

por Richard Z. Cheng, MD, PhD

Editor-Chefe, Orthomolecular Medicine News Service (OMNS)

A cirurgia é sistêmica: por que o estado nutricional, o equilíbrio redox e a microcirculação podem determinar os resultados da cicatrização tanto quanto a técnica cirúrgica.

Resumo

Todos os anos, milhões de procedimentos cirúrgicos são realizados ao redor do mundo. Quando ocorrem complicações ou atrasos na cicatrização, geralmente são atribuídos a infecções, idade do paciente ou fatores técnicos. No entanto, a cirurgia é fundamentalmente uma lesão biológica controlada. A recuperação depende não apenas da habilidade cirúrgica, mas também do terreno bioquímico sistêmico do paciente, incluindo equilíbrio redox, status de micronutrientes, função endotelial, controle metabólico e fisiologia da coagulação.

A osseointegração do implante dentário fornece um modelo único e visível desse princípio. A falha na integração frequentemente reflete a biologia óssea comprometida, além de considerações mecânicas. Este artigo revisa os principais determinantes ortomoleculares da cicatrização cirúrgica e propõe uma estrutura baseada em sistemas para otimização pré e pós-operatória.

A Variável Negligenciada na Cirurgia

- Explosão oxidativa aguda
- Conexão entre a cascata inflamatória e a coagulação
- Ativação da via de coagulação
- Distúrbio endotelial
- Remodelação da matriz de colágeno
- Crescente Demanda por ATP Mitocondrial

A cicatrização é, portanto, um processo biológico regulado pelo redox e dependente de nutrientes, não apenas um evento técnico.

O excesso de estresse oxidativo afeta a função dos fibroblastos, deposição de colágeno, angiogênese e [atividade dos osteoblastos \[1, 2\]](#). Ao mesmo tempo, a sinalização fisiológica redox é essencial para o reparo. A questão chave é se o paciente possui capacidade de redução suficiente para resolver a carga oxidativa.

Um problema generalizado de terreno

A insuficiência sistêmica é comum:

- A insuficiência de vitamina D (comumente definida como soro 25(OH)D <30 ng/mL) afeta cerca de 50-80% dos adultos no mundo [\[3\]](#). No entanto, vários pesquisadores propuseram que os níveis fisiológicos ótimos para a saúde imune e

musculoesquelética podem estar na faixa de 40-60 ng/mL ou [mais \[4-6\]](#). Usando esses limiares "ótimos", a proporção de adultos com status subótimo de vitamina D pode chegar a 80-90% em algumas populações.

- A ingestão de magnésio está abaixo dos níveis recomendados em grande proporção das populações ocidentais [\[7\]](#).
- Mais de um terço dos adultos tem pré-diabetes ou diabetes, condições conhecidas por dificultar a cicatrização das feridas [\[8\]](#).

As taxas iniciais de falha do implante dental geralmente são relatadas entre 2 e 10%, dependendo dos fatores de risco do paciente [\[9\]](#). Muitas dessas falhas ocorrem na ausência de erros técnicos óbvios.

Essas estatísticas sugerem que a biologia cirúrgica — não apenas a técnica cirúrgica — merece uma atenção mais detalhada.

O que a medicina ortomolecular traz para a cirurgia

A medicina ortomolecular foca em restaurar as concentrações ótimas das substâncias normalmente presentes no corpo. A lesão cirúrgica aumenta a demanda metabólica para:

- Antioxidantes
- Cofatores de Colágeno
- Reguladores de Remodelação Óssea
- Nutrientes mitocondriais

"Alcance laboratorial normal" não significa necessariamente fisiologia de cicatrização ideal. O estresse cirúrgico pode revelar deficiências subclínicas.

Vitamina C: Colágeno e Integridade Estrutural

A vitamina C é necessária para:

- Hidroxilação de prolina e lisina
- Estabilização cruzada do colágeno
- Integridade endotelial
- Diferenciação de osteoblastos

A deficiência dificulta a cicatrização da ferida e aumenta o risco de sangramento [\[10-13\]](#).

No reparo ósseo e na osseointegração do implante, a formação de andaimes de colágeno precede a mineralização. Sem ascorbato adequado, essa estrutura fica comprometida estruturalmente. Dados clínicos sugerem que a suplementação com vitamina C pode apoiar a cicatrização óssea e reduzir o estresse oxidativo pós-operatório [\[14\]](#).

Vitamina D: Osteoimunologia e integração

A vitamina D rege:

- Diferenciação de osteoblastos

- Sinalização Osteoclástica
- Produção de peptídeos antimicrobianos
- Modulação imune

Um baixo nível sérico de vitamina D tem sido associado a um risco aumentado de falha precoce do implante [\[15, 16\]](#).

A remodelação óssea é regulada hormonal e imunologicamente. A insuficiência de vitamina D altera o equilíbrio RANKL/OPG e atrasa a maturação da matriz óssea.

Magnésio e vitamina K2: Qualidade da mineralização

Osso não é simplesmente deposição de cálcio. Exige:

- ATP dependente de magnésio para atividade osteoblástica
- Ativação dependente de vitamina K da osteocalcina e da matriz da proteína Gla

A ingestão de magnésio é subótima em uma proporção substancial da população. Dados do NHANES indicam que quase metade dos americanos consome menos do que a quantidade necessária de magnésio proveniente dos alimentos, com uma ingestão média de mulheres se aproximando de 68% da RDA [\[17\]](#). Análises mais amplas do NHANES também demonstram uma insuficiência generalizada de nutrientes essenciais para a integridade imune e do tecido conjuntivo, incluindo vitaminas D, C, E, A e zinco [\[18\]](#).

A depleção subclínica de magnésio, refletida em escores mais altos de depleção de magnésio, tem sido associada a um risco aumentado de disfunção metabólica e [esquelética \[7\]](#). A deficiência de magnésio afeta a formação de cristais ósseos e promove a sinalização inflamatória [\[19\]](#). Enquanto isso, proteínas dependentes de vitamina K orientam a mineralização adequada e ajudam a prevenir calcificações desreguladas [\[20\]](#).

Glicose, resistência à insulina e danos ao colágeno

A hiperglicemia afeta a função dos neutrófilos, a deposição de colágeno e a angiogênese. Os produtos finais de glicação avançada (AGEs) endurecem as matrizes de colágeno e interferem na remodelação normal [\[21, 22\]](#). Mesmo a resistência leve à insulina tem sido associada a um retardo na reparação da ferida e à diminuição da função microvascular [\[23\]](#). Portanto, a otimização glicêmica perioperatória é uma preocupação sistêmica, não apenas endocrinológica.

Evidências emergentes sugerem que padrões alimentares que reduzem a variabilidade glicêmica e a resistência à insulina podem influenciar favoravelmente o tônus inflamatório e a função endotelial [\[24, 25\]](#). Abordagens dietéticas low-carb demonstraram melhorar a glicemia pós-prandial, a sensibilidade à insulina e os marcadores de inflamação sistêmica [\[26\]](#). De uma perspectiva sistêmica, a estabilização metabólica perioperatória pode ser tão importante quanto a suficiência de micronutrientes.

Função endotelial e microcirculação

A cura exige:

- Fornecimento de oxigênio
- Perfusão capilar
- Sinalização por óxido nítrico

A disfunção endotelial afeta a angiogênese e atrasa a reparação dos tecidos [\[27\]](#).

Estados inflamatórios crônicos estão associados à hipercoagulabilidade e distúrbios microcirculatórios [\[28\]](#). Microperfusão alterada pode comprometer os locais cirúrgicos, incluindo camas de implante dentário.

Implantes Dentários: Um Modelo Visível da Biologia dos Sistemas

A osseointegração requer:

1. Formação de andaimes de colágeno
2. Ativação de osteoblastos
3. Sinalização inflamatória controlada
4. Perfusão microvascular adequada
5. Deposição mineral equilibrada

Cada processo é regulado de forma sistêmica.

Falha do implante, união tardia, alveolite seca ou envolvimento do enxerto podem, em alguns casos, refletir falha biológica sistêmica além de fatores técnicos. O sucesso na integração está correlacionado com saúde metabólica, status de tabagismo, controle do diabetes e status de vitamina D [\[9, 15, 16\]](#).

A odontologia oferece um modelo mensurável de um princípio cirúrgico mais amplo: o terreno influencia o resultado.

Um framework de otimização cirúrgica ortomolecular

Pré-operatório (2-4 semanas quando possível)

- Avaliar o status da vitamina D
- Otimizar o controle glicêmico
- Vitamina C completa (dose dividida)
- Garantir uma ingestão adequada de magnésio e vitamina K
- Abordando o tabagismo e o consumo de alimentos ultraprocessados
- Apoio à saúde endotelial

Pós-operatório (2-6 semanas)

- Manter a suficiência antioxidante
- Síntese de colágeno de suporte
- Certifique-se de que está ingerindo proteína adequada
- Monitorar o controle da glicose
- Suporte para a função microcirculatória

Essa estrutura não substitui a técnica cirúrgica. Ela otimiza o ambiente biológico em que essa técnica opera.

Rumo a um paradigma cirúrgico baseado em sistemas

A medicina moderna separa especialidades: cirurgiões atuam; Internistas gerenciam o metabolismo. No entanto, a biologia não reconhece essas divisões.

Se a cura for bioquímica, os resultados cirúrgicos são fundamentalmente sistêmicos.

A implantologia dentária demonstra que a osseointegração não é apenas um problema de hardware, mas um resultado da biologia do osso vivo.

O futuro da odontologia biológica – e da cirurgia em geral – está na otimização sistêmica do terreno.

Os conceitos discutidos neste artigo também serão apresentados no **Congresso Global do Círculo Internacional de Implantologia Biológica (ICBI) 2026**, agendado para os dias 21 e 24 de outubro de 2026, em Zurique, Suíça (<https://icbi-foundation.org>).

Referências

1. Sen, C.K. Fundamentos para cicatrização de feridas: Que há oxigênio. Reparo de Feridas 2009, 17, (1), 1-18. DOI: [10.1111/j.1524-475X.2008.00436.x](https://doi.org/10.1111/j.1524-475X.2008.00436.x).
2. Cano Sánchez, M.; Lancel, S.; Boulanger, E.; e outros. Abordando o estresse oxidativo e a disfunção mitocondrial no tratamento da cicatrização de feridas comprometida: uma revisão sistemática. Antioxidantes (Basel) 2018, 7, (8), 98. DOI: [10.3390/antiox7080098](https://doi.org/10.3390/antiox7080098).
3. Dunlop, E.; Pham, Novo México; Van Hoang, D.; e assim por diante. Uma revisão sistemática e meta-análise da concentração circulante de 25-hidroxivitamina D e do status da vitamina D em todo o mundo. J Saúde Pública (Oxf) 2025, 47, (4), e520-e529. DOI: [10.1093/pubmed/fdaf080](https://doi.org/10.1093/pubmed/fdaf080).
4. Holick, M.F. Deficiência de vitamina D. Engl J Med 2007, 357, (3), 266-281. DOI: [10.1056/NEJMra070553](https://doi.org/10.1056/NEJMra070553).
5. McDonnell, S.L.; Baggerly, C.; Francés, C.B.; e assim por diante. Concentrações séricas de 25-hidroxivitamina D ≥ 40 ng/mL estão associadas a um risco >65% menor de câncer: análise combinada de ensaio randomizado e estudo de coorte prospectivo. PLoS One 2016, 11, (4), e0152441. DOI: [10.1371/journal.pone.0152441](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152441).
6. Grant, W.B.; Wimalawansa, S.J.; Pludowski, P.; et al. Vitamina D: Benefícios à saúde baseados em evidências e recomendações para diretrizes populacionais. Nutrients 2025, 17, (2), 277. DOI: [10.3390/nu17020277](https://doi.org/10.3390/nu17020277).
7. Costello, R.B.; Fan, Z.; Wallace, T.C. Escore de Depleção de Magnésio como Indicador de Risco à Saúde e Estado Nutricional – Revisão com escopo de A. Nutrients 2025, 17, (20), 3286. DOI: [10.3390/nu17203286](https://doi.org/10.3390/nu17203286).
8. Estatísticas de Diabetes NIDDK - NIDDK. Disponível online: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/health-statistics/diabetes-statistics> (acessado em 3 de março de 2026).

9. Chrcanovic, B.R.; Albrektsson, T.; Wennerberg, A. Razões para falhas no implante oral. *J Rehabil Oral* 2014, 41, (6), 443-476. DOI: [10.1111/joor.12157](https://doi.org/10.1111/joor.12157).
10. Levine, M.; Conry-Cantilena, C.; Wang, Y.; e outros. Farmacocinética da vitamina C em voluntários saudáveis: evidências para uma ingestão alimentar recomendada. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1996, 93, (8), 3704-3709. DOI: [10.1073/pnas.93.8.3704](https://doi.org/10.1073/pnas.93.8.3704).
11. Pullar, J.M.; Carr, A.C.; Vissers, M.C.M. O papel da vitamina C na saúde da pele. *Nutrients* 2017, 9, (8), 866. DOI: [10.3390/nu9080866](https://doi.org/10.3390/nu9080866).
12. Carr, A.C.; Maggini, S. Vitamina C e função imunológica. *Nutrients* 2017, 9, (11), 1211. DOI: [10.3390/nu9111211](https://doi.org/10.3390/nu9111211).
13. Bechara, N.; Flood, V.M.; Gunton, J.E. Uma revisão sistemática sobre o papel da vitamina C na cicatrização dos tecidos. *Antioxidantes (Basel)* 2022, 11, (8), 1605. DOI: [10.3390/antiox11081605](https://doi.org/10.3390/antiox11081605).
14. Barrios-Garay, K.; Toledano-Serrabona, J.; Gay-Escoda, C.; e outros. Efeito clínico da suplementação com vitamina C na cicatrização óssea: uma revisão sistemática. *Medicação Oral Patol Cir Bucal* 2022, 27, (3), e205-e215. DOI: [10.4317/medoral.24944](https://doi.org/10.4317/medoral.24944).
15. Guido Mangano, F.; Ghertasi Oskouei, S.; Paz, A.; e outros. Baixa vitamina D sérica e falha precoce do implante dentário: existe alguma conexão? Um estudo clínico retrospectivo com 1740 implantes colocados em 885 pacientes. *J Dent, Res, Dent, Clin Dent*, 2018 Prospectos, 12, (3), 174-182. PMID: [30443302](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30443302/).
16. Buzatu, B.L.R.; Buzatu, R.; Luca, M.M. Impacto da vitamina D na osseointegração em implantes dentários: revisão sistemática de estudos em humanos. *Nutrients* 2024, 16, (2), 209. DOI: [10.3390/nu16020209](https://doi.org/10.3390/nu16020209).
17. Rosanoff, A.; Weaver, C.M.; Status Subótimo do Magnésio nos Estados Unidos, R.K. Rusero: As consequências para a saúde são subestimadas? *Nutr Rev* 2012, 70, (3), 153-164. DOI: [10.1111/j.1753-4887.2011.00465.x](https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00465.x).
18. Reider, C.A.; Chung, R.-Y.; Devarshi, P.P.; e assim por diante. Insuficiência de nutrientes para saúde imunológica: ingestão em adultos nos EUA, nhanes 2005-2016. *Nutrients* 2020, 12, (6), 1735. DOI: [10.3390/nu12061735](https://doi.org/10.3390/nu12061735).
19. Rude, R.K.; Cantor, F.R.; Gruber, H.E. Efeitos esqueléticos e hormonais da deficiência de magnésio. *J Am Coll Nutr* 2009, 28, (2), 131-141. DOI: [10.1080/07315724.2009.10719764](https://doi.org/10.1080/07315724.2009.10719764).
20. Cranenburg, E.C.M.; Schurgers, L.J.; Vermeer, C. Vitamina K: A vitamina coagulante que se tornou onipotente. *Thromb Haemost* 2007, 98, (1), 120-125.
21. Lin, H.; Yang, Y.; Wang, X.; e assim por diante. Abordando o eixo AGEs-RAGE: Mecanismos patogênicos e intervenções terapêuticas na cicatrização de feridas diabéticas. *Front Med (Lausanne)* 2025, 12, 1667620. DOI: [10.3389/fmed.2025.1667620](https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1667620).
22. Brownlee, M. Bioquímica e Biologia Celular Molecular de Complicações Diabéticas. *Nature* 2001, 414, (6865), 813-820. DOI: [10.1038/414813a](https://doi.org/10.1038/414813a).
23. Maruyama, K.; Asai, J.; Ii, M.; e outros. A diminuição do número e da ativação dos macrófagos leva à formação de vasos linfáticos diminuídos e contribui para a

cicatrização prejudicada das feridas diabéticas. Am J Pathol 2007, 170, (4), 1178-1191. DOI: [10.2353/ajpath.2007.060018](https://doi.org/10.2353/ajpath.2007.060018).

24. Esposito, K.; Maiorino, M.I.; Ciotola, M.; e assim por diante. Efeitos de uma dieta ao estilo mediterrâneo na necessidade de terapia medicamentosa antihiperglicêmica em pacientes com diabetes tipo 2 recém-diagnosticado: um ensaio randomizado. Ann Estagiária de Medicina 2009, 151, (5), 306-314. DOI: [10.7326/0003-4819-151-5-200909010-00004](https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-5-200909010-00004).

25. Hallberg, S.J.; McKenzie, A.L.; Williams, P.T.; e assim por diante. Eficácia e segurança de um modelo inovador de cuidado para o manejo do diabetes tipo 2 em 1 ano: um estudo controlado, não randomizado. Diabetes Ther 2018, 9, (2), 583-612. DOI: [10.1007/s13300-018-0373-9](https://doi.org/10.1007/s13300-018-0373-9).

26. Feinman, R.D.; Pogozelski, W.K.; Astrup, A.; e outros. Restrição de carboidratos dietéticos como primeira abordagem no manejo do diabetes: uma revisão crítica e base de evidências. Nutrição 2015, 31, (1), 1-13. DOI: [10.1016/j.nut.2014.06.011](https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.06.011).

27. Bao, P.; Kodra, A.; Tomic-Canic, M.; e assim por diante. O papel do fator de crescimento endotelial vascular na cicatrização de feridas. J Surg Res 2009, 153, (2), 347-358. DOI: [10.1016/j.jss.2008.04.023](https://doi.org/10.1016/j.jss.2008.04.023).

28. Esmon, C.T. Interação entre inflamação e trombose. Maturitas 2008, 61, (1-2), 122-131. DOI: [10.1016/j.maturitas.2008.11.008](https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2008.11.008).