



眼の健康ジャーナル

Vol. 4. No. 10 - 13

三島眼科医院発行

〒213-0001 川崎市高津区溝口1-9-1

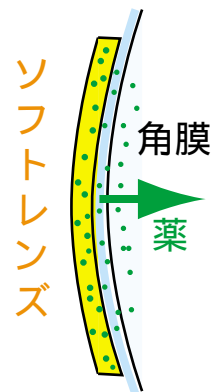
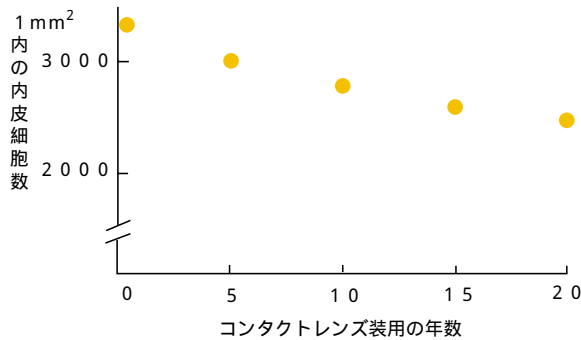
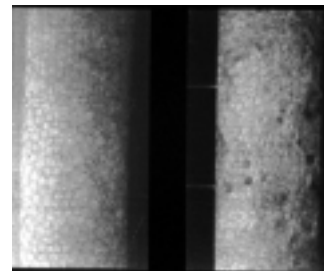
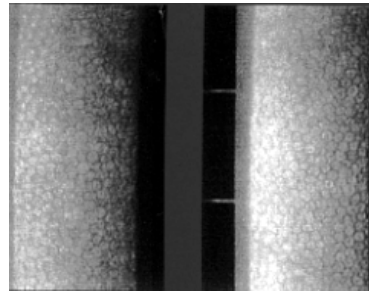
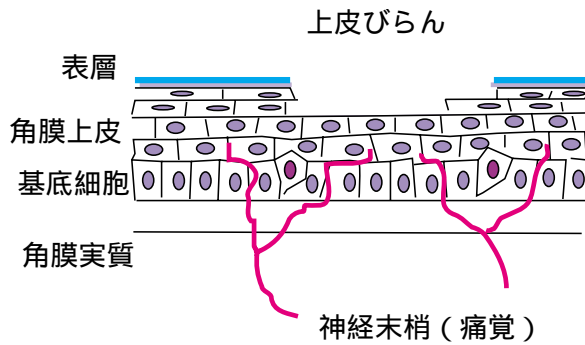
三井住友銀行溝ノ口ビル4F

Phone: 044-814-4138

コンタクトレンズの話 : 10 - 13

コンタクトレンズと角膜の生理 : 1-3

コンタクトレンズと目薬



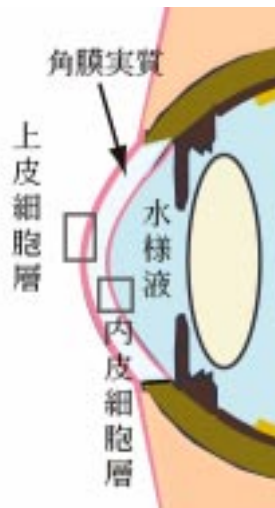
コンタクトレンズの話 10

コンタクトレンズと角膜の生理：その1

1. 角膜(眼の最重要レンズ)の構造

角膜は眼の最前部、黒目の部分で眼に入る光が屈折するもっとも重要なレンズです。したがって角膜は透明で、常に一定のカーブを持って安定し、その表面は涙の層(角膜前涙液層)に覆われ、きれいな光学面をしていなければなりません。この角膜の性質は活発な新陳代謝によって維持されています。

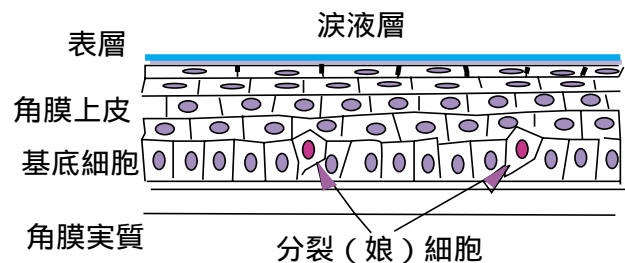
血管は角膜の周りまで来ていますが中には入っていません。右の図は角膜の模型ですが、血管がないので、新陳代謝に必要な栄養は眼のなかの水様液(眼房水)から取り込まれています。角膜が透明でなければ眼が見えなくなるのですが、この



不思議な透明性は角膜の構造と新陳代謝の微妙な組み合わせによっているのです。このようなデリケートな角膜の上にコンタクトレンズをのせるのですから、角膜に傷をつけないよう十分な注意が必要です。上の模型のように角膜は表層から、角膜上皮細胞層、角膜実質、角膜内皮細胞層の3つの主な層からできています。コンタクトレンズ装用により角膜の表面を覆う角膜前涙液層にどのような変化がおこるかについて前号までにお話しましたが、今回から角膜に対する影響についてお話しします。

2. 角膜上皮細胞層

左下の模型で4角形で囲んだ部分の上皮を拡大したのが下の図で、見やすいように表層を上にして示しています。



角膜上皮細胞層は5層からなり、一番深い層を基底細胞層といい、縦長の細胞がぎっしり並んでおり、表面に向かうにつれて細胞が4角形に近くなり、表面にある2つの層では細胞が扁平になっています。最表層の細胞は互いに強固に結合され外からの異物質の侵入を防いでいます。また最表層細胞の表面には前号でお話したように細かい突起があり、これに粘液がついて涙をとどめておく粘液層になっています。

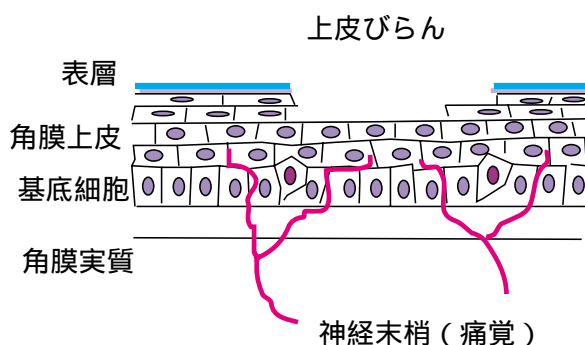
基底細胞層では、常に細胞分裂が起きており、新しくできた細胞(娘細胞)は表層にせりあがり、次々と生まれる娘細胞に押されて表層に移動します。最表層の細胞は自然にはがれてとれ、あとには下からきた細胞が元通りの表面を作ります。このように上皮細胞は次々に生まれ変わり、約1週間で入れ替わると云われています。このように細胞を更新するためのエネルギーはブドウ糖を燃やし酸素を使った活発な新陳代謝でまかなわれています。コンタクトレンズで酸素不足になると、(裏へ続く)

エネルギーが不足するので、細胞分裂が非常に少なくなることが知られています。

上皮細胞には普段からエネルギー源になるグリコーゲンが蓄えられていますが、酸素不足になると、このエネルギー源を使い果たし、細胞自身が正常な形を保てなくなって膨潤し混濁します。上皮細胞はこのように活発な新陳代謝をしていますので、コンタクトレンズによる酸素不足には非常に敏感です。今日まで、コンタクトレンズを製造する側では、角膜に対する酸素供給をよくしようと努力してきた理由はこれです。

3. 角膜上皮のコンタクトレンズによる障害

コンタクトレンズによる角膜障害のうち一番多いのは**上皮びらん**で、下図のように



上皮細胞のうち一番表層の1-2層の細胞が脱落したものです。表面の細胞がなくなりますので、涙の層を安定させることができません。また、外からの異物質の侵入を防ぐ力がなくなるので、放置すると困ったことになるわけです。

角膜には多くの神経があり、痛覚を伝えるもので、その末端は枝分かれして上皮の中で終わっています。この神経が露出すると非常に痛みを覚えますが、図ではびらんが浅くて神経まで達していないので、上皮びらんがあっても自覚しないのです。

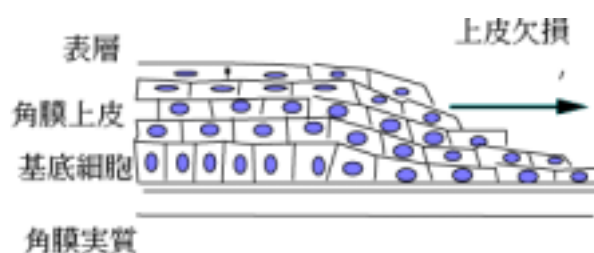
上皮障害がもう少し進行すると、神経のあるところまで障害が及んで**上皮剥離**という状態になり、激しい痛みが起こります。ソフトコンタクトレンズをあまり**長時間装用**

しているような場合におこるものです。長時間装用では、上皮細胞の更新が阻害されるので、細胞が下の角膜実質に接合する力が弱くなると云われ、そのため上皮剥離がおこりやすくなるのではないかとされています。

4. 角膜上皮障害の修復

左下図の上皮びらの程度では、なくなった部分の周りの細胞がのびてきて欠損を修復します。細胞が動くわけですから十分酸素を取り込んだ新陳代謝によりそのエネルギーを供給する必要があります。ですから、角膜びらんがおきると、コンタクトレンズをはずして角膜を休ませ、完全に修復が終わるまで、1-2日レンズ装用を中止する必要があります。

上皮障害がびらの程度よりさらに進んで、上皮剥離になると、欠損部分が大きくなるので、下図のように、欠損部分には周りから細胞が形を変えて矢印のように移動し、完全に欠損部分を覆った後、細胞分裂によって細胞の数を増やし、もとの上皮の形に回復するまで、細胞分裂が続きます。これには、細胞移動よりなお多くのエネルギー



と栄養補給が必要です。したがってコンタクトレンズ装用によって上皮欠損がおきた場合には1週間程度の休止期間が必要です。

上皮の修復には、細胞が互いに結合しあうのを助ける物質が分泌されていますが、この分泌を促し、角膜上皮の障害を保護し、修復を促進する目的の点眼薬が開発されています。

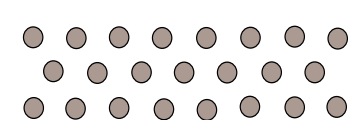
(以下次号に続く)

コンタクトレンズの話 11

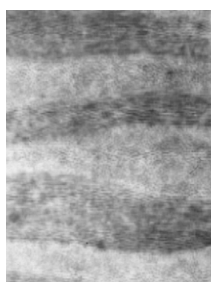
コンタクトレンズと角膜の生理：その2

1. 角膜実質の構造と透明性

角膜はガラスに近いほどの透明度があります。人間の体でこれだけ透明なのはなぜでしょうか。角膜はコラーゲンという繊維でできており、繊維の間には水を吸収しやすい多糖類と云う物質が詰まっています。角膜実質を電子顕微鏡で調べたのが右下図です。たくさんの層が重なって出来ていますが1つの層の中では細い繊維が整然と並ん



光の波長

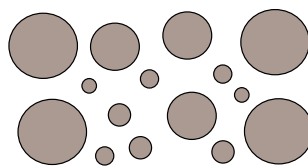


でいます。ロンドン大学と

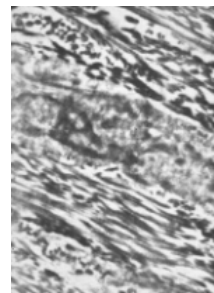
アメリカのマサチューセッツ工科大学の物理学者らがこの構造から角膜が透明である秘密を明らかにしました。上左図の様にコラーゲン繊維が非常に細く均一で整然と並び結晶の様な構造に配列しており、光の波長と比較してきわめて小さいので、コラーゲン繊維で散乱した光は互いに打ち消しあってまっすぐ進む光だけが通過するというのです。

白眼の下の強膜は角膜と同様にコラーゲン繊維と多糖類から出来ていますが、不透明です。強膜の構造を電子顕微鏡でみると右上の右図のようで、不規則な太さのコラーゲン繊維が並んでいます。強膜の構造のモデルが右上左図です。角膜と比べると、その差がはっきりしています。強膜ではコラーゲン繊

維が太く、且つまちまちで並び方も全く不規則です。光の波長に比べて、繊維が太いので光が強く散乱し不透明になるのです。



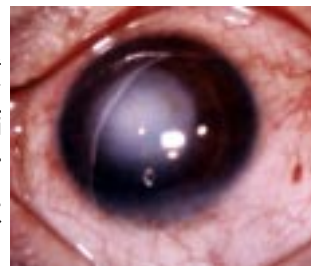
光の波長



人間が発生してくる胎児の時代に角膜と強膜のコラーゲンを作る細胞が違って、このような結果になったと考えられます。

2. 角膜の癒痕は不透明

角膜に細菌感染等がおきると、角膜実質にも障害が及びますが、これを修復しようとして角膜実質細胞が活動し新しいコラーゲン繊維を作ります。ところが胎児の時代と違って、障害を受けた角膜実質細胞は強膜と同じ様な繊維を作って組織を修復します。即ち角膜実質が傷つけられた結果、出来た癒痕はすべて右図のように不透明です。コンタク

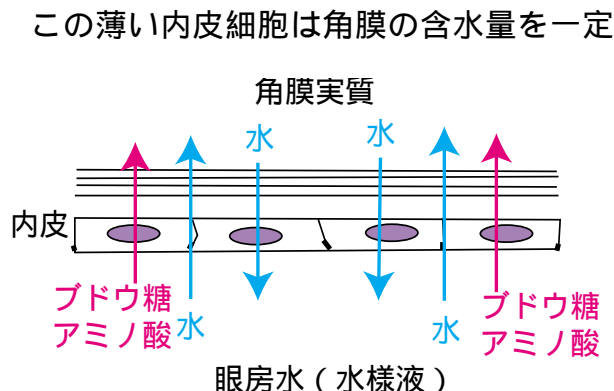


トレンズ等で、角膜実質まで障害が及び感染症がおきると、治った後も角膜が不透明のまま視力が落ちるのはこのためです。

(裏へ続く)

3 . 内皮細胞は角膜透明維持の鍵を握る

角膜の後面を覆い、眼房水との境をなし
ているのは、下図のようにわずか1層の薄
い扁平な内皮細胞で、細胞間は互いに結合
して、欠損なく角膜実質の内面を完全に
覆っています。



にして透明にする重要な鍵を握っています。
即ち、角膜実質のコラゲン繊維間にある多
糖類が水を吸い込み膨潤しやすいので、上
図のように内皮細胞間隙を通して眼房水を
吸い込んでいます。水が入ると角膜は不透
明になるので、内皮細胞が働いて、細胞体内
を通して水を外へ排出し、角膜実質の水の
含有量がいつも一定に保たれていることが
証明されています。この働きも酸素を取り
込む新陳代謝のエネルギーが使われます。

角膜の旺盛な新陳代謝にはブドウ糖が使
われ、細胞の再生には蛋白合成のためアミ
ノ酸が必要です。角膜に血管がないので、上
図のように、これらの栄養素は眼房水から
内皮細胞の働きによって取り込まれます。

このように角膜内皮細胞はわずか1層の
細胞ですが、角膜が透明
性を維持し、栄養補給を
うけて、新陳代謝を正常
に続けていく鍵を握る重
要な細胞です。この重要
な内皮細胞が障害され
ると、角膜に水が入り込
んで膨潤し、実質の繊維配
列が乱れ、角膜が上図のよう
に混濁します。

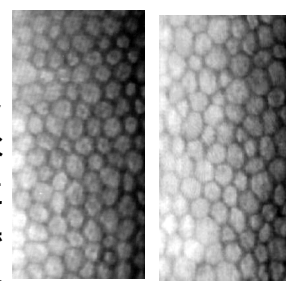


4 . 角膜内皮細胞の生涯

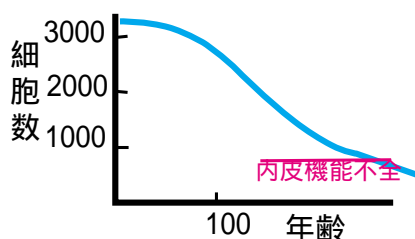
角膜内皮細胞は上皮細胞と全く違って、
胎児の期間だけ細胞分裂で増加しますが、
いったん生まれると、細胞分裂がおこな
いので数の増加がないのです。内皮細胞は
胎児の時に神経になるはずであった細胞の
一部が残って出来たので、上皮とは全く性
質が違います。

人の角膜内皮細胞の写真をとれるよう
になり、いろいろな事が分かりました。20歳
前の若い人の細胞は下左図のように1mm²
あたり約3300個あります。最近、人間の
細胞は遺伝子により、定められた生涯プロ
グラムにより死んで行
くことが分かりました。

したがって、老化によ
り内皮細胞は少なくな
ります。20歳の人に
比べ、70歳くらいで
は上右図のように細胞
数が約20%減少して、
2700/mm²くら
いになります。下図は内皮細胞の生涯を
想像した概念図で、青い線に沿って細胞数
が減少すると考えられます。



内皮細胞
の障害で角
膜が混濁し
た人の内皮
細胞を調べ
ると約70



0/mm²ですので、このくらい減少すれば、
正常機能が果たせなくなり、上図の内皮機
能不全になります。ですから100歳をす
ぎても、内皮細胞には十分余裕があり、角膜
は老人でも透明なのです。

最近、角膜内皮細胞の写真を外来で簡単
に撮影する装置が開発されました。これ
でしらべると、コンタクトレンズを長く装
用すると、角膜内皮細胞が減少することが分
かってきました。次号にお話します。



コンタクトレンズの話 1 2

コンタクトレンズと角膜の生理：その3

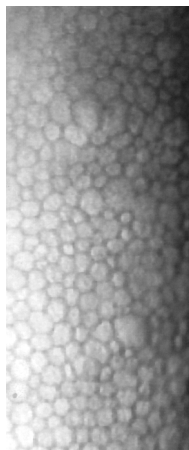
1. コンタクトレンズと角膜内皮細胞

研究室での研究で、角膜内皮細胞とその生涯についていろいろなことが分かりましたが、毎日の外来で診る患者さんについて、角膜内皮細胞がどうなっているかを知ることが必要になってきました。そのためには自動的に簡単に内皮細胞の写真を撮る必要があります。そこで最近開発されたのが下図の器械です。

この器械で調べたところ、約18年コンタクトレンズを装用していた38歳の



人で、下右図のような写真が写りました。よく見ると大きい細胞があり、細胞の大きさ、形がまちまちで、数も少ないように見えます。単位面積内の細胞数を調べたところ、約2300/mm²という数字が得られたので驚きました。これは前号でみた内皮細胞の生涯から類推すると、100歳をすぎた人の細胞数とほぼ同じです。これは果たしてコンタクトレンズによる影響でしょうか。そこで、最近の科学者の研究結果を調べると、これは間違いなくコンタクトレンズの影響であることが分かりました。

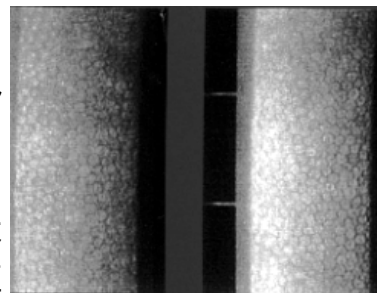


2. 角膜内皮のコンタクトレンズによる変化「ブレップ」

オーストラリアの科学者が、酸素透過性の十分でないコンタクトレンズをかけると、数分で右下図のような黒い陰が内皮細胞に現れることを発見し、これを「ブレップ」と名づけました。コンタクトレンズをはずして、眼を開いていると、この変化は消えます。一時的な変化ですが、これは角膜内皮細胞に酸素欠乏がおきた為と考えられました。



そこで、コンタクトレンズをかけないで、睡眠した前後の内皮細胞の写真を撮ると下図のようになります。左は眠る前、右は翌朝の写真です。ブレップは全く見られず、内皮細胞には睡眠による影響は見られません。前号までにお話したように、睡眠中は角膜の酸素分圧



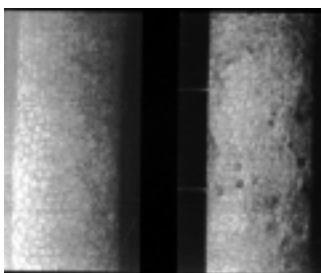
は約50mmHgで、これは角膜細胞の新陳代謝を維持するのに十分です。

コンタクトレンズの製造技術が進歩して、日中眼を開いていると、大気中からコンタクトレンズを通して酸素が十分供給されるようになりましたが、昔のコンタクトレンズは必ずしも良くはなかったので、15年20年とコンタクトレンズを装用している

(裏へ続く)

人は昔の酸素透過性の十分でないレンズによる影響があったのでしょうか。

そこで、現在の良いソフトコンタクトレンズをかけてみますと、下図左のように内皮細胞は眼を開いている間はきれいに見えます。ところが眼をつむって寝た後は右図のように沢山のブレップが出来ます。表頁のコンタクトレンズなしで眠った後の内皮と比べると、相違は一目瞭然です。やはり、今の良いレンズでも、装用したまま寝ると内皮細胞が酸素不足になるのです。



3. ソフトレンズの連続装用

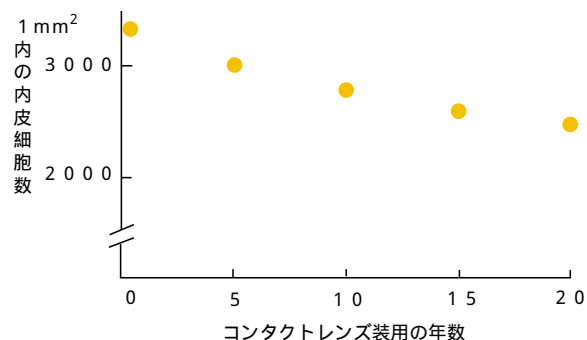
オーストラリアの科学者が昼も夜も連続してソフトコンタクトレンズを装用したままいるとどうなるかについて研究しました。それによると、夜寝ている間に角膜は約14-15%膨らんで厚くなり、朝起きると角膜は薄くなり、昼間は装用前より約5%厚い状態で経過し、次の夜寝るとまた14-15%厚くなり、翌日はまた同じ事を繰り返すことが分かりました。レンズを完全にはずせば約2日でもとの厚さに戻るということです。

そこで、角膜内皮のブレップはどうなっているかを調べると、初めてつけたときは昼間でもブレップが出来ますが、これはすぐに消退します。しかし、夜寝ると、翌朝はブレップがたくさん出来、同様な変化を繰り返すことが分かりました。この学者によると、角膜表面の酸素濃度が15mmHg(水銀柱)くらいになると、ブレップが発生すると云うことです。

このように夜中には酸素不足になっているので、長期間かけていると、角膜内皮細胞が大きくなり、形が変形すると言います。即ち内皮細胞数が減少するのです。

4. コンタクトレンズ装用年数と内皮

三重県の眼科医が多数のコンタクトレンズ長期装用者の内皮細胞について、細胞の大きさ、数、形の変化などを調べました。そのうち平均の細胞密度(1mm²内の細胞数)とコンタクトレンズ装用の年数とをグラフにしたのが下の図です。



健康な若い人の平均細胞密度は約3300/mm²ですが、装用年数20年で平均2500/mm²に減少しています。個人差が多いので実際にはもっと多い場合も少ない場合もあります。内皮細胞の生涯から見ると、この数は100歳の人に相当します。20年装用者の多くは40歳前後ですから、これから40年以上生きなければなりません。そのあいだに内皮細胞の老化は必ずおきますから、長い一生、角膜を健康に保ち、良い視力を保持するため、注意してコンタクトレンズを装用する必要があるわけです。

5. コンタクトレンズを安全に装用するために

コンタクトレンズの長期装用が角膜の透明性維持の鍵を握る内皮細胞を減少させるということは最近まであまり注目されませんでした。しかも、この内皮細胞減少は回復しないので、十分注意する必要があります。そこで、私どもはコンタクトレンズを希望する患者さんの角膜内皮の写真をとり、チェックをしています。酸素欠乏による角膜変化を予防し、上手に、長くコンタクトレンズとつきあって頂きたいので、いろいろアドバイスをするためです。

次回はコンタクトレンズと点眼薬の話です。

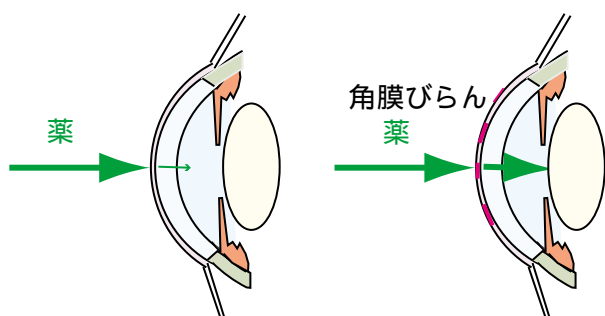
コンタクトレンズの話 : 13 コンタクトレンズと点眼薬

1. コンタクトレンズと点眼薬使用の原則

点眼薬を大きく2つに分けて考えてみます。1) 病気の治療に使う薬、2) 涙の代用として用いられる人工涙液です。原則として1)の病気の治療薬はコンタクトレンズ装用中には併用しないようにしましょう。例外的に使用したい場合は、担当医と相談してください。2)の人工涙液は涙分泌が少なくなったり、涙が蒸発してコンタクトレンズの装用に問題がおきた時(いわゆるドライアイ)に使用しますので、原則的にレンズを装用しながら使用します。このような使い分けをしなければならない理由を以下にお話します。

2. 点眼薬はどうして眼に入るか？

病気の治療薬は眼の中に入らないと効きめがありません。これには下左図のように、薬を点眼すると、瞬きによって薬が角膜の前の涙液と混ぜられ、角膜の中に入っていきます。そこから眼の中に入ります。角膜表面の上皮細胞層は、もともと角膜を外部から保護するのが役目ですから、薬は角膜上皮でせきとめられ、ごく一部が角膜に取り込まれた後、眼の中に入って効果を現



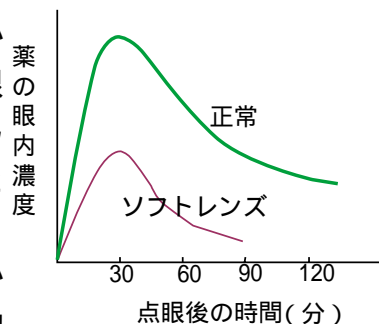
すのです。

コンタクトレンズを装用していると、知らない間に「角膜びらん」がおきていることは既にお話しました。角膜びらんとは角膜上皮細胞の一部がとれて無くなっている状態です。薬をせきとめる力がなくなり、点眼された薬が左下の右図に示すように、一度に大量に眼の中に入る可能性があります。点眼薬の濃度・点眼回数等は、角膜上皮が正常であることが前提で決められていますので、角膜びらんがあると大量の薬が眼内に入り副作用の出ることがあります。

3. コンタクトレンズ装用と点眼薬

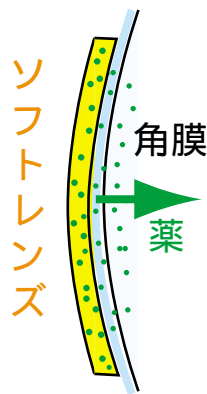
ハードレンズを装用したまま、薬を点眼すると、角膜上皮びらんがある時は大量の薬が眼に入って困ります。ソフトコンタクトレンズの場合は角膜をすっぽりと覆っているため、点眼薬をその上から点眼しても、薬が角膜に到達する前に、瞬きによって鼻の方へ流れて行き、眼の中にはほとんど入らないという事態がおきます。下図は薬を点眼してから、眼の中に入っていった薬の濃度がどう変わるかを正常の場合と比較したものです。ソ

フトレンズ上からの点眼では眼には薬がほとんど入らないことが分かります。これではせっかくの薬も全く効果が無いのも当然です。

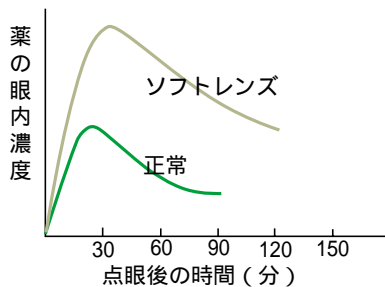


(裏へ続く)

ところが、ある種の薬の場合は点眼すると、ソフトレンズに吸着されてレンズ内の濃度が非常に高くなり、薬が涙の中から無くなった後も、レンズから薬が出てくるので、これが眼内に入り眼内濃度が非常に高くなって副作用の出ることがあります。その様子を模型にしたのが右図です。その結果、



正常の場合と比べると、薬の眼内濃度が右下図のように非常に高くなり、長い間高濃度が続くことになり、非常に危険です。



眼の中に作用することを期待する薬でなく、例えばアレルギー性結膜炎の薬は、結膜に作用することを目的にしていますから、上の話とは少し違うのではないかとと思われるかもしれませんが、確かに、結膜に作用するにはコンタクトレンズの有無とはあまり関係がないかもしれませんが、この薬がレンズに吸着したり、あるいは角膜びらんにより、大量に眼内に入られると困るのです。

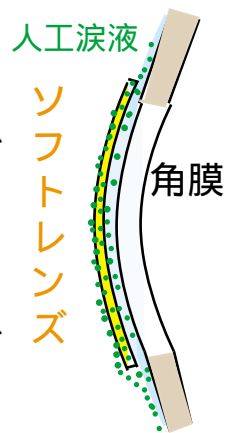
コンタクトレンズ装用中に点眼すると、薬の効果が不十分だったり、時には利きすぎたり、副作用が現れたり、その時の眼の状態によって、効果が全く予測が出来ないので大変困ります。ですから、原則として、病気の治療薬はコンタクトレンズ装用時には用いないと云うのが正しいと思います。

4. 人工涙液

「人工涙液」とは、涙の中に含まれるナトリウム、カリウム等の塩類を涙と同じ濃度にした水様液で、これに緩衝液を入れて、その酸度(pHと云います)を涙と同じく、少しアルカリ性、即ちpH 7.4 にしたものが基本になります。このほかに、少し粘度を高め

るため、高分子物質を入れたものがあります。粘度が高くなると、点眼後結膜囊の中にたまっている時間が長くなるので、効果がより長く期待できるからです。

人工涙液は右図のように、コンタクトレンズを装用中に上から点眼し、涙の中にも、レンズの中にも液体が入って行くことを期待しています。図はソフトコンタクトレンズの場合ですが、ハードレンズでは、レンズの中に液体は入りませんので、レンズ下の涙液に混入して効果を現すことを期待しています。



5. 点眼薬と防腐剤

点眼薬は通常5mlほどを点眼瓶にいれ、これから何回も点眼をします。一度蓋を開けると細菌等が薬の中に入り繁殖する可能性があります。これを防止するために、少数の例外をのぞいて、すべての点眼薬には防腐剤が微量に含まれています。防腐剤を含まないものは、注意して用い冷蔵庫に保存していても、開封後、1週間以内に細菌が繁殖すると云う研究もありますので、防腐剤は大切です。ところがこの防腐剤はソフトコンタクトレンズに吸着されることが知られています。しかし、通常の使用量と点眼回数では、吸着はわずかで、眼に悪影響はありません。しかし、希に防腐剤に敏感な人があり、角膜にびらん等をおこすことがありますので、担当医に相談しましょう。ソフトレンズも長期間用い、点眼を併用していると、防腐剤を吸着している可能性がありますので、ある程度期間がすぎれば新しいものと交換する方が安全でしょう。防腐剤を全く含まない人工涙液が発売されていますが、これは1回限りの使い捨てで、指示どおりに用いれば安全な人工涙液です。