凸レンズにおいては最大照明角（ある一定の瞳孔径において）は補助レンズの屈折力が高くなるにつれて広かり、目からの距離は短くなります。調整可能な照明角は近視の度合いが増すにつれて小さくなります。凸レンズは小瞳孔かつより高度な近視で凹レンズと比較して大きな照明角となります。中間実像面をもつ凸レンズは、眼底上での観察光と照明光の同心性が凹レンズよりも良好です。

眼底や硝子体の周辺部を上下に観察する方法は横方向の部位に対することよりも容易です。これは瞳孔の遠近感のゆがみのためです。上から下に向けて観察する際、瞳孔は水平橢円となり二つの観察光路と照明光路が容易に通過できますが、瞳孔を横から通過して見ようすると垂直橢円となり3つの光路が一緒に通過することができません。この結果、横側の部位は単眼としてしか見られません。同じことは隅角鏡でも言えます（図17）。

隅角鏡

前房隅角は角膜表面での全反射の結果のため付加的な光学系の補助なしで見ることはできません。しかし、もしも眼が浸水していたり前房が空気で満たされていましたならば隅角は見えていたかもしれません。同様の効果はコンタクトレンズでも得られ、過去においてはさまざまな違った種類のものがありました。しかしそれらのほとんどは一般的には受け入れられています。今日ではゴールドマンのミラーコンタクトレンズがスリットランプ検査における大きな重要性をもっています。図17にミラーコンタクトレンズ内の光路を示します。

そうしている間にこの検査方法が標準的になっていきました。緑内障治療のためのレーザー線維柱帯形成術が紹介されて以来、重要性が増してきています（レーザー用コンタクトレンズ）。

ミラーコンタクトレンズは手や特殊なホルダーで固定します。このレンズにより網膜部あるいは隅角の見たい位置の反対側のミラーが使われ、鏡像として見られます。軸を中心にレンズを回転させることにより全周の隅角を見ることができます。虹彩面や角膜内面沿いからより大きい角度を見るにはレンズをわずかに角膜に沿って傾斜させるか患者の視線をわずかにずらす必要があります。照明はスリット照明を用います。反射がない良好な照明を得るために、隅角に垂直となるようにスリット光を回転すると良いでしょう。照明光と観察光との間には適切な角度を設定することが必要です。水平スリット光は全てのスリットランプで可能とは限りません。隅角の検査は顕微鏡を通して良好な立体観察が求められます。光学断面では隅角は6, 12時方向で最も良く見えます。

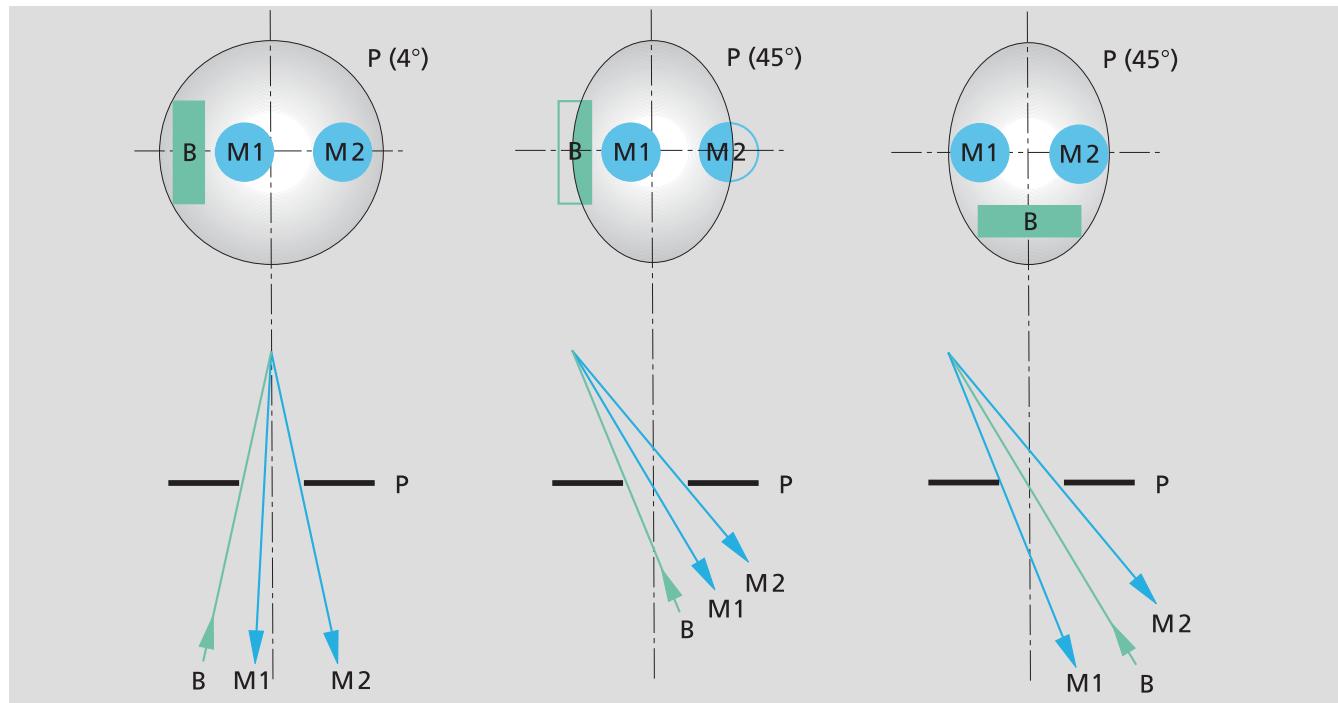


図20
スリットランプによる立体観察

コンタクトレンズの取り扱いにおける注意点

コンタクトレンズを取り付ける前に検査する眼は適切な方法で麻酔をしなくてはなりません。眼底検査のために散瞳する必要があります。

コンタクトレンズの接触凹面は通常角膜よりも大きい曲率半径を持つため、生理食塩水かメチルセルロース2滴で中間のスペースを満たしてください。

患者が上を向いて上眼瞼がわずかに持ち上がると、眼にコンタクトレンズを置くことが容易になります。コンタクトレンズをわずかにねじったり、傾けたりするとエアーバブルは消えていきます。

検査のあと、レンズが付着してしまったら、強膜の縁の眼球をガラス棒のようなもので少し押してください。

使用後、コンタクトレンズは水と綿棒で清掃し、メチルセルロースなどの残留物が乾いて固着することが無いようにしてください。

3-7 コンタクトレンズフィッティングにおける蛍光観察とスリットランプ顕微鏡

フルオレセインナトリウムはおよそ100年、生理学や生物学の研究のための色素剤として使われてきました。1881年にEhrlicherが眼科学に導入しました。1938年以降、コンタクトレンズフィッティングに使われるようになりました。この方法は蛍光した光が励起光から波長分離できることを基にしています。蛍光色素を吸収した組織は吸収していない環境に比べて高いコントラストを示します。フルオレセインは例えば、障害を受けた細胞に残留し、細胞間の隙間を満たします。



図21
蛍光観察によるコンタクトレンズフィッティング

コンタクトレンズフィッティングにおいてこの方法は特にハードコンタクトのフィットチェックやコンタクトレンズ装着後の角膜の検査に使われています。この方法はコンタクトレンズのフィッティングや涙液の流れの調査に使われるだけでなく、角膜上皮の表面損傷の評価にも用いられます。通常のスリット検査では明らかにされないようなわずかな角膜の損傷がこの方法で発見されることもあります。

正しい蛍光観察には適切な励起光源と適切な濃度のフルオレセインを涙液フィルムに投与することが必要であり、フルオレセインは点眼もしくはフルオレセインストリップで結膜囊内に入れます。

黄緑色の蛍光は単色ではなく、最大射出波長は530～535nmです。励起のためには530nm未満の照射が必要です。もっとも効率よく蛍光を発するためには450～500nmの波長幅の青色光での励起が最も良好です。スリットランプのハロゲンランプが励起光源として使われます。コバルトブルーフィルターがスリット光の光路内にスイングインし、励起フィルターとして役目を果たします。観察と画像保存のためにコントラストを減少させる迷走光はバリアフィルターを用いてブロックさせなければなりません。このために530nm以上の波長のみを通すイエローフィルターが使用されています。このフィルターは青色の励起光をブロックし、黄緑色の蛍光とそれ以上の波長のみを通します。

コンタクトレンズフィッティングにおけるスリットランプでの蛍光観察の使用は下記の通りです。

- －コンタクトレンズ挿入前の外眼部の検査
- －フルオレセインナトリウム有り無しでのコンタクトレンズフィッティングの検査
- －前眼部の確認と特に長期装用後にコンタクトレンズを外したときの角膜の検査
- －コンタクトレンズの全体的な検査

これらの検査は下記のようにおこなわれます。

前眼部の検査

この検査は拡散光もしくは広く完全に開いたスリット光による直接焦点照明を用いておこなわれます。角膜はキズ、血管走行、血管新生、浸潤、角膜後面の組織変化、角膜縁のリング状沈着物、円錐角膜を検査します。強膜と眼瞼は不整を、結膜は充血や疾患の可能性を検査します。また、涙液の評価も可能です。

コンタクトレンズフィッティングの検査

設定：拡散照明法で約12Xの拡大率を用います。下記の項目を評価します。レンズフィットとセンター出し、レンズの動き（方向とスピード）、レンズ下のエアーバブルや異物の存在、涙液の状態を評価します。

ハードコンタクトレンズでは、眼瞼裂に対するコンタクトレンズの大きさ、コンタクトレンズの疎水状態、コンタクトレンズ下の涙液の供給状態（蛍光像）を評価することができます。またレンズの曇りや汚れの沈着も確認します。ソフトコンタクトレンズでは輪部でのコンタクトレンズの動きの大きさ、角膜に対するコンタクトレンズの大きさ、コンタクトレンズのエッジの状態（皺や波打ち、きつ過ぎるフィット、結膜を圧する動き）を評価することができます。さらに血管を検査し、コンタクトレンズが脱臼や圧迫きたし結膜に炎症を引き起こしていないかを確認します。

角膜の検査

検査は直接焦点照明（光学断面による）直接拡散照明、強膜・角膜拡散照明で観察します。角膜は斑点、擦過傷、侵食や奇形（エアーバブルピット、浮腫）を確認します。さらに角膜内層や結膜（圧迫によるキズ、アレルギー反応、薬剤の問題）、眼瞼の変化を検査します。

コンタクトレンズの検査

コンタクトレンズは拡散照明や直接焦点照明により検査されます。レンズは検査の間保持してください。コンタクトレンズ表面はひっかき、ぎざぎざ、磨き跡の確認をおこないます。コンタクトレンズのエッジは傷、切れ端、欠損、考えうる沈着物を検査します。

コンタクトレンズ下における光学後面蛍光パターン

フラットフィッティング

角膜球面上にフラットにフィットしたコンタクトレンズの蛍光像は、円く暗い接触部位が中心にあり、周辺に向かうにつれて蛍光が明るくなるような幅の広い蛍光リングに囲まれます。蛍光の強度がエッジ（強い黄緑）に向かって連続的に増加します。乱視角膜上にフラットに角膜球面にフィットしたコンタクトレンズでは中心の接触面が橢円になり、橢円の長軸が弱主経線と一致します。乱視度数の増加につれて橢円は平坦化し長くなります。強主経線ではコンタクトレンズが角膜から突き出すため、蛍光強度が増していく部分として示されます。

パラレルフィッティング

角膜球面上にパラレルにフィットしたコンタクトレンズの蛍光像は、均等に円く暗い接触部位（ダークゾーン）が中心にあり、周辺に向かうにつれて蛍光が明るくなるような幅の広い蛍光リングに囲まれます。ダークゾーンが約70～72%の範囲を覆い、黄緑のリングが面積の約28～30%を占めます。境界部分では徐々かつ連続的に角膜から突き出し、スムーズな移行を持たねばなりません。こうでない場合はコンタクトレンズ面に欠損があるためすぐに角膜から外す必要があります。

乱視角膜上にパラレルに角膜球面にフィットしたコンタクトレンズでは中心の接触面の周辺が強主経線においてぎざぎざ状になります。角膜の乱視度数の増加にともない、暗い骨状もしくは蝶状の接触面が形作られます。コンタクトレンズは弱主経線上で留まり、強主経線上では角膜から突き出しています。境界部分が徐々に映し出されるべきです。

スティーブフィッティング

角膜球面上にスティーブにフィットしたコンタクトレンズの蛍光像は、中心部に蛍光の「湖」があり、中心部以外は狭く暗い蛍光リングで囲まれます。暗いリングが蛍光リングに隣接し（コンタクトレンズの辺縁部分にて）明るさがエッジに向かって増加します。

移行部位はスムーズであるべきです。

乱視角膜上にスティーブに角膜球面にフィットしたコンタクトレンズでは中心部以外に暗く鎌のような形の接触面が強主経線に向かって形作られます。それらは涙液の湖に囲まれていて乱視度数の増加につれてますます橢円形となります。コンタクトレンズ周辺部で蛍光リングと融合しエッジに向かって明るくなります。

蛍光剤を用いて観察した後は感染症を避けるために眼を生理食塩水で完全に洗い落としてください。

3-8 涙膜の評価

涙膜の評価と涙器の検査は最初におこないます。特にコンタクトレンズのフィッティングの前には涙液の量や成分の検査の過程における変化や測定をレンズフィッティングのプロセスのなかでおこないます。毎日の涙液分泌量はおおよそ0.5～1.0mlで睡眠時に涙液は產生されません。毎日の涙液分泌量が少ない（低分泌）と、これらは水分と同じように酸素の供給も弱くなり角膜の低酸素症の危険があります。ソフトコンタクトレンズでは脱水症状になることもあります。涙液の分泌過多の場合は通常、コンタクトレンズ適用に問題はありません。

コンタクトレンズを初めて装着する前に眼科医はコンタクトレンズ装着に耐えうる涙液量であるかどうかと、涙液分泌成分が正常範囲内であることを確認してください。どのコンタクトレンズにおいても最低限の摩擦で浮かぶことができるよう一定の涙液層を必要とします。ソフトコンタクトレンズでは弾力性を保つため、涙に一定の水分を必要とします。レンズ形式や素材、装用形態にもよりますが、一日に最大1mlの涙液量が必要です。この量は健康な人の一日の分泌量にあたります。涙の欠乏はコンタクトレンズの装用にとってリスクとなります。

涙膜の質と量はスリットランプによりシンプルかつ信頼性のある検査することができます。ブレイクアップタイムと涙膜の安定性はコンタクトレンズ装用で起こりうる症状が出るかを測る重要な基準です。ブレイクアップタイムを決定するには患者の涙液を局所麻酔することなく蛍光剤で着色します。コバルトブルーフィルターをスリットランプの照明光路に挿入します。イエローフィルターを通して角膜表面を継続的に観察し、瞬目から最初のドライスポット（涙膜の破裂）が出現するまでの時間

を計測します。この時間のことをブレイクアップタイム(BUT)と呼びます。この検査の間、患者をまぶしがらせないようにし(網膜刺激-反射分泌)、検査結果に偽陽性が出ないようにします。ブレイクアップタイムが0~10秒の間ならば、患者は急性の粘性の欠乏にさらされています。10~25秒ならば、粘性の産出が阻害され、涙膜も不安定です。25秒以上であれば涙膜は安定していると考えられます。

ビデオカメラシステムをスリットランプに取り付けるとこの検査がより容易になります。この方法で検査の過程の細かな部分が識別され、モニター上でスローモーションや単一画像を連続的に見ることで評価しやすくなります。



図22

ビデオカメラシステムを取り付けたSL130

3-9 その他の検査法

これまで述べてきた検査方法以外にもスリットランプは他の検査や治療に使われます。対象物の赤色部分(例:眼底)のコントラストを高めるためには、グリーンフィルター(レッドフリーフィルター)が必要です。

偏光による観察が行われることもありますが、これらの検査は一般的ではありません。これゆえ偏光フィルターは通常のスリットランプには装備されていません。

特筆すべき重要な点として、スリットランプの使用は観察するためだけではなく、適切なアクセサリーを装備することで測定機器として使用できることです。

スリットランプはこのように広範囲で使われる器械であるため、スリットランプの機械的光学的要素を利用して測定機器として使用することができます。最も一般的な例が眼圧を測定するアラネーショントノメーターです。さらに別の例としては、角膜上の長さや角度測定するアクセサリーもあります。これらの機器は4章で詳細に述べます。しかしながら、スリットランプは検査機器として使われるだけではありません。たとえば、顕微鏡として角膜異物の除去のような小手術もおこなえます。スリットランプ照明を使用することで影響を受けた部位を適切に照らすことが可能です。顕微鏡と眼の間には広いワーキングディスタンスがあるために、手順が楽になります。

4. アクセサリー

計測、検査、画像保存のためのさまざまなアクセサリーでスリットランプの使用に拡張性をもたらします。

もっとも広く使用されているのは

アラネーショントノメーター

－眼圧測定用として

マイクロメーターアイピース

－眼における長さ、角度の測定、とくにコンタクトレンズフィッティング用として

コンタクトレンズ

－隅角や後極、周辺の眼底観察用として

ビデオカメラ、側視鏡

－所見の画像保存や教育、トレーニング用として

図23
アラネーショントノメーターAT020
認証番号:
220AHBZX00006000



4-1 眼圧の測定

最も広く使われているスリットランプのアクセサリーはゴールドマン圧平眼圧計です。眼圧を測定するために使われています。今日、他のテクニックと比較してもこの方法は正確で信頼でき簡単に計測できることに特徴があります。この機器の設計と測定原理は多くの書籍文献等で公表され広く知られています

臨床使用においては、トノメーターがスリットランプ上に正しく設置されていることが重要です。アラネーショントノメーターをすばやく簡単に扱える位置に移動可能でなければなりません。一方でスリットランプの通常の動きを妨げてはなりません。これらの要件を満たすのはアラネーショントノメーターAT020(図23)とAT030(図24)であり、これらはスリットランプSL120/130用として特別に設計されたものです。SL115クラッシュにも適切なトノメーターholdderでAT020を使用することもできます。

トノメーター測定

眼圧測定の前に、スリットランプの照明を調整してください。最大の照野径、広大スリット、ブルーフィルター、スリットプロジェクターを約50°横振り、8倍もしくは12倍の顕微鏡倍率です。

患者の眼は瞬きを防止するためにも両眼とも麻酔してください。必要に応じて注視させるために固視灯を用いてください。次に蛍光剤を両眼の結膜囊内に点眼、場合によって薬剤を浸した紙を用います。

患者は右へおおよそ6°を見てもらいます。測定の間、患者の目は大きく開かせてください。検者は親指と人差し指で患者のまぶたを押さえて開かせることもできます。



図24
アプラネーショントノメーターAT030
認証番号:220AHBZX00005000

指は眼窩骨上に置き、眼球を押して不用意な圧力を働かせないように注意します。

アプラネーショントノメーターの測定部には2個のプリズムを含んでいます。このプリズムにより測定部と角膜の間にある涙膜のリングは緑に蛍光する二つの半円形に分離されています。

両方の半円形は同じ大きさでなければなりません。

垂直方向の調整はスリットランプでおこなわれます。

このリングの幅はおおよそ0.2~0.3mmで、拍動とともに動きます。

測定には測定部が角膜と接触させることでもたらされます。測定ドラムのスケールディビジョン1から始まり、リングの内側のエッジが相互に接触するまで角膜上の圧力を増加します(図25)。該当した値を測定ドラムから読み取り、換算表を用いてkPaに変換します。

最初に両眼に試し測定をすることをお勧めします。その後片眼それぞれ3回測定し眼圧の短期変動を補います。最後に平均値を計算します。

測定時間が長くなると、角膜上皮が乾き、測定値が過大もしくは過少になってしまい有用な測定となりません。それゆえに、測定時間を短くして左右交互に測定するといいでしょう。

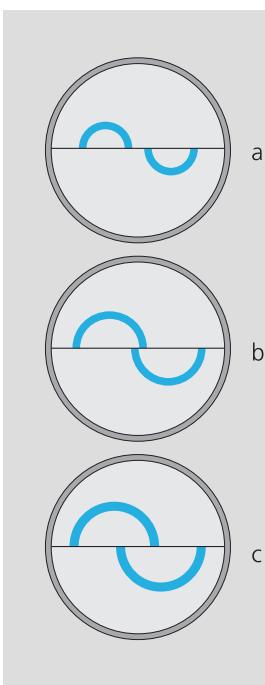


図25
アプラネーショントノメーターの測定パターン

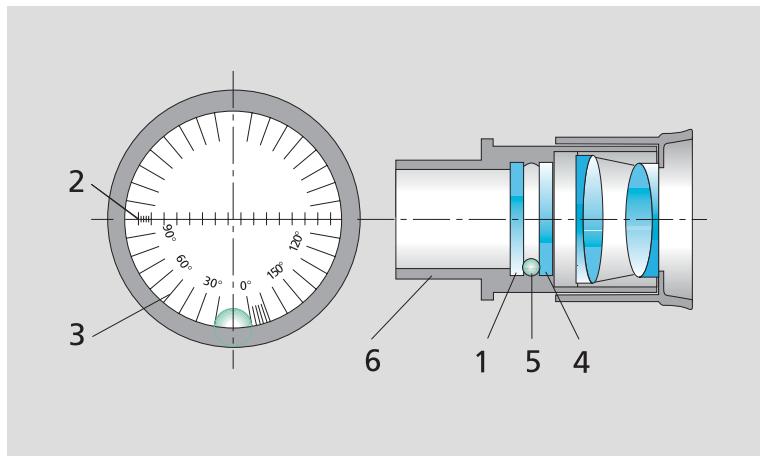


図26
マイクロメーター付き
アイピース



図27
大型単眼側視鏡

4-2 長さと角度の測定

眼科医ばかりではなく、コンタクトレンズフィッターにおいてもSL115クラシック、SL120／130スリットランプ上で適切なアクセサリーを用いて長さと角度の測定ができるることはとても有用です。例えば、角膜径や瞳孔径の測定、眼瞼裂の高さ、トーリックコンタクトレンズの軸の測定などが可能です。これらの測定は特殊な接眼レンズ（図26）を用いて可能となり、これは一般的なスリットランプの接眼レンズの代わりに装着します。測定の際は中間倍率である12倍を選択してください。

1. レチクル
2. 直線スケール
3. Tabo角度スケール
4. フロントウインドウ
5. 読み取りボール
6. アイピースソケット

接眼レンズ面におけるイメージ倍率は1倍です。他の倍率の場合は適切なスケールファクターを適応しなくてはなりません。接眼レンズには0.2mm間隔に目盛りをつけた15mmの直径のレチクルが入っています。傾斜角度測定のための360°角目盛りは2°間隔で目盛りがついています。角度測定のために求められる人工的な水平線は重力球によって与えられます。傾斜角度測定は難しい事ではなく、観察領域が十分広くなるようにスリットランプの倍率を設定することが重要です。

4-3 その他

これまで述べてきたスリットランプ用のさまざまなアクセサリーのほかに、側視鏡が教育やトレーニングの目的において特に有用であることは言うまでもありません（図27）。

その他のアクセサリーを下記に記します。

- Ergo-Tube（図28）
- デジカムアダプター（図29）
- ビームスプリッター（図30）
- Cマウント付きビデオレンズ（図31）
- イエローストップフィルタ（図32）
- 周辺部照明（図33）



図28
Ergo-Tube



図29
デジカムアダプター(写真のデジタルビデオカメラは別売り)



図30
ビームスプリッター



図31
Cマウント付きビデオレンズ



図32
イエローストップフィルタ



図33
周辺部照明

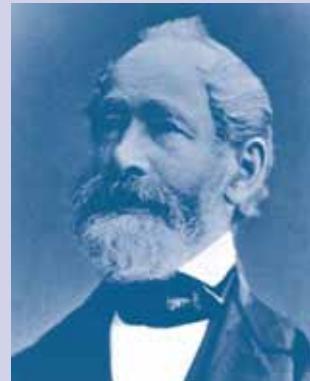


図34
Carl Zeiss

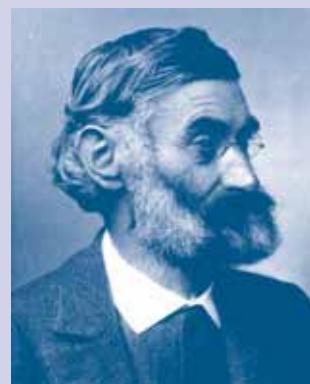
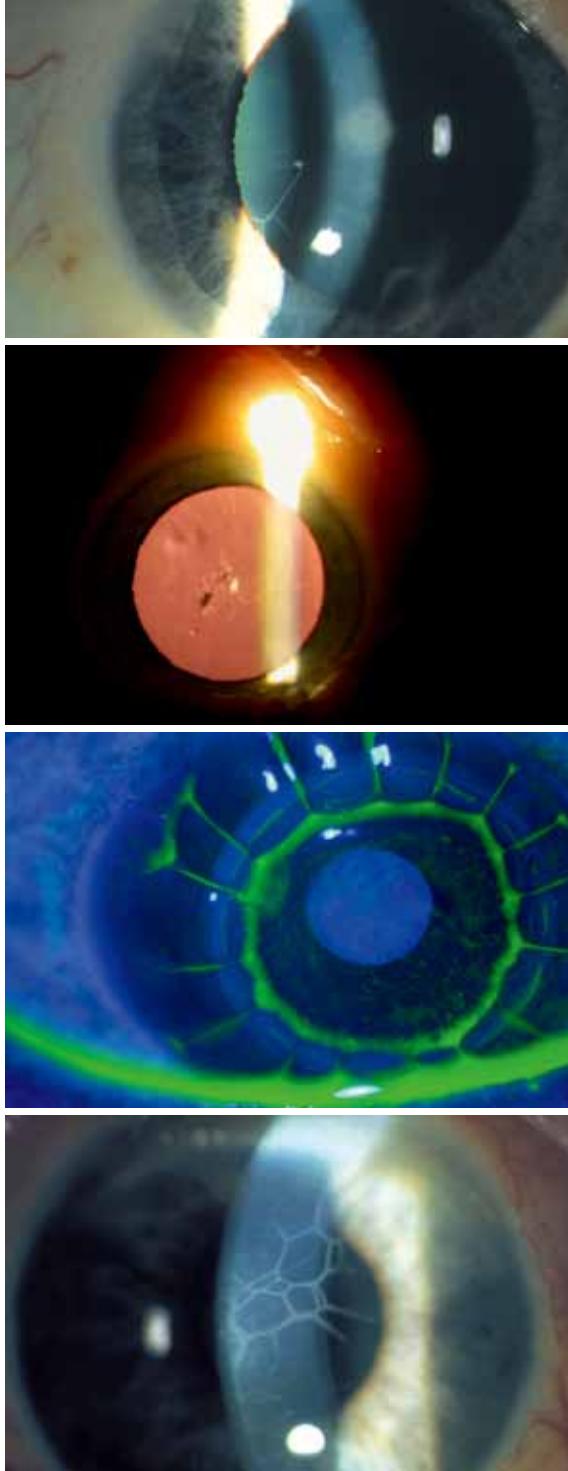


図35
Ernst Abbe



図36
Allvar Gullstrand



詳しくは、下記のカールツァイスメディテック（株）各営業所、または弊社器械製品取扱店へお問い合わせください。

カールツァイスメディテック株式会社

〒102-0083
東京都千代田区麹町2-10-9

Tel:0570-02-1311

<http://www.meditec.zeiss.co.jp>