

Chirurgie ist systemisch

Warum Mikronährstoffstatus, Redox-Gleichgewicht und Mikrozirkulation die Heilungsergebnisse ebenso bestimmen können wie die chirurgische Technik

Erkenntnisse aus der Osseointegration dentaler Implantate

Von Richard Z. Cheng, MD, PhD

Chefredakteur, Orthomolecular Medicine News Service (OMNS)

Zusammenfassung (Abstract)

Weltweit werden jährlich Millionen chirurgischer Eingriffe durchgeführt. Treten Komplikationen oder verzögerte Wundheilung auf, werden diese typischerweise auf Infektionen, das Patientenalter oder technische Faktoren zurückgeführt. Dabei stellt Chirurgie grundsätzlich eine kontrollierte biologische Gewebsverletzung dar. Die Erholung hängt nicht allein von der chirurgischen Technik ab, sondern ebenso vom systemischen biochemischen Terrain des Patienten – einschließlich Redox-Gleichgewicht, Mikronährstoffstatus, Endothelfunktion, metabolischer Kontrolle und Gerinnungsphysiologie.

Die Osseointegration dentaler Implantate stellt ein besonders anschauliches Modell dieses Prinzips dar. Integrationsmisserfolge spiegeln neben mechanischen Aspekten häufig eine beeinträchtigte Knochenbiologie wider. Dieser Artikel beleuchtet zentrale orthomolekulare Determinanten der chirurgischen Wundheilung und schlägt ein systembasiertes Konzept zur prä- und postoperativen Optimierung vor.

Die übersehene Variable in der Chirurgie

Ein chirurgischer Eingriff löst folgende Prozesse aus:

- Akuter oxidativer Burst
- Aktivierung der Entzündungskaskade
- Aktivierung der Gerinnungskaskade
- Endotheliale Perturbation
- Remodeling der Kollagenmatrix
- Erhöhter mitochondrialer ATP-Bedarf

Wundheilung ist demnach ein redoxregulierter, mikronährstoffabhängiger biologischer Prozess – nicht lediglich ein technisches Ereignis.

Übermäßiger oxidativer Stress beeinträchtigt die Fibroblastenfunktion, die Kollagenablagerung, die Angiogenese und die Osteoblastenaktivität [1, 2]. Gleichzeitig ist physiologische Redox-Signalgebung für die Gewebereparatur unverzichtbar. Die entscheidende Frage lautet, ob der Patient über eine ausreichende Reduktionskapazität verfügt, um die oxidative Belastung zu bewältigen.

Ein weitverbreitetes Terrain-Problem

Systemische Insuffizienzen sind häufig:

Vitamin-D-Insuffizienz (üblicherweise definiert als Serum-25(OH)D <30 ng/ml) betrifft schätzungsweise 50–80 % der Erwachsenen weltweit [3]. Mehrere Autoren haben jedoch vorgeschlagen, dass optimale physiologische Spiegel für die Immun- und muskuloskelettale Gesundheit im Bereich von 40–60 ng/ml oder höher liegen könnten [4–6]. Bei Anwendung solcher „optimalen“ Schwellenwerte kann der Anteil Erwachsener mit suboptimalem Vitamin-D-Status in manchen Populationen 80–90 % erreichen.

Die Magnesiumzufuhr liegt in einem großen Anteil westlicher Bevölkerungen unterhalb der empfohlenen Werte [7].

Über ein Drittel der Erwachsenen weist einen Prädiabetes oder manifesten Diabetes mellitus auf – Zustände, die bekanntermaßen die Wundheilung beeinträchtigen [8].

Frühe Verlustquoten dentaler Implantate werden je nach patientenseitigen Risikofaktoren typischerweise mit 2–10 % angegeben [9]. Viele dieser Misserfolge treten in Abwesenheit eines offensichtlichen technischen Fehlers auf.

Diese Zahlen legen nahe, dass die chirurgische Biologie – nicht allein die chirurgische Technik – einer genaueren Betrachtung bedarf.

Was die orthomolekulare Medizin zur Chirurgie beiträgt

Die orthomolekulare Medizin konzentriert sich auf die Wiederherstellung optimaler Konzentrationen von Substanzen, die natürlicherweise im Körper vorkommen. Chirurgische Verletzungen erhöhen den metabolischen Bedarf an:

- Antioxidantien
- Kollagen-Kofaktoren
- Regulatoren des Knochenremodelings
- Mitochondrialen Nährstoffen

„Normaler Laborbereich“ entspricht nicht zwangsläufig einer optimalen Heilungsphysiologie. Chirurgischer Stress kann subklinische Insuffizienzen demaskieren.

Vitamin C: Kollagen und strukturelle Integrität

Vitamin C ist erforderlich für:

- Hydroxylierung von Prolin und Lysin
- Stabilisierung der Kollagen-Quervernetzungen
- Endotheliale Integrität
- Osteoblastendifferenzierung

Ein Mangel beeinträchtigt die Wundheilung und erhöht das Blutungsrisiko [10–13].

Bei der Knochenreparatur und der Osseointegration von Implantaten geht die Bildung des Kollagengerüsts der Mineralisation voraus. Ohne ausreichendes Ascorbat ist dieses Gerüst strukturell kompromittiert. Klinische Daten deuten darauf hin, dass eine Vitamin-C-Supplementierung die Knochenheilung unterstützen und den postoperativen oxidativen Stress reduzieren kann [14].

Vitamin D: Osteoimmunologie und Integration

Vitamin D reguliert:

- Osteoblastendifferenzierung
- Osteoklastensignalisierung
- Produktion antimikrobieller Peptide
- Immunmodulation

Niedrige Serum-Vitamin-D-Spiegel wurden mit einem erhöhten Risiko für frühes Implantatversagen assoziiert [15, 16].

Das Knochenremodeling ist hormonell und immunologisch reguliert. Vitamin-D-Insuffizienz stört das RANKL/OPG-Gleichgewicht und verzögert die Reifung der Knochenmatrix.

Magnesium und Vitamin K2: Mineralisierungsqualität

Knochen ist nicht lediglich Kalziumablagerung. Er erfordert:

- Magnesiumabhängiges ATP für die Osteoblastenaktivität
- Vitamin-K-abhängige Aktivierung von Osteocalcin und Matrix-Gla-Protein

Die Magnesiumzufuhr ist in einem erheblichen Anteil der Bevölkerung suboptimal. NHANES-Daten zeigen, dass annähernd die Hälfte der Amerikaner weniger als die erforderliche Magnesiummenge über die Nahrung aufnimmt, wobei die durchschnittliche Zufuhr bei Frauen etwa 68 % der empfohlenen Tagesdosis (RDA) beträgt [17]. Umfassendere NHANES-Analysen belegen zudem eine weit verbreitete Unterversorgung mit für die Immun- und Bindegewebsintegrität essenziellen Nährstoffen, darunter die Vitamine D, C, E, A und Zink [18].

Subklinische Magnesiumdepletion, abgebildet durch höhere Magnesium-Depletion-Scores, wurde mit einem erhöhten Risiko für metabolische und skelettale Dysfunktion assoziiert [7]. Magnesiummangel beeinträchtigt die Knochenkristallbildung und fördert inflammatorische Signalgebung [19]. Vitamin-K-abhängige Proteine steuern die regelrechte Mineralisation und wirken einer dysregulierten Kalzifizierung entgegen [20].

Glukose, Insulinresistenz und Kollagenschädigung

Hyperglykämie beeinträchtigt die Neutrophilenfunktion, die Kollagenablagerung und die Angiogenese. Advanced Glycation End-Products (AGEs) versteifen Kollagenmatrizes und interferieren mit dem normalen Remodeling [21, 22]. Selbst eine milde Insulinresistenz wurde mit verzögerter Wundreparatur und beeinträchtigter mikrovaskulärer Funktion assoziiert [23]. Die perioperative Optimierung der Blutzuckerkontrolle ist daher ein systemisches und nicht lediglich endokrinologisches Anliegen.

Neuere Evidenz deutet darauf hin, dass Ernährungsmuster, die die glykämische Variabilität und Insulinresistenz reduzieren, den inflammatorischen Grundton und die Endothelfunktion günstig beeinflussen können [24, 25]. Kohlenhydratreduzierte Ernährungsansätze verbessern nachweislich die postprandiale Glykämie, die Insulinsensitivität und Marker der systemischen Inflammation [26]. Aus systemischer Perspektive kann die perioperative metabolische Stabilisierung ebenso bedeutsam sein wie die Mikronährstoffsuffizienz.

Endothelfunktion und Mikrozirkulation

Wundheilung erfordert:

- Sauerstoffversorgung
- Kapillarperfusion
- Stickstoffmonoxid (NO)-Signalgebung

Endotheliale Dysfunktion beeinträchtigt die Angiogenese und verzögert die Gewebereparatur [27].

Chronisch inflammatorische Zustände sind mit Hyperkoagulabilität und mikrozirkulatorischen Störungen assoziiert [28]. Eine beeinträchtigte Mikroperfusion kann chirurgische Areale kompromittieren, einschließlich dentaler Implantatlager.

Dentale Implantate: Ein anschauliches Modell der Systembiologie

Osseointegration erfordert:

- Bildung eines Kollagengerüsts
- Osteoblastenaktivierung
- Kontrollierte inflammatorische Signalgebung
- Adäquate mikrovaskuläre Perfusion
- Ausgewogene Mineralablagerung

Jeder dieser Prozesse unterliegt einer systemischen Regulation.

Implantatversagen, verzögerte Knochenheilung, Alveolitis sicca (trockene Alveole) oder Transplantatversagen können in manchen Fällen neben technischen Faktoren eine systemische biologische Insuffizienz widerspiegeln. Der Integrationserfolg korreliert mit dem metabolischen Status, dem Rauchverhalten, der Diabeteskontrolle und dem Vitamin-D-Status [9, 15, 16].

Die Zahnmedizin liefert ein messbares Modell eines übergeordneten chirurgischen Prinzips: Das Terrain beeinflusst das Ergebnis.

Ein orthomolekulares Konzept zur chirurgischen Optimierung

Präoperativ (2–4 Wochen, sofern realisierbar)

- Bestimmung des Vitamin-D-Status

- Optimierung der Blutzuckerkontrolle
- Auffüllung von Vitamin C (fraktionierte Dosierung)
- Sicherstellung einer adäquaten Magnesium- und Vitamin-K-Zufuhr
- Raucherentwöhnung und Reduktion hochverarbeiteter Lebensmittel
- Unterstützung der Endothelgesundheit

Postoperativ (2–6 Wochen)

- Aufrechterhaltung der Antioxidantiensuffizienz
- Unterstützung der Kollagensynthese
- Sicherstellung einer adäquaten Proteinzufuhr
- Überwachung der Blutzuckerkontrolle
- Unterstützung der mikrozirkulatorischen Funktion

Dieses Konzept ersetzt nicht die chirurgische Technik. Es optimiert die biologische Umgebung, in der diese Technik wirkt.

Auf dem Weg zu einem systembasierten chirurgischen Paradigma

Die moderne Medizin trennt Fachgebiete: Chirurgen operieren; Internisten behandeln den Stoffwechsel. Die Biologie kennt diese Grenzen jedoch nicht.

Wenn Heilung biochemisch ist, dann sind chirurgische Ergebnisse grundsätzlich systemisch bedingt.

Die dentale Implantologie zeigt, dass Osseointegration nicht lediglich eine „Hardware-Frage“ ist – sie ist ein Ergebnis lebendiger Knochenbiologie.

Die Zukunft der biologischen Zahnmedizin – und der Chirurgie im weiteren Sinne – liegt in der systemischen Terrain-Optimierung.

Die in diesem Artikel erörterten Konzepte werden auch auf dem **2026 International Circle for Biological Implantology (ICBI) Global Congress** vorgestellt, der vom 21. bis 24. Oktober 2026 in Zürich, Schweiz, stattfindet (<https://icbi-foundation.org>).

Literatur

- [1] Sen, C.K. Wound Healing Essentials: Let There Be Oxygen. Wound Repair Regen 2009, 17(1), 1–18. DOI: 10.1111/j.1524-475X.2008.00436.x
- [2] Cano Sanchez, M.; Lancel, S.; Boulanger, E.; et al. Targeting Oxidative Stress and Mitochondrial Dysfunction in the Treatment of Impaired Wound Healing: A Systematic Review. Antioxidants (Basel) 2018, 7(8), 98. DOI: 10.3390/antiox7080098
- [3] Dunlop, E.; Pham, N.M.; Van Hoang, D.; et al. A Systematic Review and Meta-Analysis of Circulating 25-Hydroxyvitamin D Concentration and Vitamin D Status Worldwide. J Public Health (Oxf) 2025, 47(4), e520–e529. DOI: 10.1093/pubmed/fdafo80
- [4] Holick, M.F. Vitamin D Deficiency. N Engl J Med 2007, 357(3), 266–281. DOI: 10.1056/NEJMra070553

- [5] McDonnell, S.L.; Baggerly, C.; French, C.B.; et al. Serum 25-Hydroxyvitamin D Concentrations ≥ 40 ng/ml Are Associated with >65% Lower Cancer Risk. *PLoS One* 2016, 11(4), e0152441. DOI: 10.1371/journal.pone.0152441
- [6] Grant, W.B.; Wimalawansa, S.J.; Pludowski, P.; et al. Vitamin D: Evidence-Based Health Benefits and Recommendations for Population Guidelines. *Nutrients* 2025, 17(2), 277. DOI: 10.3390/nu17020277
- [7] Costello, R.B.; Fan, Z.; Wallace, T.C. Magnesium Depletion Score as an Indicator of Health Risk and Nutritional Status – A Scoping Review. *Nutrients* 2025, 17(20), 3286. DOI: 10.3390/nu17203286
- [8] NIDDK Diabetes Statistics – NIDDK. Verfügbar online: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/health-statistics/diabetes-statistics> (Zugriff 3. März 2026).
- [9] Chrcanovic, B.R.; Albrektsson, T.; Wennerberg, A. Reasons for Failures of Oral Implants. *J Oral Rehabil* 2014, 41(6), 443–476. DOI: 10.1111/joor.12157
- [10] Levine, M.; Conry-Cantilena, C.; Wang, Y.; et al. Vitamin C Pharmacokinetics in Healthy Volunteers: Evidence for a Recommended Dietary Allowance. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1996, 93(8), 3704–3709. DOI: 10.1073/pnas.93.8.3704
- [11] Pullar, J.M.; Carr, A.C.; Vissers, M.C.M. The Roles of Vitamin C in Skin Health. *Nutrients* 2017, 9(8), 866. DOI: 10.3390/nu9080866
- [12] Carr, A.C.; Maggini, S. Vitamin C and Immune Function. *Nutrients* 2017, 9(11), 1211. DOI: 10.3390/nu9111211
- [13] Bechara, N.; Flood, V.M.; Gunton, J.E. A Systematic Review on the Role of Vitamin C in Tissue Healing. *Antioxidants (Basel)* 2022, 11(8), 1605. DOI: 10.3390/antiox11081605
- [14] Barrios-Garay, K.; Toledano-Serrabona, J.; Gay-Escoda, C.; et al. Clinical Effect of Vitamin C Supplementation on Bone Healing: A Systematic Review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2022, 27(3), e205–e215. DOI: 10.4317/medoral.24944
- [15] Guido Mangano, F.; Ghertasi Oskouei, S.; Paz, A.; et al. Low Serum Vitamin D and Early Dental Implant Failure: Is There a Connection? *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2018, 12(3), 174–182. PMID: 30443302
- [16] Buzatu, B.L.R.; Buzatu, R.; Luca, M.M. Impact of Vitamin D on Osseointegration in Dental Implants: A Systematic Review of Human Studies. *Nutrients* 2024, 16(2), 209. DOI: 10.3390/nu16020209
- [17] Rosanoff, A.; Weaver, C.M.; Rude, R.K. Suboptimal Magnesium Status in the United States: Are the Health Consequences Underestimated? *Nutr Rev* 2012, 70(3), 153–164. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2011.00465.x
- [18] Reider, C.A.; Chung, R.-Y.; Devarshi, P.P.; et al. Inadequacy of Immune Health Nutrients: Intakes in US Adults, the 2005–2016 NHANES. *Nutrients* 2020, 12(6), 1735. DOI: 10.3390/nu12061735
- [19] Rude, R.K.; Singer, F.R.; Gruber, H.E. Skeletal and Hormonal Effects of Magnesium Deficiency. *J Am Coll Nutr* 2009, 28(2), 131–141. DOI: 10.1080/07315724.2009.10719764
- [20] Cranenburg, E.C.M.; Schurgers, L.J.; Vermeer, C. Vitamin K: The Coagulation Vitamin That Became Omnipotent. *Thromb Haemost* 2007, 98(1), 120–125.
- [21] Lin, H.; Yang, Y.; Wang, X.; et al. Targeting the AGEs-RAGE Axis: Pathogenic Mechanisms and Therapeutic Interventions in Diabetic Wound Healing. *Front Med (Lausanne)* 2025, 12, 1667620. DOI: 10.3389/fmed.2025.1667620
- [22] Brownlee, M. Biochemistry and Molecular Cell Biology of Diabetic Complications. *Nature* 2001, 414(6865), 813–820. DOI: 10.1038/414813a
- [23] Maruyama, K.; Asai, J.; Ii, M.; et al. Decreased Macrophage Number and Activation Lead to Reduced Lymphatic Vessel Formation and Contribute to Impaired Diabetic Wound Healing. *Am J Pathol* 2007, 170(4), 1178–1191. DOI: 10.2353/ajpath.2007.060018
- [24] Esposito, K.; Maiorino, M.I.; Ciotola, M.; et al. Effects of a Mediterranean-Style Diet on the Need for Antihyperglycemic Drug Therapy in Patients with Newly Diagnosed Type 2 Diabetes. *Ann Intern Med* 2009, 151(5), 306–314. DOI: 10.7326/0003-4819-151-5-200909010-00004
- [25] Hallberg, S.J.; McKenzie, A.L.; Williams, P.T.; et al. Effectiveness and Safety of a Novel Care Model for the Management of Type 2 Diabetes at 1 Year. *Diabetes Ther* 2018, 9(2), 583–612. DOI: 10.1007/s13300-018-0373-9

- [26] Feinman, R.D.; Pogozelski, W.K.; Astrup, A.; et al. Dietary Carbohydrate Restriction as the First Approach in Diabetes Management: Critical Review and Evidence Base. *Nutrition* 2015, 31(1), 1–13. DOI: 10.1016/j.nut.2014.06.011
- [27] Bao, P.; Kodra, A.; Tomic-Canic, M.; et al. The Role of Vascular Endothelial Growth Factor in Wound Healing. *J Surg Res* 2009, 153(2), 347–358. DOI: 10.1016/j.jss.2008.04.023
- [28] Esmon, C.T. Crosstalk between Inflammation and Thrombosis. *Maturitas* 2008, 61(1–2), 122–131. DOI: 10.1016/j.maturitas.2008.11.008

Über die Orthomolekulare Medizin

Die Orthomolekularmedizin verwendet sichere, wirksame ernährungstherapeutische Maßnahmen zur Bekämpfung von Krankheiten. Weitere Informationen:

<http://www.orthomolecular.org>

Arzt finden:

Um einen orthomolekularmedizinischen Arzt in Ihrer Nähe zu finden:

<http://orthomolecular.org/resources/omns/vo6n09.shtml>

Der peer-reviewte Orthomolecular Medicine News Service ist eine gemeinnützige und nicht-kommerzielle Informationsquelle.

Redaktionsbeirat

Jennifer L. Aliano, M.S., L.Ac., C.C.N. (USA)
Albert G. B. Amoa, MB.Ch.B, Ph.D. (Ghana)
Seth Ayettey, M.B., Ch.B., Ph.D. (Ghana)
Ilyès Baghli, M.D. (Algerien)
Greg Beattie, Autor (Australien)
Barry Breger, M.D. (Kanada)
Ian Brighthope, MBBS, FACNEM (Australien)
Gilbert Henri Crussol, D.M.D. (Spanien)
Carolyn Dean, M.D., N.D. (USA)
Ian Dettman, Ph.D. (Australien)
Susan R. Downs, M.D., M.P.H. (USA)
Ron Ehrlich, B.D.S. (Australien)
Hugo Galindo, M.D. (Kolumbien)
Gary S. Goldman, Ph.D. (USA)
William B. Grant, Ph.D. (USA)
Claus Hancke, MD, FACAM (Dänemark)
Patrick Holford, BSc (Vereinigtes Königreich)
Ron Hunninghake, M.D. (USA)
Bo H. Jonsson, M.D., Ph.D. (Schweden)
Dwight Kalita, Ph.D. (USA)
Felix I. D. Konotey-Ahulu, M.D., FRCP (Ghana)
Peter H. Lauda, M.D. (Österreich)
Fabrice Leu, N.D. (Schweiz)
Alan Lien, Ph.D. (Taiwan)
Homer Lim, M.D. (Philippinen)
Stuart Lindsey, Pharm.D. (USA)
Pedro Gonzalez Lombana, M.D., Ph.D. (Kolumbien)
Diana MacKay (Gifford-Jones), M.P.P. (Kanada)
Victor A. Marcial-Vega, M.D. (Puerto Rico)
Juan Manuel Martinez, M.D. (Kolumbien)
Mignonne Mary, M.D. (USA)
Dr. Aarti Midha M.D., ABAARM (Indien)
Jorge R. Miranda-Massari, Pharm.D. (Puerto Rico)
Karin Munsterhjelm-Ahumada, M.D. (Finnland)
Sarah Myhill, MB, BS (Vereinigtes Königreich)
Tahar Naili, M.D. (Algerien)
Zhiwei Ning, M.D., Ph.D. (China)
Zhiyong Peng, M.D. (China)

Pawel Pludowski, M.D. (Polen)
Isabella Akyinbah Quakyi, Ph.D. (Ghana)
Selvam Rengasamy, MBBS, FRCOG (Malaysia)
Jeffrey A. Ruterbusch, D.O. (USA)
Gert E. Schuitemaker, Ph.D. (Niederlande)
Thomas N. Seyfried, Ph.D. (USA)
Han Ping Shi, M.D., Ph.D. (China)
T.E. Gabriel Stewart, M.B.B.CH. (Irland)
Jagan Nathan Vamanan, M.D. (Indien)
Dr. Sunil Wimalawansa, M.D., Ph.D. (Sri Lanka)

Redaktionsteam

Chefredakteur: Richard Cheng, M.D., Ph.D. (USA)

Gründer & früherer Herausgeber: Andrew W. Saul, Ph.D. (USA)

Associate Editor: Robert G. Smith, Ph.D. (USA)

Assistenz-Redakteur: Michael Passwater (USA)

Redaktionsmitarbeiter:

Thomas E. Levy, M.D., J.D. (USA)
Damien Downing, M.B.B.S., M.R.S.B. (Vereinigtes Königreich)
W. Todd Penberthy, Ph.D. (USA)
Michael J. Gonzalez, N.M.D., Ph.D. (Puerto Rico)

Kontakt

Riordan Clinic | Orthomolecular.org
3100 N Hillside Ave
Wichita, Kansas 67219
United States

E-Mail: editor@orthomolecular.org

Dieser Artikel darf kostenlos nachgedruckt werden, vorausgesetzt (1) es erfolgt eine klare Quellenangabe auf den Orthomolecular Medicine News Service und (2) sowohl der kostenlose OMNS-Abo-Link <http://orthomolecular.org/subscribe.html> als auch der OMNS-Archiv-Link <http://orthomolecular.org/resources/omns/index.shtml> werden aufgenommen.