

sofw journal

Home & Personal Care Ingredients & Formulations

powered by **SOFW**



Von sofortiger Hydratation zu Skin Longevity: Molekulargewichtsabhängige Effekte von Poly- γ -Glutaminsäure

E. Starace, S. Hettwer, E. Besic Gyenge,
L. Schoeffel, B. Obermayer

Von sofortiger Hydratation zu Skin Longevity: Molekulargewichtsabhängige Effekte von Poly- γ -Glutaminsäure

E. Starace, S. Hettwer, E. Besic Gyenge, L. Schoeffel, B. Obermayer

Abstract

Eine ausreichende Hautfeuchtigkeit ist essenziell für die Hautgesundheit und beeinflusst maßgeblich die Barrierefunktion, zelluläre Prozesse sowie das sichtbare Hautbild. Poly- γ -Glutaminsäure (γ -PGA), ein Biopolymer mit außergewöhnlich hoher Wasserbindekapazität, bietet neue Möglichkeiten zur effektiven Hautbefeuchtung, die über die Leistungsfähigkeit klassischer Hyaluronsäure hinausgehen.

In diesem Artikel werden zwei γ -PGA-basierte Wirkstoffe mit unterschiedlichem Molekulargewicht dargestellt: AQUARICH®-MAX, ein hochmolekularer, filmbildender Polymerwirkstoff zur sofortigen und langanhaltenden Oberflächenhydratation, sowie AQUARICH®-OLIGO, ein niedermolekulares Oligomer mit gezielter Tiefenpenetration zur Unterstützung langfristiger Skin-Longevity-Effekte.

Einführung

Die Haut ist als größtes Organ des Körpers die zentrale Schutzbarriere gegenüber der Umwelt. Diese Barrierefunktion wird hauptsächlich durch die Epidermis gewährleistet, wobei dem Stratum corneum (SC) eine Schlüsselrolle zukommt [1]. Ein Verlust an Wasser innerhalb der Haut schwächt diese Barriere erheblich und beeinträchtigt sowohl die Hydratation als auch die biologische Aktivität der Haut. Die Folge sind Zeichen beschleunigter Hautalterung, etwa verminderte Festigkeit infolge gestörter Kollagenstrukturen oder eine erhöhte Neigung zu Rötungen durch entzündliche Prozesse [2]. Kosmetische Wirkstoffe können diesen Veränderungen entgegenwirken, wobei das Molekulargewicht eine zentrale Rolle für ihre Penetration und Wirkweise spielt. Ein etabliertes Beispiel ist Hyaluronsäure: Hochmolekulare Varianten verbleiben überwiegend an der Hautoberfläche, binden dort Wasser und bilden feuchtigkeitsretentive Filme, während niedrigmolekulare Formen tiefer in die Haut eindringen und typische altersbedingte Veränderungen infolge von Feuchtigkeitsverlust adressieren [3].

Hyaluronsäure gilt seit langem als Gold-Standard zur Hautbefeuch-

tung. Ihre topische Anwendung ist jedoch mit Einschränkungen verbunden, da hohe Molekulargewichte die Penetration über das Stratum corneum hinaus limitieren und die Verweildauer auf der Haut durch Diffusion oder Abwaschung vergleichsweise kurz ist [5,6]. Diese Limitationen haben das Interesse an alternativen Biopolymeren mit optimierten physikochemischen Eigenschaften verstärkt.

Poly- γ -Glutaminsäure (γ -PGA) ist ein natürlich vorkommender, wasserlöslicher Polymer, der durch Fermentation mit *Bacillus subtilis* hergestellt wird. Bekannt aus traditionell fermentierten Sojaprodukten wie Natto oder Cheonggukjang, zeichnet sich γ -PGA durch γ -Carboxyl-Verknüpfungen aus, die eine flexible,

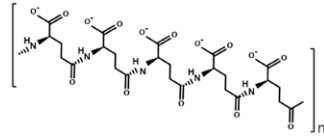
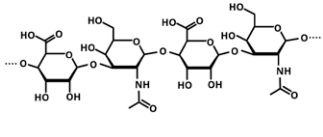
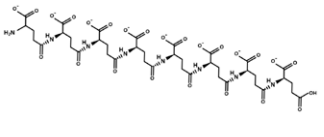
| AQUARICH®-MAX | Hyaluronsäure | AQUARICH®-OLIGO |
|---|--|---|
|  |  |  |
| Durchschnittlich 2,000 kDa | Großes Polysaccharid, erhältlich in unterschiedlichen MW | Durchschnittlich 1 kDa |
| Sehr hohe Wasserbindungskapazität (~ 70 H-Akzeptoren und -Donoren pro kDa) | Hohe Wasserbindungskapazität (~ 57 H Akzeptoren und Donoren pro kDa) | Sehr hohe Wasserbindungskapazität (~ 70 H Akzeptoren und Donoren pro kDa) |
| Hohe biologische Aktivität (präbiotisch) | Geringe biologische Aktivität | Hohe biologische Aktivität (präbiotisch) |
| Hohe Stabilität: nicht durch Hyaluronidase oder gängige Peptidasen abbaubar | Geringe Stabilität: durch Hyaluronidase abbaubar | Hohe Stabilität: nicht durch Hyaluronidase oder gängige Peptidasen abbaubar |

Tabelle 1: Vergleichstabelle von AQUARICH®-MAX, Hyaluronsäure und AQUARICH®-OLIGO.

stark anionische Polymerstruktur mit sehr hoher Wasserbindkapazität erzeugen. Diese Struktur ist gegenüber enzymatischem Abbau vergleichsweise stabil und erlaubt, abhängig vom Molekulargewicht, sowohl Filmbildung an der Hautoberfläche als auch tiefere Penetration in epidermale Hautschichten [7].

AQUARICH®-MAX und AQUARICH®-OLIGO basieren auf diesem molekulargewichtsabhängigen Wirkprinzip. AQUARICH®-MAX besitzt ein hohes durchschnittliches Molekulargewicht von etwa 2000 kDa und wirkt primär an der Hautoberfläche, wo es einen flexiblen, feuchtigkeitsretentiven Film bildet und sofortige sowie langanhaltende Hydratation liefert. AQUARICH®-OLIGO hingegen weist ein deutlich niedrigeres Molekulargewicht auf und dringt tiefer in epidermale und dermale Hautschichten ein. Dort unterstützt es die zelluläre Hydratation, verbessert Hautton und Hautgleichmäßigkeit und trägt zur Stabilisierung der Hautstruktur bei. Aufgrund seiner biologischen Aktivität eignet sich AQUARICH®-OLIGO insbesondere für Skin-Longevity-Konzepte (Tabelle 1).

Material und Methoden

Die Hautfeuchtigkeit wurde nach einmaliger Applikation einer kosmetischen Formulierung mit 0.1 % AQUARICH®-MAX bzw. 0.1 % hochmolekularer (HMW) Hyaluronsäure am Unterarm untersucht. Die Messungen erfolgten vor der Applikation sowie 30 Minuten, 1 Tag und 2 Tage danach. Die Studie wurde an einem chinesischen Probandenkollektiv durchgeführt.

Zur Bestimmung der Steigerung der endogenen Hyaluronsäureproduktion wurden normale humane dermale Fibroblasten (NHDF) unter Standardbedingungen kultiviert und 48 Stunden mit 10 ng/ml TGF β sowie mit 0.01 %, 0.02 % und 0.10 % AQUARICH®-MAX inkubiert. Die Hyaluronsäurekonzentration im Überstand wurde mittels ELISA quantifiziert.

Die Hautpenetration wurde nach topischer Applikation der Formulierungen am Unterarm eines europäischen Probandenkollektivs untersucht. Die Messungen erfolgten 30 Minuten nach Applikation.

Die Reduktion sichtbarer und roter Flecken wurde nach zweimal täglicher Anwendung von Placebo, 0,1 % AQUARICH®-OLIGO und 0,1 % Hyaluronsäure mit einem Molekulargewicht von 50 kDa im Gesicht über einen Zeitraum von 28 Tagen untersucht. Die Bewertungen wurden vor Behandlungsbeginn sowie nach 14 und 28 Tagen an einem europäischen Probandenpanel durchgeführt.

Die Sichtbarkeit von Poren wurde unter Verwendung desselben Anwendungs- und Konzentrationsschemas wie für die Reduktion sichtbarer und roter Flecken be-

urteilt. Die Studie umfasste die zweimal tägliche Anwendung im Gesicht über 28 Tage, mit Messungen zu Studienbeginn, an Tag 14 und an Tag 28 an einem europäischen Probandenpanel.

Verbesserungen der dermalen Parameter wurden durch eine zweimal tägliche Anwendung der kosmetischen Formulierung im Gesicht über einen Zeitraum von 28 Tagen untersucht. Die Beurteilungen wurden vor der Behandlung sowie nach 14 und 28 Tagen an einem europäischen Probandenpanel durchgeführt.

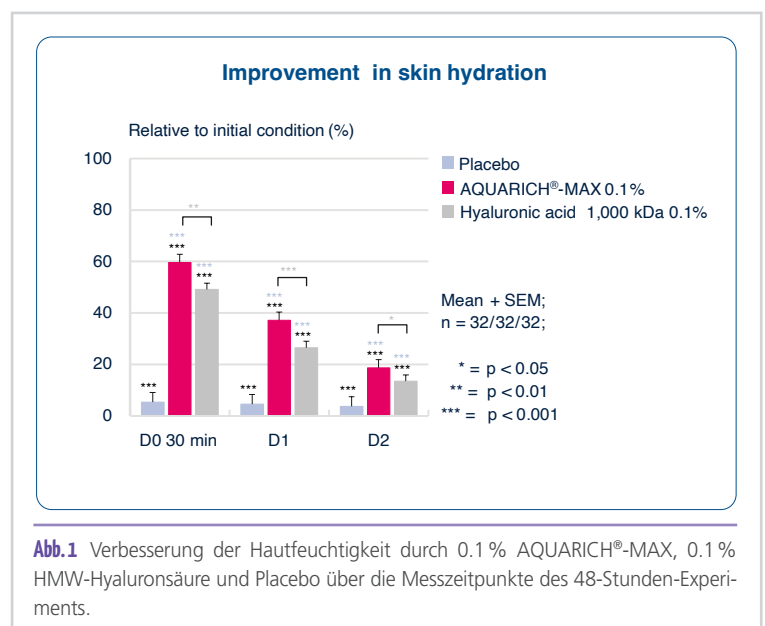
Ergebnisse

AQUARICH®-MAX erhöhte bereits nach einer einmaligen Anwendung den Feuchtigkeitsgehalt der Haut deutlich. Dreißig Minuten nach der Applikation lag der Hydratationswert um 59.6 % über dem Ausgangsniveau. Dieser Anstieg war signifikant höher als die Reaktionen, die mit Placebo oder hochmolekularer Hyaluronsäure beobachtet wurden.

Die hydratisierende Wirkung zeigte zudem eine hohe Beständigkeit über Zeit. Ein messbarer Effekt war noch nach 24 und 48 Stunden vorhanden, was auf ein langanhaltendes Feuchtigkeitsprofil hinweist.

Abbildung 1 zeigt die starke und nachhaltige Verbesserung im Vergleich zu Placebo und HMW-Hyaluronsäure und unterstreicht die wasserbindenden Eigenschaften von AQUARICH®-MAX.

Um weiter zu untersuchen, ob diese Hydratationsleistung durch eine biologische Aktivität auf zellulärer Ebene gestützt wird, wurde der Effekt von AQUARICH®-MAX auf die endogene Hyaluronsäuresynthese *in-vitro* bewertet.



In-vitro-Tests mit NHDF-Zellen zeigten, dass AQUARICH®-MAX die endogene Hyaluronsäureproduktion signifikant stimulierte. Bei der höchsten getesteten Konzentration (0,1%) stieg der Hyaluronsäurespiegel um bis zu 101% im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle. Dieser Effekt übertraf deutlich die Reaktion, die durch 10 ng/mL TGF β induziert wurde. TGF β diente als positive Referenz, da es ein Schlüsselfaktor bei der Regulation der Fibroblastendifferenzierung ist und sich als fähig erwiesen hat, matrixgebundene HA zu produzieren [8]. Das untenstehende Balkendiagramm (Abbildung 2) zeigt zudem eine klare dosisabhängige Wirkung von AQUARICH®-MAX.

Alle drei getesteten Formulierungen, AQUARICH®-OLIGO, AQUARICH®-MAX und Hyaluronsäure 50 kDa, wurden mittels Raman-Spektroskopie bei derselben Konzentration von 0.1% auf ihre Hautpenetration untersucht (Abbildung 3). Es wurde eine hohe Signalintensität im Stratum corneum detektiert, was ein typisches Profil für hochmolekulare kosmetische Substanzen widerspiegelt und die Eigenschaften von AQUARICH®-MAX, AQUARICH®-OLIGO und Hyaluronsäure als oberflächenwirksame Feuchtigkeitsspender und Filmbildner bestätigt.

Aufgrund seines niedrigen Molekulargewichts zeigte AQUARICH®-OLIGO die größte Penetrationstiefe und übertraf Hyaluronsäure um 26%. Es drang bis zum Stratum granulosum vor und wies nach 30 Minuten die höchste Raman-Signalintensität in den tieferen epidermalen Schichten des Stratum spinosum auf.

Das Penetrationsprofil bestätigt, dass die Molekülgröße ein entscheidender Faktor für die epidermale Verteilung ist, wobei AQUARICH®-OLIGO sowohl AQUARICH®-MAX als auch die 50 kDa Hyaluronsäure übertrifft.

Auf Basis seines Penetrationsprofils wurde AQUARICH®-OLIGO weiter hinsichtlich seiner Wirksamkeit zur Verbesserung des Hautbildes und der Tonuniformität untersucht, um seine Positionierung als nieder-molekulares Longevity-Inhaltsstoff zu untermauern.

Eine zweimal tägliche Anwendung von AQUARICH®-OLIGO im Gesicht über 28 Tage führte zu einer Reduktion der sichtbaren Flecken um 4.5% und der roten Flecken um 11.9% im Vergleich zum Ausgangswert. Weder Placebo noch die Hyaluronsäure erzielten einen vergleichbaren Effekt. AQUARICH®-OLIGO zeigte signifikante Verbesserungen bei der Reduktion sichtbarer Flecken im Vergleich zu Aus-

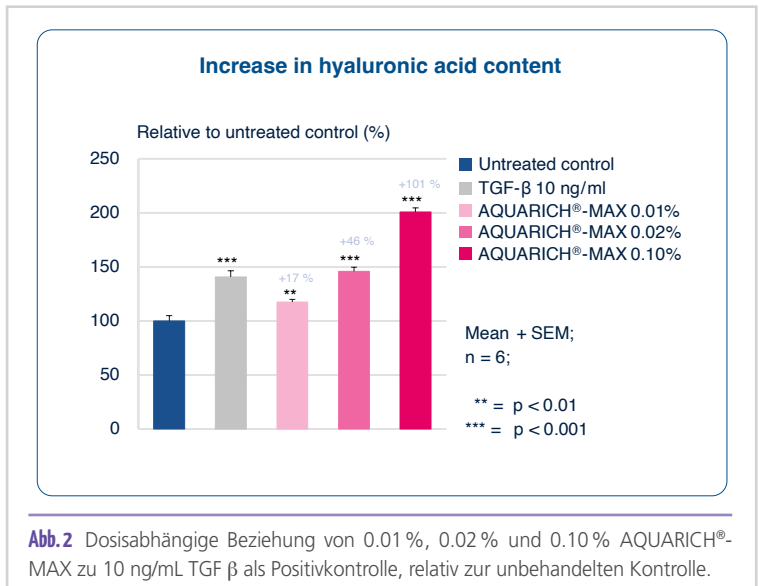


Abb. 2 Dosisabhängige Beziehung von 0.01%, 0.02% und 0.10% AQUARICH®-MAX zu 10 ng/mL TGF β als Positivkontrolle, relativ zur unbehandelten Kontrolle.

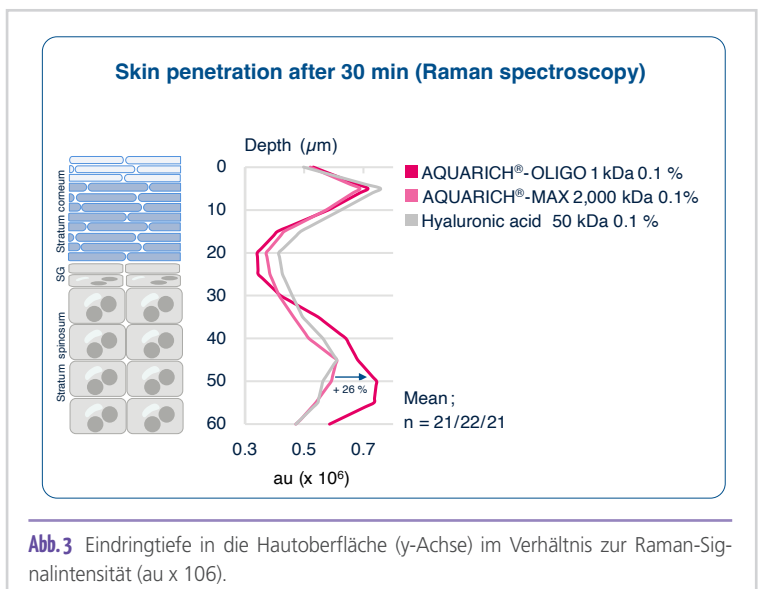


Abb. 3 Eindringtiefe in die Hautoberfläche (y-Achse) im Verhältnis zur Raman-Signalintensität (au x 10⁶).

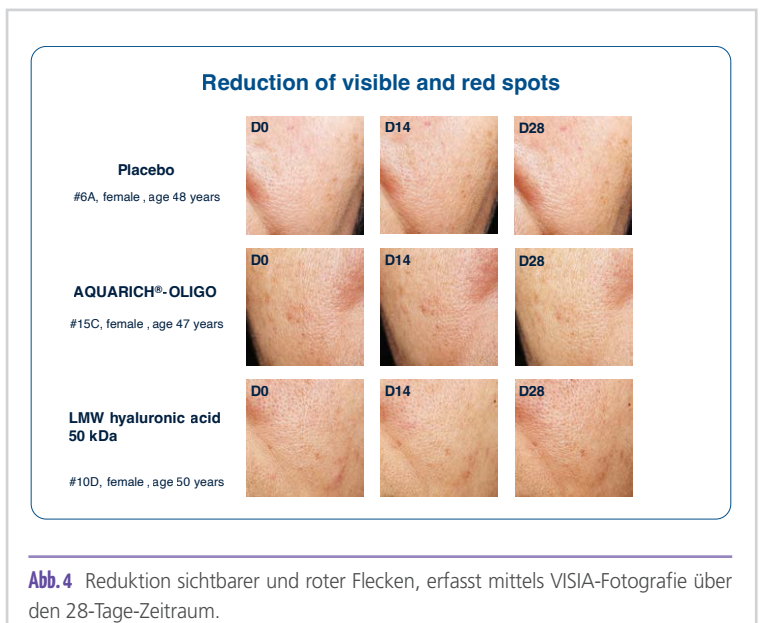


Abb. 4 Reduktion sichtbarer und roter Flecken, erfasst mittels VISIA-Fotografie über den 28-Tage-Zeitraum.

gangswert, Placebo und Hyaluronsäure. Zusätzlich wurde eine signifikante Verringerung der Anzahl roter Flecken im Vergleich zu Ausgangswert und Placebo beobachtet. Repräsentative Vorher-/Nachher-Bilder zeigen deutlich die Angleichung des Hauttons und die Reduktion lokalisierter Rötungen (**Abbildung 4**).

Neben den Verbesserungen der Hauttonhomogenität wurden Veränderungen der Hautoberflächenmorphologie untersucht, mit Fokus auf die Sichtbarkeit der Poren.

AQUARICH®-OLIGO in einer Konzentration von 0.1 % reduzierte die Sichtbarkeit der Poren über den 28-tägigen Behandlungszeitraum signifikant, wobei die Verbesserung bereits ab Tag 14 erkennbar war. Zu beiden Zeitpunkten war AQUARICH®-OLIGO dem Placebo und der Referenz mit 50 kDa Hyaluronsäure überlegen. Letztere zeigte an Tag 14 eine Zunahme der Porensichtbarkeit um 17.6 % und blieb auch an Tag 28 über dem Ausgangswert. Die Bildanalyse bestätigte nach 28 Tagen eine Reduktion um etwa 6 % im Vergleich zum Ausgangswert, während bei Placebo nur minimale Schwankungen auftraten.

Das Balkendiagramm (**Abbildung 5**) verdeutlicht diese Unterschiede und hebt die konsistente Reduktion der Poren durch AQUARICH®-OLIGO an Tag 14 und Tag 28 hervor, im Gegensatz zum anhaltenden Anstieg bei der Hyaluronsäure-Referenz und den vernachlässigbaren Veränderungen mit Placebo.

Die fotografische Dokumentation (**Abbildung 6**) untermauert diese instrumentellen Ergebnisse. AQUARICH®-OLIGO zeigt eine sichtbare Verfeinerung der Hautoberflächenstruktur von T0 bis T28 mit zunehmend weniger ausgeprägten Porenöffnungen. Im Vergleich dazu zeigen die Placebo-Bilder nur minimale Veränderungen, während die Hyaluronsäure-Referenz über den gesamten Studienzeitraum eine Zunahme der Porensichtbarkeit aufweist.

Schließlich wurde zur Beurteilung, ob diese sichtbaren Verbesserungen von strukturellen Veränderungen in der Dermis begleitet werden, die Dicke des subepidermalen Low-Echogenicity-Bandes (SLEB) und die Dermisdichte mittels Ultraschallbildgebung bewertet (**Abbildung 7**).

Nach 28 Tagen reduzierte AQUARICH®-OLIGO die Dicke des subepidermalen Low-Echogenicity-Bandes (SLEB) um 12.5 %, und die gesamte Dermisdichte stieg im Vergleich zur Ausgangssituation um 25.7 %. Beide Parameter zeigten nach dem 28-tägigen

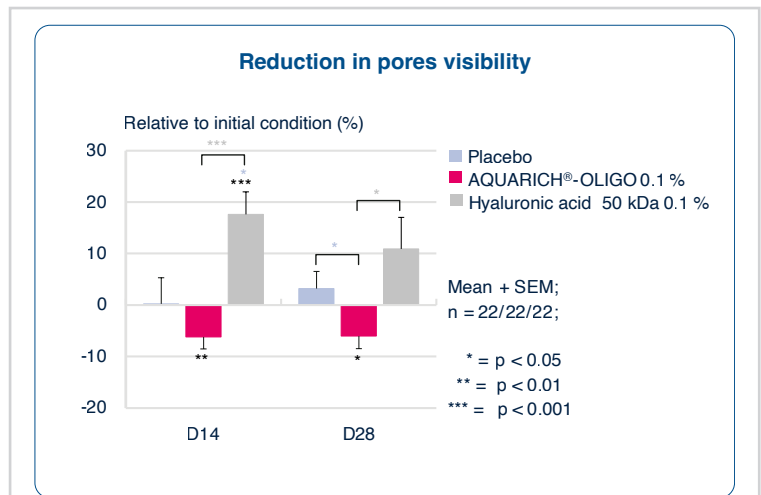


Abb. 5 Reduktion der sichtbaren Porenfläche durch 0.1 % AQUARICH®-OLIGO, 0.1 % LMW-Hyaluronsäure und Placebo an T14 und T28.

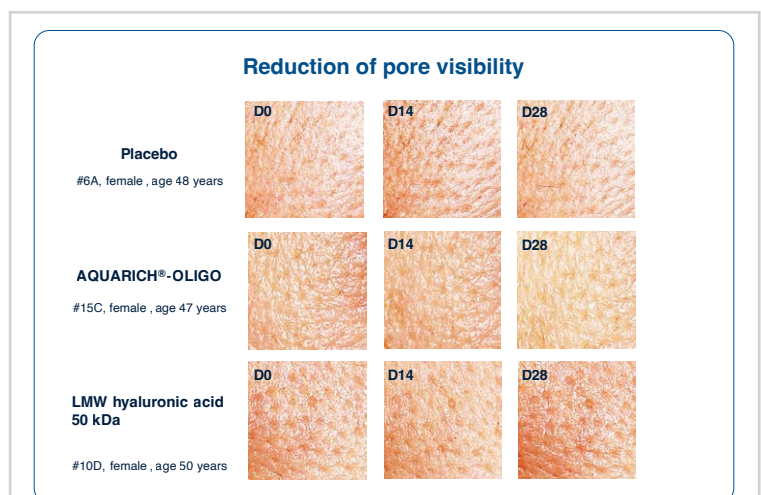


Abb. 6 Fotografische Dokumentation der Porensichtbarkeit mit 0.1 % AQUARICH®-OLIGO, 0.1 % LMW-Hyaluronsäure und Placebo an T14 und T28.

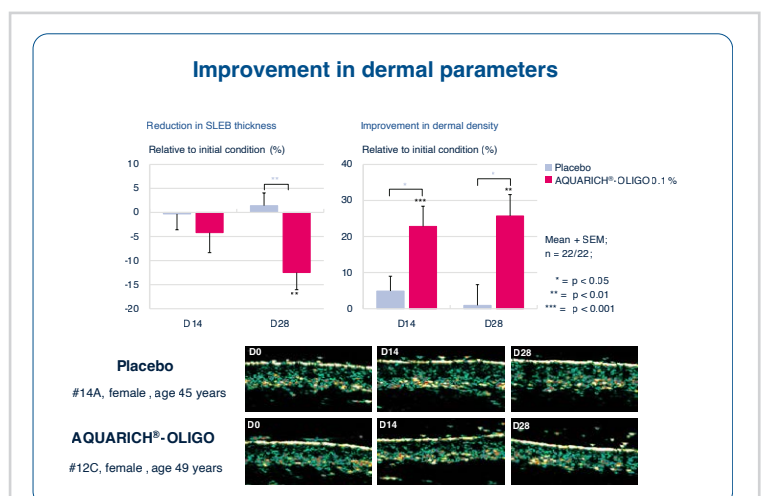


Abb. 7 Messungen des dermalen Kollagens mittels Ultraschallbildgebung von 0.1 % AQUARICH®-OLIGO im Vergleich zu Placebo relativ zur Ausgangssituation sowie SLEB-Band der getesteten Formulierungen.

gen Zeitraum signifikante Unterschiede zur Placebogruppe. Ultraschallbilder veranschaulichen die progressive Zunahme der Echogenität in der Dermis unter AQUARICH®-OLIGO über den 28-Tage-Zeitraum.

Diskussion

Die Ergebnisse verdeutlichen die multifunktionale Leistungsfähigkeit von AQUARICH®-MAX und AQUARICH®-OLIGO über verschiedene komplementäre Hautparameter hinweg. AQUARICH®-MAX zeigte bereits nach einer einmaligen Anwendung eine schnelle und zugleich anhaltende Erhöhung des Hautfeuchtigkeitsgehalts, was seine ausgeprägte Wasserbindungs- und Wasserretentionsfähigkeit widerspiegelt. Im Vergleich zu hochmolekularer Hyaluronsäure fiel dieser Effekt deutlich stärker aus und spricht für eine effizientere Unterstützung des Feuchtigkeitshaushalts der Haut. Die über einen Zeitraum von bis zu 48 Stunden nachweisbare Wirkung deutet darauf hin, dass hochmolekulares- γ -PGA effektiv mit der Matrix des Stratum corneum interagiert und so zu einem stabileren Hydrationszustand beiträgt.

Diese Interpretation wird durch die *in-vitro* erhobenen Daten zusätzlich gestützt. AQUARICH®-MAX stimulierte die endogene Hyaluronsäuresynthese in dermalen Fibroblasten signifikant. Die Zunahme um bis zu 101 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle sowie der ausgeprägtere Effekt im Vergleich zur TGF- β -Referenz weisen darauf hin, dass AQUARICH®-MAX gezielt dermale Signalwege aktiviert, die an der Regulation der Hautfeuchtigkeit beteiligt sind. Zusammengenommen sprechen die *in-vivo* und *in-vitro* Ergebnisse für einen dualen Wirkmechanismus, der sowohl eine unmittelbare und langanhaltende Feuchtigkeitsbindung an der Hautoberfläche als auch eine verstärkte intrinsische Befeuchtung durch erhöhte Hyaluronsäureproduktion einschließt.

Die Ergebnisse der Penetrationsstudie liefern weitere mechanistische Einblicke. Aufgrund seines geringeren Molekulargewichts erreichte AQUARICH®-OLIGO tiefere epidermale Schichten und drang bis in das *Stratum granulosum* vor. Im direkten Vergleich zeigte es eine effektivere Penetration als sowohl LMW Hyaluronsäure als auch AQUARICH®-MAX. Dieses Verteilungsprofil steht im Einklang mit den *in-vivo* beobachteten funktionellen Vorteilen, insbesondere im Hinblick auf die Reduktion sichtbarer und roter Flecken, die Verringerung der Porensichtbarkeit sowie die Veränderungen dermalen Parameter.

Die unter AQUARICH®-OLIGO beobachtete Abnahme der Porensichtbarkeit lässt sich im Vergleich zu konventioneller Hyaluronsäure durch Unterschiede in der Tiefe der Hydratation und der resultierenden Gewebereaktion erklären. Hyaluronsäure wirkt überwiegend im *Stratum corneum*, wo sie durch Was-

serbindung eine Quellung der Epidermis und eine oberflächliche Aufpolsterung bewirkt. Dadurch verstärkt sich der Höhenunterschied zwischen Porenöffnungen und umgebendem Gewebe, was Poren optisch größer erscheinen lassen kann. Dieser Mechanismus steht im Einklang mit der in der klinischen Studie beobachteten Zunahme der Porensichtbarkeit für die Hyaluronsäure Referenz.

AQUARICH®-OLIGO hingegen unterstützt eine tiefere Hydratation und fördert kollagenassoziierte Prozesse in der Dermis. Dies führt zu einem gleichmäßigeren Feuchtigkeitsprofil über epidermale und dermale Schichten hinweg. Die daraus resultierende dermale Aufpolsterung und verbesserte Gewebespannung tragen dazu bei, die Hautoberfläche zwischen den Poren auszugleichen, ohne die Porenöffnungen hervorzuheben. In der Folge erscheinen Poren kleiner und weniger ausgeprägt. Die früh einsetzende und über den Studienzeitraum anhaltende Reduktion der Porensichtbarkeit, die sowohl instrumentell als auch fotografisch erfasst wurde, ist mit diesem tiefenabhängigen Wirkprinzip konsistent.

Die mittels Ultraschall beobachteten Veränderungen der dermalen Struktur untermauern diese Zusammenhänge weiter. Die Abnahme der Dicke des subepidermalen Low-Echogenity-Bandes (SLEB) sowie die Zunahme der Dermisdichte sprechen für eine verbesserte dermale Organisation, die eine stabilere mechanische Unterstützung der Epidermis ermöglicht.

In der Gesamtbetrachtung lässt sich AQUARICH®-MAX also als hydrationsfokussierter Wirkstoff einordnen, der sowohl kurzfristige als auch langanhaltende Effekte auf den Hautfeuchtigkeitsgehalt vermittelt. Die rasche Erhöhung der Hautfeuchtigkeit, kombiniert mit der Persistenz des Effekts und der Stimulation der endogenen Hyaluronsäuresynthese, unterstreicht seine Rolle bei der Unterstützung sowohl der oberflächlichen Wasserretention als auch der intrinsischen Feuchtigkeitsregulation.

AQUARICH®-OLIGO adressiert hingegen primär die Hautqualität und Resilienz. Seine Fähigkeit, in epidermale Schichten einzudringen, spiegelt sich in progressiven, strukturellen Verbesserungen wider, die sich in einer gleichmäßigeren Hauttönung, einer reduzierten Porensichtbarkeit sowie in Veränderungen der dermalen Architektur äußern. Die Zunahme der Dermisdichte und die Verringerung der SLEB Dicke deuten zudem auf eine längerfristige Unterstützung der Hautstruktur hin.

Zusammen bilden AQUARICH®-MAX und AQUARICH®-OLIGO ein komplementäres Wirkstoffkonzept, das unmittelbare Feuchtigkeitsversorgung mit langfristigen strukturellen Hautverbesserungen verbindet und sowohl kurzfristige sensorische Effekte als auch nachhaltige Aspekte der Hautgesundheit in modernen kosmetischen Formulierungen adressiert.

Referenzen:

- [1] *Tončić RJ, Kezić S, Hadžavdić SL, Marinović B.* Skin barrier and dry skin in the mature patient. *Clin Dermatol* 2018, 36: 109-115.
- [2] *Verdier-Sévrain S, Bonté F.* Skin hydration: a review on its molecular mechanisms. *Journal of Cosmetic Dermatology* 2007, 6: 75-82.
- [3] *Giardina S.* Skin Penetration Ability of 12 Hyaluronic Acids with Different Molecular Weights After Topical Application. *JOJ Dermatology & Cosmetics* 2023, 5.
- [4] *Lubart R, Yariv I, Fixler D, Lipovsky A.* Topical Hyaluronic Acid Facial Cream with New Micronized Molecule Technology Effectively Penetrates and Improves Facial Skin Quality: Results from In-vitro, Ex-vivo, and In-vivo (Open-label) Studies. *J Clin Aesthet Dermatol* 2019, 12: 39-44.
- [5] *Zanchetta C, Scandolera A, Reynaud R.* Hyaluronic Acid in Topical Applications: The Various Forms and Biological Effects of a Hero Molecule in the Cosmetics Industry. *Biomolecules* 2025, 15.
- [6] *Karabat MU, Tuncer MC.* Effects of hyaluronic acid on skin at the cellular level: a systematic review. *Rev Assoc Med Bras (1992)* 2025, 71: e20250208.
- [7] *Ko HJ, Park S, Shin E, Kim J, Lee GS, Lee YJ, et al.* Poly-γ-Glutamic Acid from a Novel *Bacillus subtilis* Strain: Strengthening the Skin Barrier and Improving Moisture Retention in Keratinocytes and a Reconstructed Skin Model. *Int J Mol Sci* 2025, 26.
- [8] *Sapudom J, Müller CD, Nguyen KT, Martin S, Anderegg U, Pompe T.* Matrix Remodeling and Hyaluronan Production by Myofibroblasts and Cancer-Associated Fibroblasts in 3D Collagen Matrices. *Gels* 2020, 6.

RAHN-Cosmetic Actives – unveiling the secrets of beauty

Autoren

Elisa Starace, Dr. Stefan Hettwer, Dr. Emina Besic Gyenge,

Loya Schoeffel, Barbara Obermayer

RAHN-Cosmetic Actives, RAHN AG | Zürich | Schweiz

Korrespondenzautorin: Elisa Starace | elisa.starace@rahn-group.com