

Comparação das propriedades e mecanismos de ação do ácido poli-L-lático e do polidesoxirribonucleotideo

Comparison of the properties and mechanisms of action of poly-L-lactic acid and polydesoxyribonucleotide

Comparación de las propiedades y los mecanismos de acción del ácido poli-L-láctico y el polidesoxirribonucleótido

Recebido: 10/11/2025 | Revisado: 17/11/2025 | Aceitado: 17/11/2025 | Publicado: 19/11/2025

José Ricardo de Albergaria-Barbosa, PhD¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5127-8318>

Universidade Estadual de Campinas, Brazil

E-mail: r.albergaria@yahoo.com

Paulo Roberto Neves, MSC²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1709-2987>

Universidade Estadual de Campinas, Brazil

E-mail: paulo.prneves@hotmail.com

Ana Paula Almeida das Virgens, MSC³

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0809-2806>

Universidade Estadual de Campinas, Brazil

E-mail: a193990@dac.unicamp.br

Célia Marisa Rizzatti-Barbosa, PhD⁴

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8747-0034>

Universidade Estadual de Campinas, Brazil

E-mail: rizzatti@unicamp.br

Resumo

O presente artigo tem o objetivo de realizar uma comparação das propriedades e mecanismos de ação do ácido poli-L-lático e, do polidesoxirribonucleotideo por meio de revisão não sistemática narrativa da literatura. O Ácido Poli-L-Lático (PLLA) e o Polidesoxirribonucleotideo (PDRN) são biomateriais utilizados em procedimentos estéticos minimamente invasivos utilizados na correção e controle de rugas finas, umidade, porosidade e oleosidade da derme e epiderme. Também são utilizados como agentes de aceleração na reparação de feridas e cicatrizes. Entretanto, suas propriedades e mecanismos de ação não são totalmente conhecidos e, não raramente, são confundidos pelo clínico. Neste artigo são explorados os mecanismos de ação e as principais propriedades do PLLA e do PDRN, enquanto agentes farmacológicos. São abordadas as definições, propriedades, mecanismos de ação conhecidos e aplicações clínicas. A compreensão da interação entre esses agentes oferece uma nova perspectiva no tratamento de diversas condições, desde feridas e cicatrizes até o rejuvenescimento cutâneo.

Palavras-chave: Acido Poli-L-Lático; Polidesoxirribonucleotideo; Propriedades; Estética; Pele.

Abstract

This article aims to compare the properties and mechanisms of action of poly-L-lactic acid and polydeoxyribonucleotide through a non-systematic narrative review of the literature. Poly-L-lactic acid (PLLA) and polydeoxyribonucleotide (PDRN) are biomaterials used in minimally invasive cosmetic procedures to correct and control fine wrinkles, moisture, porosity, and oiliness of the dermis and epidermis. They are also used as accelerating agents in wound and scar repair. However, their properties and mechanisms of action are not fully understood and are often confused by clinicians. This article explores the mechanisms of action and main properties of PLLA and PDRN as pharmacological agents. It addresses their definitions, properties, known mechanisms of action, and clinical

¹ Professor Titular, Universidade Estadual de Campinas-Unicamp, Brazil.

² Curso de Pós-graduação em Biologia Oral. Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas-Unicamp, Brazil.

³ Curso de Pós-graduação em Biologia Oral. Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas-Unicamp, Brazil

⁴ Curso de Pós-graduação em Biologia Oral. Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas-Unicamp, Brazil.

applications. Understanding the interaction between these agents offers a new perspective on the treatment of various conditions, from wounds and scars to skin rejuvenation.

Keywords: Poly-L-Lactic Acid; Polydesoxyribonucleotide; Properties; Aesthetics; Skin.

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo realizar una comparación de las propiedades y los mecanismos de acción del ácido poliláctico y del polidesoxirribonucleótido mediante una revisión narrativa no sistemática de la literatura. El ácido poliláctico (PLLA) y el polidesoxirribonucleótido (PDRN) son biomateriales utilizados en procedimientos estéticos mínimamente invasivos para la corrección y el control de las arrugas finas, la humedad, la porosidad y la grasa de la dermis y la epidermis. También se utilizan como agentes aceleradores en la reparación de heridas y cicatrices. Sin embargo, sus propiedades y mecanismos de acción no se conocen del todo y, a menudo, los médicos los confunden. En este artículo se exploran los mecanismos de acción y las principales propiedades del PLLA y el PDRN como agentes farmacológicos. Se abordan las definiciones, propiedades, mecanismos de acción conocidos y aplicaciones clínicas. La comprensión de la interacción entre estos agentes ofrece una nueva perspectiva en el tratamiento de diversas afecciones, desde heridas y cicatrices hasta el rejuvenecimiento cutáneo.

Palabras clave: Ácido poliláctico; Polidesoxirribonucleótido; Propiedades; Estética; Piel.

1. Introdução

O Ácido Poli-L-Lático (PLLA) e o Polidesoxirribonucleotideo (PDRN) são biomateriais utilizados em procedimentos estéticos minimamente invasivos utilizados na correção e controle de rugas finas, umidade, porosidade e oleosidade da derme e epiderme.

Esses dois materiais podem ser utilizados na aceleração de reparação de feridas e cicatrizes humanas, porém os clínicos muitas vezes não conhecem a forma como eles atuam ou sejam seus mecanismos de ação.

O presente artigo tem o objetivo de realizar uma comparação das propriedades e mecanismos de ação do ácido poli-l-lático e, do polidesoxirribonucleotideo por meio de revisão não sistemática narrativa da literatura.

2. Procedimentos Metodológicos

Realizou-se uma pesquisa documental de fonte indireta, em artigos científicos da literatura (Snyder, 2019), num estudo de natureza qualitativa não envolvendo quantidades (Pereira et al., 2018) e, de revisão com pouca sistematização, do tipo específico de revisão narrativa da literatura (Rother, 2007).

Esta revisão foi feita buscando-se informações na base de dados do Google Acadêmico por se tratar de uma base de dados de acesso livre e gratuito. Para a pesquisa inicial utilizaram-se os seguintes termos de busca: Acido Poli-L-Lático; Polidesoxirribonucleotideo; Propriedades; Estética e, Pele. A seguir, selecionaram-se os artigos considerados como sendo os que mais atendiam ao tipo de estudo que objetivamos realizar.

3. Resultados e Discussão

3.1 Definição de PLLA

É um polímero biodegradável e biocompatível sintetizado a partir do ácido láctico produzido por fermentação da glicose de milho - uma molécula recristalizada que é convertida em monômero de ácido láctico por atividades de degradação hidrolítica no corpo (Cunha et al. 2016). Além do milho, o ácido láctico pode ser produzido a partir de outros recursos renováveis, como mandioca, beterraba e cana-de-açúcar (Santo et al., 2013). Ele é conhecido por suas propriedades de bioabsorção, o que o torna ideal para aplicações médicas, incluindo suturas, implantes e liberação controlada de medicamentos. O PLLA estimula a produção de colágeno, um componente essencial do tecido conjuntivo, contribuindo para o reparo tecidual e a regeneração celular (Lima & Soares, 2020).

Em 2004, a Food and Drug Administration (FDA) aprovou o PLLA para uso cosmético em pacientes com lipodistrofia induzida pelo Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV). Na Europa o produto começou a ser utilizado em 1999 como material de preenchimento; embora tenha sido identificado como produto de beleza corporal ou facial somente em 2009, já em 2006 o biomaterial havia sido injetado em mais de 150 mil pessoas em 30 países (Haddad et al., 2017; Santini et al., 2013).

As partículas de PLLA são capazes de formar micelas que se tornam coloidais quando em contato com a água, aumentando seu volume. Isso, impede que o produto seja fagocitado por macrófagos ou atravesse a parede capilar para outro meio (Lima & Soares, 2020). Após a aplicação do PLLA, as alterações no volume e na região anatômica da aplicação ocorrerão imediatamente, produzindo edema no local da injeção. Este começará a melhorar (diminuir) em média em dois a três dias porque o diluente usado no produto é metabolizado pelo corpo (Lima & Soares, 2020).

3.2 Definição de PDRN

É composto por desoxirribonucleotídeos, com peso molecular na faixa de 50-1.500 kDa, originalmente obtidos da purificação e esterilização controladas de DNA da *Oncorhynchus mykiss* (truta salmoneira) ou do *Oncorhynchus keta* (salmão chum), que possuem propriedades regenerativas únicas (Guglielmelli et al., 2012). Esse processo não gera nenhuma perspectiva de resposta imunogênica devido ao fato de não conter proteínas e peptídeos ativos.

Squadrito et al. (2017) referem o PDRN como um biomaterial natural que desempenha um papel crucial na reparação e regeneração tecidual. Este composto bioativo atua em diferentes níveis celulares, desencadeando uma série de eventos que promovem a regeneração celular. Trata-se de uma substância com múltiplas funções: regeneração de tecidos; natureza anti-isquêmica e anti-inflamatória. Essas importantes propriedades terapêuticas sugerem um amplo campo de utilização na área de saúde regenerativa. Experiências in vitro e in vivo sugerem que o mecanismo de ação mais relevante do PDRN é o seu envolvimento dos receptores A2A da adenosina. Esse mecanismo de ação é exclusivo de PDRN e está associado à origem do DNA, peso molecular e processo de fabricação. Considera-se que o PDRN seja um novo e importante avanço na farmacologia de reparação dérmica.

3.3 Propriedades Estruturais e Físico-Químicas

O PLLA é composto por micropartículas de ácido polilático em associação com gel de carboximetilcelulose de sódio. Possui uma estrutura linear e hidrofóbica, conferindo-lhe resistência mecânica, biodegradabilidade e biocompatibilidade. Sua cadeia polimérica é composta por unidades de ácido láctico, que se unem por meio de ligações éster, formando uma estrutura rígida e resistente. Seu mecanismo de ação se dá através da captação de líquidos após injetado e, assim age favorecendo a produção de colágeno. Isto depende da resposta do hospedeiro frente ao estímulo inicial. A taxa de biodegradação do PLLA é influenciada pelo peso molecular, tamanho das partículas e a estrutura do polímero (da Cunha & Gonzaga, 2020).

O PDRN é uma proteína de cadeia única com estrutura complexa, contendo uma sequência de aminoácidos específica que confere suas propriedades biológicas. É um polímero linear de desoxirribonucleotídeos ligados por ligações fosfodiéster, e as unidades monoméricas são representadas por nucleotídeos de purina e pirimidina. Essas cadeias poliméricas adotam uma conformação estereoquímica na forma de dupla hélice. Sua estrutura tridimensional lhe permite interagir com receptores celulares específicos, desencadeando uma série de eventos moleculares que culminam em regeneração tecidual. A alta capacidade de penetração e biodisponibilidade do PDRN aumenta sua eficácia na regeneração celular e na cicatrização de feridas (Dananjava et al., 2013).

3.4 Mecanismo de Ação no Reparo Tecidual

O PLLA atua como um suporte biodegradável que estimula a regeneração tecidual. Ao ser implantado no tecido, desencadeia uma resposta inflamatória controlada, que atrai células imunológicas e fatores de crescimento para o local da lesão. Também serve como uma matriz extracelular artificial, fornecendo um ambiente ideal para o crescimento de células e a neoformação tecidual (Goldberg et al., 2013).

Dependendo de vários fatores físico-químicos, como composição química, tamanho de partícula, formato físico, ângulos de contato, estrutura, tensão superficial e cargas superficiais, os materiais aplicados na forma de bioestimuladores teriam diferentes biocompatibilidades. Por exemplo, partículas com porosidade ou superfícies ásperas são mais reativas e podem desencadear uma resposta inflamatória, enquanto partículas lisas são encapsuladas por tecido fibroso na indução da resposta de corpo estranho mediada pelo Receptor Ativado por Protease 2 (PAR 2), que auxilia na proliferação de células e no controle de respostas inflamatórias agudas (Haddad et al, 2017; Guardiani, E. & Davison, 2012). Microesferas variando entre 0,5 e 20 μm de diâmetro são fagocitadas por vários tipos de células, desencadeando uma cascata de citocinas caracterizada pela produção de fator de necrose tumoral α (TNF α) e IL-1 α e IL6 sobre partículas com diâmetros maiores, que permanecem refratárias à fagocitose e não produzem TNF α (Guardiani & Davison, 2012; Guglielmelli et al. 2012). Também depende de como o polímero do qual o implante é composto se degrada, o que varia com sua massa molar, composição, histórico térmico, ordem cristalina e quantidade de polímero aplicado. Monômeros correspondentes ou seus subprodutos, em um ambiente aquoso, também têm ação metabólica em organismos vivos e podem, portanto, evocar uma resposta biológica (Morhenn et al. 2002; Machado Filho et al, 2013).

A implantação na derme reticular profunda ou hipoderme superficial de PLLA resulta na reação normal provocada pela punção da injeção, embora mínima. As plaquetas liberadas dentro da matriz extracelular liberam fatores homeostáticos e quimiotáticos, atraindo fibroblastos da circulação, bem como neutrófilos e monócitos. A fase inflamatória começa duas horas após a injeção, quando os neutrófilos ativados fagocitam o corpo estranho e secretam citocinas e enzimas proteolíticas. O edema facilita a migração celular. Os monócitos atraem macrófagos, que por sua vez fagocitam os neutrófilos apoptóticos e partículas maiores. Entre 7 e 10 dias após a implantação, a fusão de macrófagos atinge o pico, que secretam fatores de crescimento para “dar o pontapé inicial” nesta fase de reparação tecidual (Stein et al. 2015).

O PDRN promove a proliferação e diferenciação celular por meio da ativação de vias de sinalização intracelular. Ele se liga a receptores celulares específicos, desencadeando uma cascata de eventos que levam à expressão de genes relacionados ao reparo tecidual. O PDRN aumenta a síntese de colágeno, elastina e ácido hialurônico, componentes importantes para a regeneração e remodelagem do tecido.

3.5 Regulação da Cicatrização de Feridas

A cicatrização de feridas é definida como a sequência final e precisa de fenômenos que resultam na reconstituição de tecidos. Embora essencialmente semelhante em todas as feridas de qualquer causa, o processo de cicatrização difere pouco da sequência de eventos iniciados na criação da ferida. Por razões didáticas, o processo de cicatrização é dividido em três fases: inflamação, proliferação (granulação) e remodelação (maturação). Nesta fase a implementação de colágeno se faz presente. O colágeno se apresenta como a maior proteína do corpo humano. Ele também forma a maior parte da matriz extracelular de qualquer tecido. É organizado de tal maneira na matriz extracelular que uma rotatividade regular de sua deposição e degradação causa um estado estável. A estabilização e degradação da síntese pela interação com sua degradação resultam nas cicatrizes (Campos et al. 2007).

O PLLA acelera a cicatrização de feridas por meio da formação de um andaime que promove a regeneração tecidual. Ele fornece suporte estrutural e estabilidade para o tecido em reparo, reduzindo o risco de deiscência da ferida e favorecendo a cicatrização em condições adversas. O PLLA também impede a formação de tecido cicatricial excessivo, regulando a deposição de colágeno e melhorando o resultado estético da cicatrização.

Estudos sobre polidesoxirribonucleotídeo (PDRN) revelaram o seu grande potencial na promoção da regeneração tecidual e na melhoria do processo de cicatrização, realçando a sua relevância em diversas áreas de saúde, especialmente na regenerativas e estéticas relacionadas à pele. Os estudos revistos demonstram que o PDRN não só promove a cicatrização de feridas, mas também aumenta os efeitos regenerativos através da libertação de fatores de crescimento e outras moléculas bioativas (Bonon, 2024).

O PDRN estimula a cicatrização de feridas ao promover a proliferação de fibroblastos, células que produzem colágeno e outras proteínas essenciais para o reparo tecidual. Ele acelera a formação de tecido de granulação, reduz o tempo de cicatrização e melhora a qualidade da cicatriz, diminuindo a formação de tecido cicatricial hipertrófico (Heo et al, 2023).

3.6 Influência na Angiogênese

O processo de formação de novos capilares promove o rejuvenescimento da pele. Entre os fatores pró-angiogênicos estão a proteína de choque térmico 90 (HSP90), o fator induzível por hipóxia 1 alfa (HIF-1 α) e o fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), que facilitam ainda mais as vias da fosfoinositídeo 3-quinase (PI3K), proteína quinase B (AKT) e quinase 1/2 regulada por sinal extracelular (ERK1/2). Existem alguns preenchementos dérmicos, como o ácido poli-D,L-láctico (PDLA), polinucleotídeo (PN) e hidroxiapatita de cálcio (CaHA), que induzem a síntese de colágeno dérmico. No entanto, atualmente se discute se estes agem através da indução e aumento da angiogênese, e esta, por sua vez, leva ao rejuvenescimento da pele (Seyeon et al, 2023). O PLLA influencia a angiogênese por meio de uma ação indireta. Estimula a liberação de fatores de crescimento, como o VEGF (fator de crescimento do endotélio vascular), que promovem o crescimento de novos vasos sanguíneos, melhorando o fluxo sanguíneo e a oxigenação do tecido em reparo.

O PDRN possui um efeito direto na angiogênese, induzindo a proliferação e migração de células endoteliais, os blocos de construção dos vasos sanguíneos. Ele também estimula a expressão de genes relacionados à formação de vasos sanguíneos, acelerando a angiogênese e melhorando a vascularização do tecido em regeneração (Kim et al, 2017).

3.7 Efeitos na Modulação Inflamatória

O PLLA possui propriedades anti-inflamatórias, modulando a resposta inflamatória durante o processo de reparo tecidual. Ele reduz a expressão de citocinas pró-inflamatórias, como TNF-alfa e IL-1beta, diminuindo a inflamação e o edema. A ação anti-inflamatória do PLLA contribui para a cicatrização mais rápida e eficaz das feridas. O PLLA cria volume principalmente induzindo uma resposta inflamatória muito leve para ser detectada clinicamente, promovendo a produção de colágeno, que surge como volume ao longo de alguns meses. O aumento inicial de volume logo após a injeção é atribuído ao edema e à suspensão das micropartículas, que diminui em horas a alguns dias (Fitzgerald et al., 2010)

O PDRN reduz os níveis de citocinas pró-inflamatórias (por exemplo, IL-2, TNF- α) enquanto aumenta as citocinas anti-inflamatórias (por exemplo, IL-10). O PDRN também apresenta propriedades anti-inflamatórias, regulando a resposta inflamatória e modulando a expressão de citocinas. Ele inibe a produção de citocinas pró-inflamatórias, como TNF-alfa e IL-6, e aumenta a expressão de citocinas anti-inflamatórias, como IL-10, promovendo a resolução da inflamação e a cicatrização adequada da ferida. Tem um efeito anti-inflamatório em macrófagos RAW 264.7. Ele inibe a produção de óxido nítrico e a expressão da proteína óxido nítrico sintase induzível suprimindo a fosforilação de p38 e ERK, sem citotoxicidade. Além disso,

a proliferação e a produção de colágeno em fibroblastos dérmicos humanos são aumentadas por ação do PDRN (Heo et al., 2023). Pode-se dizer que ele tem um efeito anti-inflamatório e de regeneração celular. Essa propriedade pode sugerir seu potencial como um fármaco bioativo para engenharia de tecidos.

Recentemente, descobriu-se que a inflamação e a imunidade inata estão entre os fatores causais do envelhecimento da pele. O sistema imunológico deve proteger a pele de infecções, eliminar células danificadas e prevenir autoimunidade indesejada; no entanto, na presença de fatores intrínsecos (ou cronológicos) e extrínsecos, como luz solar intensa, poluição do ar, fumaça de cigarro e desnutrição, ou pela criação de espécies reativas de oxigênio liberadas por macrófagos, admitem sugerir que o sistema imunológico auxilia no processo de envelhecimento (Bennett et al. 2008).

Estados diferentes de inflamação, e até mesmo isquemia e lesão tecidual são outros exemplos de condições patológicas nas quais o metabolismo intracelular do ATP é acelerado, acumulando adenosina intracelular. A adenosina é um nucleosídeo purínico liberado em resposta ao estresse metabólico como um poderoso regulador endógeno por meio de quatro subtipos de receptores de superfície celular (A1, A2A, A2B e A3). Os receptores A2A da adenosina são expressos na linha celular monócito-macrófago e, consequentemente, os receptores A2A (Lima & Soares, 2020) tornam-se agentes que demonstram ser capazes de modular as funções dos macrófagos, como a produção de NO, e regular a produção de citocinas (Hasko et al, 1996; Fredholm et al, 2007).

3.8 Aplicações Clínicas

O PLLA e o PDRN têm demonstrado grande potencial em diversas aplicações clínicas, incluindo:

- Cicatrização de feridas: O PLLA e o PDRN são usados em curativos e membranas para acelerar a cicatrização de feridas crônicas, incluindo úlceras diabéticas, queimaduras e feridas cirúrgicas.
- Rejuvenescimento cutâneo: O PLLA e o PDRN são utilizados em tratamentos de rejuvenescimento cutâneo, promovendo a produção de colágeno, reduzindo rugas e linhas de expressão, melhorando a elasticidade e a textura da pele.
- Tratamento de cicatrizes: O PLLA e o PDRN são utilizados para reduzir o tamanho e a aparência de cicatrizes, tanto hipertróficas quanto queloides, promovendo o reperfilamento da pele e a redução da vermelhidão.
- Engenharia de tecidos: O PLLA e o PDRN são promissores em engenharia de tecidos, servindo como biomateriais para a criação de tecidos artificiais, como pele, cartilagem e ossos.

O PLLA é muito utilizado em harmonização facial porque induz a regeneração do colágeno e melhora a textura, elasticidade e tom da pele. Além de ser usado para tratamento estéticos faciais, o PLLA provou ser eficaz no tratamento de flacidez, celulite, depósitos de gordura localizada, estrias, cicatrizes e linhas finas em outras partes do corpo. O procedimento é muito seguro e proporciona resultados duradouros em apenas algumas sessões. No entanto, efeitos colaterais como pápulas, nódulos e granulomas devem ser considerados, embora possam ser reduzidos ao mínimo com aplicação adequada. A seleção adequada e a avaliação completa do paciente são pré-requisitos. Em essência, o PLLA oferece enormes vantagens estéticas, mas deve ser usado com cautela e sob a orientação de um especialista experiente, com um conhecimento profundo das necessidades e do histórico de saúde do paciente (Hwang et al., 2021; Juver Junior et al., 2023).

As reações adversas ao PLLA são mais comuns na área onde o produto é injetado, com pápulas e nódulos recorrentes, apenas palpáveis, mas não visíveis (Rayess et al., 2018). Os nódulos também são a complicação mais comum em longo prazo, geralmente com resolução espontânea em 24 meses (Ledon et al, 2023). Outras reações locais menos comuns incluem equimoses, hematoma, edema e granulomas (Santos, 2013). Como complicações graves, foram descritos um caso de amaurose (Roberts & Arthurs, 2012) e um caso de angioedema (Guardiani & Davison, 2012) após PLLA.

O PDRN, atualmente é o segundo procedimento estético mais utilizado nos países da região da eurásia, ficando somente atrás da aplicação de toxina botulínica (Christensen, 2022). Surgiu como um agente terapêutico versátil com aplicações clínicas significativas, particularmente na regeneração de tecidos. Suas propriedades únicas, derivadas do DNA do espermatozoide do salmão, facilitam vários processos de cura, tornando-o um candidato promissor na medicina regenerativa. As seções a seguir descrevem as principais aplicações clínicas do PDRN (s

Segundo Chang et al. (2022), o PDRN promove o crescimento celular, a angiogênese e a síntese de colágeno, cruciais para a cicatrização eficaz de feridas. Estudos demonstram que o PDRN aumenta as taxas de fechamento de feridas e melhora os resultados histopatológicos, como epitelização e deposição de colágeno (Dananjava et al, 2023).

Foi relatado que as injeções de PDRN aliviam a dor musculoesquelética ao reduzir a expressão de citocinas inflamatórias. Estudos clínicos indicam resultados positivos no tratamento de doenças como lesões do manguito rotador e osteoartrite do joelho, sem efeitos adversos relatados (Chang et al, 2022). A interação do PDRN com o receptor purinérgico A2(L) auxilia no reparo celular e na diferenciação de fibroblastos, aumentando suas capacidades regenerativas (Chang et al, 2022). Seus efeitos sinérgicos com exossomos amplificam ainda mais a liberação de fatores de crescimento, promovendo a regeneração tecidual (Bonon, 2024). Estudos clínicos indicam que as injeções de PDRN reduzem efetivamente a dor musculoesquelética associada a condições como lesões do manguito rotador e osteoartrite do joelho (Chang et al, 2022).

As propriedades anti-inflamatórias do PDRN estão ligadas à sua capacidade de diminuir a expressão de citocinas inflamatórias, contribuindo para o alívio da dor (Chang et al., 2022; Squadrito et al., 2017). As aplicações clínicas na estética facial e corporal estão ganhando atenção devido às suas propriedades regenerativas. Promove o reparo e o rejuvenescimento dos tecidos, tornando-o um componente valioso em tratamentos estéticos. Suas aplicações abrangem vários procedimentos que visam melhorar a qualidade e a aparência da pele, particularmente no rejuvenescimento facial e no aumento dérmico. Estimula a atividade dos fibroblastos, levando ao aumento da síntese de colágeno, que é crucial para a elasticidade e firmeza da pele, agindo de forma semelhante ao plasma rico em plaquetas (Suruchi et al, 2018). Aparentemente, na clínica PDRN, pelo seu comportamento clínico semelhante ao plasma rico em plaquetas, pode melhorar significativamente a textura da pele, reduzir as rugas e melhorar a aparência facial (Banihashemi et al., 2021). Por esta razão pode empregado junto com outros tratamentos, como PRP e ácido hialurônico, melhorando os resultados estéticos gerais (Asubiaro & Avajah, 2024). É eficaz na redução de linhas finas e rugas, principalmente em áreas como pregas nasolabiais e pés de galinha (Kim & González, 2021; Xiao et al. 2021).

4 Considerações Finais

A aplicação do PLLA e do PDRN pode ser altamente eficaz no controle de rugas finas, oleosidade, controle da umidade e porosidade da pele. Entretanto, suas características admitem associações que podem potencializar seus efeitos, desde que seja realizada por profissionais qualificados, e segundo os protocolos clínicos adequados. A escolha do tratamento ideal dependerá da condição específica do paciente, da gravidade da lesão e das necessidades do caso clínico.

Referências

- Asubiaro, J. & Avajah, F. (2024). *Platelet-Rich Plasma in Aesthetic Dermatology: Current Evidence and Future Directions*. *Cureus* 16(8), e66734. doi:10.7759/cureus.66734
- Banihashemi, M. et al. (2021). Platelet-rich Plasma use for facial rejuvenation: a clinical trial and review of current literature. *Acta Bio Médica: Atenei Parmensis*, 92(2), e2021187.
- Bennett, M. F. et al. (2008) *Skin Immune Systems and Inflammation: Protector of the Skin or Promoter of Aging?* *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*, 13, 15-19.

- Bonon, M. R. C. H. D. (2024). *Polydeoxyribonucleotide (PDRN): innovations and potential in tissue regeneration and healing. International Seven Multidisciplinary Journal*; 1(1).
- Campos, A. C. L. et al. (2007). *Wound healing. Revista Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva*; 20(1), 51-8 Mar.
- Chang, M. C. et al. (2022). *Don't Judge Polydeoxyribonucleotide by Its Cover. Pain Medicine*, 23(7), 1348-1352.
- Christen, M. O. (2022). *Collagen stimulators in body applications: a review focused on poly-L-lactic acid (PLLA). Clinical, cosmetic and investigational dermatology*, 997-1019.
- Cunha, M. G. et al. (2016). *Aplicação de ácido poli-l-lático para o tratamento da flacidez corporal. Surgery and Cosmetic Dermatology*; 8(4), 322-327.
- da Cunha, M. & Gonzaga, et al. (2020). "Biostimulators and their mechanisms of action." *Surgery and Cosmetic Dermatology* 12.2, 109-117.
- Dananjava, S. H. S. et al. (2023). *Development and characterization of polydeoxyribonucleotide (PDRN) loaded chitosan polyplex: In vitro and in vivo evaluation of wound healing activity. International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 3.
- Eppell, B. A. et al. (1989). *Adenosine Receptors Are Expressed during Differentiation of Monocytes to Macrophages in Vitro: Implications for Regulation of Phagocytosis. Journal of Immunology*, 143, 4141-4145. 1989
- Fitzgerald, R. et al. (2018). *Physiochemical Characteristics of Poly-L-Lactic Acid (PLLA). Aesthetic and Surgery Journal*. Apr 6;38(suppl.1), S13-S17. doi: S1093/asj/sjy012. PMID: 29897517.
- Fredholm, B. B. et al. (2007). *Aspects of the General Biology of Adenosine A2A. Signaling. Progress in Neurobiology*, 83, 263-276. 2007.
- Goldberg, D.; et al. (2013). *Single-arm study for the characterization of human tissue response to injectable poly-L-lactic acid. Dermatologic Surgery*; 9(6), 915-22.
- Guardiani, E. & Davison, S. P. (2012). *Angioedema after treatment with injectable poly-L-lactic acid (Sculptra). Plastic and Reconstructive Surgery*. 129(1), 187e-189e.
- Guglielmelli, T. et al. (2012). *Update on the use of defibrotide. Expert Opinion on Biological Therapy*; 12, 353–361,
- Haddad, A. et al. (2017). *Current concepts in the use of poly-L-lactic acid for facial rejuvenation: literature review and practical aspects. Surgery and Cosmetic Dermatology*; 9(1), 60-71.
- Hasko, G. et al. (1996). *Adenosine Receptor Agonists Differentially Regulate IL-10, TNF-Alpha, and Nitric Oxide Production in RAW264.7 Macrophages in Endotoxemic Mice. The Journal of Immunology*, 157, 4634-4640, 1996.
- Heo, S. Y. et al. (2023). *Anti-inflammatory effect of polydeoxyribonucleotides (PDRN) extracted from red alga (Porphyra sp.) (Ps-PDRN) in RAW 264.7 macrophages stimulated with Escherichia coli lipopolysaccharides: A comparative study with commercial PDRN. - Cell Biochemistry and Function*, 41, 889-897.
- Hwang, L. et al. (2021). *Attenuation effect of polydeoxyribonucleotide on inflammatory cytokines and apoptotic factors induced by particulate matter (PM10) damage in human bronchial cells. Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 35(2), e22635.
- Juver Junior, A. et al. (2023). *Vantagens, riscos e diferentes locais de aplicação do ácido poli-l-lático. Ciências da Saúde*, 27(128).
- Kim, H. J. & González, N. E. (2021). *Platelet-Rich Plasma for Dermal Augmentation of the Face and Body*. In: Sadick, N.S. (eds) *Platelet-Rich Plasma in Dermatologic Practice*. Springer, Cham., 93-101.
- Kim, S. et al. (2017). *Polydeoxyribonucleotide improves peripheral tissue oxygenation and accelerates angiogenesis in diabetic foot ulcers. Archives of Plastic Surgery*, 44(06), 482-489.
- Ledon, J.A. et al. (2013). *Inflammatory nodules following soft tissue filler use: a review of causative agents, pathology and treatment options. American Journal of Clinical Dermatology*. Oct;14(5):401-11. doi: 10.1007/s40257-013-0043-7. PMID: 24037757.
- Lima, N. B. & Soares, M. L. (2020) *Utilização dos bioestimuladores de colágeno na harmonização orofacial. Clinical (and) laboratorial Research in Dentistry*;1-18.
- Machado Filho, C. D. S., et al. (2013). *Poly-L-lactic acid: a biostimulant agent. Surgical & Cosmetic Dermatology*; 5(4), 345-50.
- Morhenn, V. B. et al. (2002). *Phagocytosis of different particulate dermal filler substances by human macrophages and skin cells. Dermatologic Surgery*; 28(6), 484-90.
- Pereira, A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free ebook]. Santa Maria. Editora da UFSM.
- Rayess, H. M. et al. (2018). *A Cross-sectional Analysis of Adverse Events and Litigation for Injectable Fillers. JAMA of Facial Plastic Surgery*;20(3), 207-14.
- Roberts, S.A. & Arthurs, B. P. (2012). *Severe visual loss and orbital infarction following periorbital aesthetic poly-L-lactic acid (PLLA) injection. Ophthalmological Plastic Reconstructive Surgery*;28(3), e68-70.
- Rother, E. T. (2007). *Revisão sistemática x revisão integrativa. Acta Paulista de Enfermagem*. 20(2), 5-6.
- Santini, R. M., et al. (2013). *Uso do ácido poli-L-lático como restaurador de volume facial. Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*; 28(2), 223-6.

- Santos, C. A. M., et al. (2013). *Ácido poli-láctico: um agente bioestimulador*. *Surgery and Cosmetic Dermatology*. 2013;5(4), 345-50.
- Seyeon, O. H. et al. (2023). *Poly-D,L-Lactic Acid Stimulates Angiogenesis and Collagen Synthesis in Aged Animal Skin*. *International Journal of Molecular Sciences*, Apr 28;24(9), 7986.
- Snyder, H. (2019). *Literature review as a research methodology: An overview and guidelines*. *Journal of Business Research*. 104, 333-9. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>.
- Squadrito, F. et al. (2017). *Atividade farmacológica e uso clínico do PDRN*. *Fronteiras em Farmacologia*, April 8, 224
- Stein, P. et al. (2015). *The biological basis for poly-L-lactic acid-induced augmentation*. *Journal of Dermatological Science*;78(1), 26-33.
- Suruchi, G. et al. (2018). *Wonder Tool Platelet Rich Plasma in Cosmetic Dermatology, Trichology and Hair Transplant*. *Dermatologic Surgery and Procedures*. eBook (PDF) ISBN978-953-51-3995-9
- Xiao, H. et al. (2021). *Platelet-Rich Plasma in Facial Rejuvenation: A Systematic Appraisal of the Available Clinical Evidence*. *Clinical, Cosmetic and Investigational* 1724, 2021.