

ABSTRACT DEUTSCH

FACHGEBIET Kontaktlinse

NAME Alina Kinder; B.Sc. (Augenoptik/Optom.)

THEMA Neue Betrachtungen zur Bedeutung der Diffusion durch den Porenraum
von weichen Kontaktlinsen

JAHR 2020

BETREUER Prof. Wolfgang Sickenberger, M.S. Optom. (USA)¹, Dr. Andreas Berke²

¹Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachgebiet: Klin. Optometrie

²Höhere Fachschule für Augenoptik Köln

ZIEL

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist der Nachweis des verlängerten Transportweges der Sauerstoffdiffusion durch weiche Kontaktlinsen, der auf einen möglichen Porenraum schließen lässt.

MATERIAL UND METHODEN

Zum Nachweis der Diffusion durch den Porenraum innerhalb einer Kontaktlinse werden drei Analysen durchgeführt. Zur Untersuchung werden eine silikonhydrogele Kontaktlinse Efofilcon A (Fa. APPENZELLER AG) und eine hydrogele Linse Filcon II 3 (Fa. APPENZELLER AG) eingeschlossen. Zusätzlich wird eine Referenzgruppe mit zwei hydrogelen Kontaktlinsen Hioxifilcon B und Acofilcon B (Fa. APPENZELLER AG) gebildet.

In der ersten Analyse wird erstmals versucht, mittels eines Vitalfärbeverfahrens (Fluoreszein, FLUO GP) Rückschlüsse auf das Diffusionsverhalten von Kontaktlinsen zu schließen. Der Vorgang der Fluoreszeindiffusion wird in einer Fotobox unter UV-Licht ausgeleuchtet und per Videodokumentation festgehalten. Die ermittelte Zeit der Fluoreszeindiffusion wird unter Zuhilfenahme

der Einstein-Smoluchowski-Beziehung ausgewertet und diskutiert.

Anschließend werden in der zweiten Analyse die verschiedenen Kontaktlinsenoberflächen mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) (SU3800, Firma HITACHI) gescannt. Die Aufnahmen der Oberfläche der silikonhydrogelen Kontaktlinse werden subjektiv-visuell mit den Aufnahmen der Linsenoberflächen aus den hydrogelen Materialien verglichen.

Bei der dritten Untersuchungsmethode wird das Gewicht der Kontaktlinsen im hydratisierten Zustand und im dehydratisierten Zustand mittels einer Mikrofeinwaage (EXPLORER, Firma OHAUS) gewogen und verglichen.

ERGEBNISSE

Statt der angenommenen Diffusionswege, die der Mittendicke der Kontaktlinsen entsprechen würden, sind 2,52-fach bis 7,33-fach längere Transportwege ermittelt worden. Unter der Annahme, dass dieser Versuch der Fluoreszeindiffusion schlüssig ist, wirkt sich die Porendiffusion bei der silikonhydrogelen Kontaktlinse ca. 6-fach stärker als angenommen aus, bei der Vergleichslinse ohne Silikon um ca. das 10-fache und bei den hydrogelen Referenzlinsen um ca. das 50-fache.

Anhand der Bilder der REM-Aufnahmen waren Öffnungen bis zu 286 nm zu erkennen. Die Poren in einem hydrogelen Material sind im Bereich von 2 bis 50 nm zu finden, weshalb diese Bilder auch mit einer Vergrößerung von 1.000x bis zu 10.000x keine Poren erkennen lassen. Die Differenz der Gewichte und die daraus ermittelten Dichten zeigen bei der silikonhydrogelen Kontaktlinse Efofilcon A einen Unterschied von 0,03 g/cm³ an. Die hydrogelen Kontaktlinsen besitzen dieselbe Dichte wie vor der Hydratation.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die getestete silikonhydrogele Kontaktlinse ermöglicht durch ihren größeren Porenraum eine schnellere Diffusion als die hydrogelen Kontaktlinsen. Öffnungen an der Oberfläche der silikonhydrogelen

Kontaktlinse können wiederum auch Porenöffnungen darstellen. Die unterschiedlichen Gewichte und die daraus ermittelten Dichtewerte der silikonhydrogelen Kontaktlinse lassen eine Hohlräumstehung nach der ersten Hydratation vermuten, da der Rohzustand wesentlich kompakter/dichter als die tatsächliche Struktur ist.

Es wird deutlich, dass die Diffusionsvorgänge durch eine hydrogele und eine silikonhydrogele Kontaktlinse nicht zu vergleichen sind. Auch die Annahme einer Diffusion in Flüssigkeiten ist nicht ausreichend, um den komplexen Prozess des Teilchentransportes zu beschreiben.

Der verlängerte Weg kann durch Porosität des Stoffes und durch Windungen der Poren gelenkt werden, was die Porendiffusion abbildet. Die unterschiedlichen Größen der Porenöffnungen und die unterschiedliche Gestaltung der Porengänge (Durchmesser) stellen den Effekt des Porenraumes dar. Zusätzlich können die gelösten Teilchen der diffundierenden Flüssigkeit den Porenraum durch Adhäsion oder auch die Kapillarwirkung verändern, was die Molekulardiffusion darstellt.

Für die Praxis bedeutet dies eine transparente Darstellung der Sauerstoffversorgung über die gesamte Linsenfläche. Im Pflegemittelbereich von weichen Kontaktlinsen bietet der komplexe

Prozess der Diffusion über Poren und molekulare Diffusion einen anschaulichen Forschungsansatz über An- und Einlagerungen an Linsenmaterialien.

SCHLÜSSELWÖRTER

Porosität, Tortuosität, Porendiffusion, Molekulardiffusion, Sauerstoffdurchlässigkeit

ABSTRACT ENGLISCH

SPECIFIC FIELD: Contact Lenses

NAME: Alina Kinder, EurOptom

MASTER THESIS: New considerations on the importance of diffusion through the pore space of soft contact lenses

YEAR 2020

SUPERVISING TUTOR: Prof. Wolfgang Sickenberger, M.S. Optom. (USA)¹, Dr. Andreas Berke²

¹Ernst-Abbe-University of Applied Sciences Jena, course of study: Optometry

²Cologne School of Optometry

PURPOSE

The aim of the present work is to prove the extended transport path of oxygen diffusion through soft contact lenses, which suggests a possible pore space.

MATERIAL AND METHODS

Three analyses are performed to detect diffusion through the pore space within a contact lens.

For the analysis a silicone hydrogel contact lens Efofilcon A (APPENZELLER AG) and a hydrogel lens Filcon II 3 (APPENZELLER AG) are included. Additionally, a reference group with two hydrogel contact lenses Hioxylcon B and Acofilcon B (APPENZELLER AG) is formed.

In the first analysis, an attempt is made for the first time to draw conclusions about the diffusion behaviour of contact lenses using a vital staining method (fluorescein, FLUO GP). The process of fluorescein diffusion is illuminated in a photo box under UV light and recorded by video documentation. The determined time of fluorescence diffusion is evaluated and discussed with the help of the Einstein-Smoluchowski relationship.

In the second analysis, the different contact lens surfaces are scanned with a scanning electron microscope (SEM) (SU3800, HITACHI). The images of the surface of the silicone hydrogel contact lens are compared subjective visual with the images of the lens surfaces made of the hydrogel materials.

In the third examination method, the weight of the contact lenses in the hydrated state and in the dehydrated state is weighed and compared with using a microfine balance (EXPLORER, OHAUS).

RESULTS

Instead of the assumed diffusion paths, which correspond to the center thickness of the contact lenses, 2.52 times to 7.33 times longer transport paths have been determined. Assuming that this attempt at fluorescein diffusion is conclusive, pore diffusion has an effect about 6 times greater than assumed for the silicone hydrogel contact lens, about 10 times greater than assumed for the reference lens without silicone and about 50 times greater than assumed for the hydrogel reference lenses.

On the basis of the images of the SEM images, openings up to 286 nm became visible. The pores in a hydrogel material range from 2 to 50 nm, which is why these images do not show any pores even with a magnification of 1,000x to 10,000x.

The difference in weight and the densities determined from this show a difference of 0.03 g/cm³ for the silicone hydrogel contact lens Efofilcon A. The hydrogel contact lenses have the same density as before hydration.

CONCLUSION

The tested silicone hydrogel contact lens allows faster diffusion than the hydrogel contact lenses due to its larger pore space. Openings on the surface of the silicone hydrogel contact lens can also be pore openings. The different weights and the resulting density values of the silicone hydrogel contact lens suggest that a cavity is formed after the first hydration, since the raw state is much more compact/dense than the actual structure.

It becomes clear that the diffusion processes through a hydrogel and silicone hydrogel contact lens cannot be compared. Also the assumption of diffusion in liquids is not sufficient to describe the complex process of particle transport.

The extended path can be directed by the porosity of the material and by coils of the pores, which reflects the pore diffusion. The different sizes of the pore openings and the different design of the pore channels (diameter) represent the effect of the pore space. In addition, the dissolved particles of the diffusing liquid can change the pore space by adhesion or capillary action, which is called the molecular diffusion.

In practice, this means a transparent representation of the oxygen supply over the entire lens

surface. In the field of soft contact lens care products, the complex process of diffusion via pore and molecular diffusion offers a clear research approach to the adsorption and absorption of lens materials.

KEY WORDS

Porosity, tortuosity, pore diffusion, molecular diffusion, oxygen permeability