

1. Principios fisiológicos y mecanismos de acción

Criocompresión Zamar

La **criocompresión Zamar** combina **crioterapia** (enfriamiento terapéutico) con **compresión activa**. Su efecto fisiológico inmediato es la **vasoconstricción local**, reduciendo el flujo sanguíneo y el metabolismo en la zona lesionada. Esta reducción de la perfusión limita la extravasación de líquidos, ayudando a controlar el edema y la inflamación aguda tras una lesión de tejidos blandos. La compresión simultánea potencia este efecto al ejercer presión mecánica, lo que facilita el retorno venoso y linfático, contribuyendo a una **menor formación de edema** que la crioterapia sin compresión

pmc.ncbi.nlm.nih.gov

Además, el enfriamiento tisular produce un **efecto analgésico**. La disminución de la temperatura reduce la velocidad de conducción nerviosa y aumenta el umbral de excitación de los nociceptores, lo que resulta en una menor transmisión de las señales de dolor. También se ha observado liberación de endorfinas y cierta inhibición de interneuronas a nivel medular durante la crioterapia, mecanismos que contribuyen a la analgesia local. En suma, la criocompresión mitiga el dolor, limita la inflamación inicial y reduce el daño secundario en tejidos lesionados al disminuir el metabolismo celular y la necesidad de oxígeno en la zona afectada. Estos efectos favorecen un entorno más controlado para la reparación tisular en fases tempranas.

Terapia con láser (LLLT vs HPLT)

La **terapia con láser** en rehabilitación se clasifica principalmente en **láser de baja potencia (LLLT, por sus siglas en inglés)** también conocida como fototerapia o **fotobiomodulación**, y **láser de alta potencia (HPLT)** o de alta intensidad. Ambos comparten el principio de utilizar luz monocromática coherente para bioestimular tejidos, pero difieren en intensidad y efectos térmicos. El **LLLT** (clase III, típicamente < 500 mW) no genera calor significativo, actuando a nivel celular mediante fotones de luz roja o infrarroja cercana que son absorbidos por cromóforos celulares. En particular, la **citocromo c oxidasa** en las mitocondrias absorbe esta luz, desencadenando la disociación del óxido nítrico inhibitorio y mejorando la cadena de transporte de electrones. Como resultado, se **incrementa la síntesis de ATP** y se activan vías de señalización intracelular que promueven la **supervivencia y proliferación celular**, modulando la inflamación y fomentando la reparación tisular. Esta bioestimulación se traduce en diversos efectos terapéuticos: **aceleración de la regeneración celular**, estimulación de **fibroblastos** y producción de colágeno, neovascularización y **mejora de la microcirculación**, además de acciones antiinflamatorias y analgésicas. De hecho, estudios in vitro e in vivo desde la década de 1980 reportan que el láser de baja intensidad aumenta la proliferación de fibroblastos y la síntesis de colágeno tipo I, favoreciendo la reparación de tejidos conectivos. Asimismo, LLLT reduce mediadores pro-inflamatorios (p. ej., IL-1, PGE-2, COX-2) y el estrés oxidativo en tejidos lesionados, lo que contribuye a un entorno bioquímico propicio para la curación.

Por otro lado, el **láser de alta potencia** (HPLT, típicamente clase IV > 500 mW, a menudo en rangos de 5–15 W) puede lograr una **mayor penetración tisular** gracias a su potencia y a menudo utiliza longitudes de onda en el espectro infrarrojo (800–1100 nm)

aspenslaser.com

. Estos equipos suelen operar en modos pulsátiles para mitigar el calentamiento excesivo, permitiendo entregar dosis altas de energía en profundidad sin dañar tejidos superficiales. El efecto del HPLT combina fotobiomodulación en estructuras profundas con un leve efecto térmico local. La absorción “lenta” de la energía por cromóforos permite que la luz alcance tejidos más profundos (músculo, cápsulas articulares) antes de disiparse. Como consecuencia, se estimula el metabolismo celular profundo de forma similar al LLLT, pero con el beneficio añadido de una **rápida analgesia**. El calentamiento mínimo y la fotostimulación en estructuras somáticas provocan una **disminución en la velocidad de transmisión del estímulo doloroso**, brindando alivio rápido del dolor. Por ejemplo, en pacientes con artrosis de rodilla, la terapia laser de alta intensidad ha demostrado reducir significativamente el dolor medido por EVA tras pocas sesiones, atribuible a la activación metabólica celular y la modulación de nociceptores en profundidad. En resumen, LLLT y HPLT comparten mecanismos fundamentales (bioestimulación mitocondrial, modulación inflamatoria) pero el HPLT, gracias a su mayor potencia, puede **acortar los tiempos de tratamiento** y alcanzar tejidos más profundos, siendo útil en patologías donde se requiere entregar dosis altas en áreas extensas o profundas

aspenslaser.com

. No obstante, el HPLT debe emplearse con precaución para evitar sobrecalentamiento, especialmente en combinación con crioterapia, tal como se discute más adelante.

Sinergias y contraindicaciones de la combinación

La combinación de crioterapia con láser terapéutico plantea la posibilidad de **sinergias terapéuticas**, pero también exige considerar interacciones en los mecanismos de acción. Evidencias preclínicas sugieren que, bien secuenciadas, ambas modalidades pueden **potenciar mutuamente sus efectos antiinflamatorios**. Un estudio en modelo animal de tendinopatía de Aquiles demostró que aplicar crioterapia seguida de LLLT logró una mayor reducción de citocinas inflamatorias (\downarrow IL-1 β , \downarrow TNF- α) y mejor recuperación funcional del tendón que cada terapia por separado

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. En ese trabajo, la orden de aplicación fue crucial: el grupo tratado primero con frío y luego con láser mostró la mejor histología y resistencia mecánica del tendón, mientras que invertir el orden (láser antes que frío) fue menos beneficioso

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. Esta secuencia (crio→láser) parece aprovechar la rápida contención del proceso inflamatorio agudo por el frío, seguida de la bioestimulación láser para acelerar la regeneración, logrando un efecto “add-on” antiinflamatorio sinérgico

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

Sin embargo, la combinación debe realizarse correctamente para evitar **interferencias negativas**. Estudios clínicos en humanos evidencian que una aplicación concomitante o inadecuadamente secuenciada puede atenuar los beneficios del láser. Por ejemplo, en el contexto de recuperación muscular post-ejercicio intenso, se halló que usar crioterapia junto con láser redujo la eficacia del tratamiento con láser en comparación con aplicarlo solo. En un ensayo doble ciego, sujetos tratados con fototerapia inmediatamente después de ejercicio excéntrico mostraron mejor recuperación de la fuerza y menor daño oxidativo que aquellos tratados con hielo, pero la combinación de ambos (láser + hielo) **no superó al placebo** en varios indicadores

lasertherapyu.org

. Es decir, la crioterapia efectuada de forma simultánea o demasiado próxima al láser pareció **anular parte del efecto biomodulador** del mismo

lasertherapyu.org

. Una posible explicación es que el enfriamiento intenso reduce la perfusión y actividad metabólica en tal grado que dificulta la cascada bioquímica que el láser intenta promover. También la vasoconstricción podría limitar la distribución de mediadores producidos por fototerapia. Por ello, muchos clínicos recomiendan **secuenciar** las terapias en vez de aplicarlas exactamente al mismo tiempo, permitiendo que cada una ejerza su efecto óptimo.

Un aspecto interesante es cómo la temperatura influye en la **penetración de la luz láser** en los tejidos. La vasoconstricción inducida por el frío puede aumentar la profundidad de penetración del láser al reducir la cantidad de sangre (hemoglobina) que absorbe fotones en la zona tratada

optimumpetvitality.com

. Un estudio mostró que tras 20 minutos de crioterapia, la penetración de un láser infrarrojo (904 nm) en el tendón de Aquiles humano mejoró aproximadamente un 33% (en comparación a tejido no enfriado) debido a la menor vascularización y ligera reducción del grosor del tendón por el frío

optimumpetvitality.com

optimumpetvitality.com

. Esto sugiere que enfriar el tejido antes del láser podría facilitar que más energía lumínica alcance estructuras diana profundas. No obstante, también hay que considerar que un tejido muy frío tiene menor actividad celular momentánea; por ello, algunos protocolos indican permitir unos minutos de recalentamiento tras la crioterapia antes de aplicar el láser, especialmente LLLT, de modo que las células puedan responder activamente al estímulo lumínico.

En cuanto a **contraindicaciones**, la suma de ambas modalidades implica respetar las limitaciones de cada una. La criocompresión está contraindicada en pacientes con problemas de sensibilidad al frío (p. ej., fenómeno de Raynaud, urticaria a frigore,

crioglobulinemia) o con compromiso vascular severo, donde la vasoconstricción podría ser perjudicial. Igualmente, no debe aplicarse sobre áreas con heridas abiertas profundas o infecciones cutáneas activas. La terapia con láser, por su parte, está contraindicada **sobre lesiones malignas sospechosas o conocidas**, ya que la bioestimulación podría teóricamente favorecer la proliferación tumoral. Se debe evitar la exposición directa del láser a los ojos (incluso con los párpados cerrados), requiriéndose gafas de protección para el paciente y el operador. También se recomienda precaución al aplicar láser sobre el área tiroidea, en mujeres embarazadas (evitando el abdomen y región lumbar) y en pacientes con antecedentes de fotosensibilidad (por medicamentos o condiciones dermatológicas). Al combinar las terapias, es importante **no exceder la dosis térmica** del láser sobre un tejido insensibilizado por el frío. Por ejemplo, con láseres de alta potencia, el paciente puede no percibir el calentamiento debido al entumecimiento por crioterapia, aumentando el riesgo de quemadura si el terapeuta no monitorea cuidadosamente la dosis. En resumen, la combinación **potencia efectos beneficiosos** cuando se usa de forma complementaria y bien planificada, pero requiere atención a la **secuencia** y a las condiciones particulares del paciente para evitar neutralizar resultados o incurrir en riesgos.

2. Fases de la recuperación y aplicación combinada

Fase aguda (inflamatoria)

En la fase aguda de una lesión (primeros días, típicamente 48–72 horas), predominan la inflamación, el dolor y el edema. El objetivo terapéutico principal es controlar la inflamación excesiva y el dolor, sin eliminar por completo la respuesta inflamatoria beneficiosa. En esta etapa, la **criocompresión** se considera de primera línea para mitigar rápidamente la hinchazón y proporcionar alivio analgésico. Lo ideal es aplicar criocompresión lo antes posible tras la lesión, siguiendo protocolos tradicionales tipo RICE (Reposo, Hielo, Compresión, Elevación). Dispositivos como Zamar permiten mantener una temperatura fría constante (ej. 5–15°C) durante **15-20 minutos por sesión**, combinada con compresión cíclica moderada, varias veces al día. Este tratamiento agudo reduce la extravasación de fluidos y la llegada de células proinflamatorias al tejido dañado, limitando el edema y el dolor inicial que acompaña a signos cardinales como el calor y enrojecimiento. El resultado es una contención del proceso inflamatorio que previene el daño secundario a células vecinas causado por enzimas y radicales libres liberados en la inflamación descontrolada.

Una vez controlada la inflamación más aguda (por ejemplo, tras las primeras 24–48 horas), o en sesiones intercaladas dentro de esas primeras horas, se puede introducir la **terapia láser** de forma precoz para potenciar la fase de reparación desde el comienzo. En fase aguda, se recomienda **láser de baja potencia (LLLT)** con dosis antiinflamatorias (energía baja a moderada) para no perturbar la respuesta inflamatoria útil sino modularla. Aplicar el láser tras la crioterapia (en la misma sesión, luego de retirar el agente frío y secar la piel) aprovecha la ventana en que el edema está contenido y el tejido, aunque algo frío, es más permeable a la luz

optimumpetvitality.com

. Esta secuencia –primero frío, luego láser– fue la que mostró mejores resultados antiinflamatorios en modelos experimentales

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. En la práctica clínica, tras una sesión de criocompresión de ~15 minutos, puede aplicarse inmediatamente LLLT en modo pulsado o continuo con una dosis baja (p. ej. 4–6 J/cm² por punto en lesiones musculares agudas) cubriendo la zona lesionada. El láser en agudo busca **reducir la producción de moléculas proinflamatorias** (como interleucinas y prostaglandinas) y **estimular la microcirculación** para remover desechos, sin generar calor ni provocar vasodilatación excesiva. Los tiempos de aplicación son breves debido a la potencia limitada de LLLT (cada punto irradiado por segundos a pocos minutos, según la densidad de energía requerida y el equipo). Con este abordaje secuencial, se atenúa el dolor y la hinchazón de inmediato con la crioterapia, y acto seguido el láser promueve la actividad celular responsable de iniciar la regeneración, *sin* interferir uno con otro. Importante: se debe evitar intercalar AINEs sistémicos en esta fase si se busca maximizar la respuesta a la fototerapia, ya que ciertos estudios sugieren que antiinflamatorios fuertes podrían también atenuar la biostimulación láser. En resumen, en fase aguda la criocompresión y el láser combinados de forma adecuada **mitigan la inflamación y el dolor rápidamente** mientras comienzan a sentar las bases para la reparación tisular.

Fase subaguda (proliferativa)

La fase subaguda abarca desde la resolución de la inflamación aguda hasta la consolidación de la reparación (usualmente desde ~3er día hasta la segunda-sexta semana, dependiendo del tejido). En esta etapa proliferativa, disminuye el exudado inflamatorio y el tejido lesionado es invadido por **fibroblastos, mioblastos, condrocitos** u otras células reparadoras según el caso, que forman nuevo tejido de granulación o cicatricial (colágeno, matriz extracelular, vasos sanguíneos nuevos). El objetivo terapéutico es **facilitar la regeneración celular y la formación organizada de la matriz de reparación**, optimizando la calidad del tejido reparado (por ejemplo, minimizar fibrosis excesiva, alinear fibras de colágeno funcionalmente) y continuar manejando el dolor/inflamación residual.

En la fase subaguda, la **terapia con láser** cobra un protagonismo mayor. El LLLT, aplicado consistentemente durante estas semanas, **estimula la proliferación celular** necesaria para la curación. Estudios han demostrado que la irradiación con láser rojo/infrarrojo aumenta la tasa de división de fibroblastos y su producción de colágeno tipo I. También promueve la **angiogénesis** (formación de microvasculatura), mejorando la oxigenación del tejido reparador. En esta fase, se pueden emplear dosis de láser ligeramente más altas que en agudo, enfocadas a bioestimulación: por ejemplo, **6–12 J/cm²** en puntos alrededor de una lesión muscular o tendinosa, o barridos láser sobre la zona con un total de 50–100 J por sesión en áreas amplias. La frecuencia de tratamiento suele ser diaria o cada 48 horas, ya que los efectos bioestimulantes del láser son acumulativos. Con la repetición, el láser **regula positivamente factores de crecimiento** (TGF- β , PDGF, bFGF) y **disminuye citocinas proinflamatorias crónicas** (como IL-6) a la vez que aumenta inhibidores de metaloproteinasas (TIMP), propiciando una síntesis de colágeno de mejor calidad y menor degradación de la matriz. En lesiones ligamentarias y tendinosas subagudas, esta terapia ayuda a que las fibras de colágeno se depositen más alineadas y resistentes.

La **criocompresión** sigue siendo útil en subagudo, aunque con menor frecuencia que en la fase aguda. Se puede reservar para **después de sesiones de fisioterapia o ejercicio terapéutico**, cuando es común cierta reagudización transitoria de la inflamación

(hiperemia reactiva, dolor post-ejercicio). Aplicar frío y compresión tras la rehabilitación (por ejemplo, 10–15 minutos) ayuda a controlar la inflamación reactiva y prevenir edema nocturno. Esto alivia el dolor pos-terapia y **disminuye la inflamación residual**, sin contrarrestar los beneficios del ejercicio. Al no haber ya un derrame agudo importante, puede espaciarse su uso (quizá 1–2 veces al día o según necesidad del paciente). Lo importante en subagudo es que la crioterapia no se utilice de forma tan prolongada o frecuente que pueda inhibir el metabolismo reparador; por ello, se equilibra su uso para manejo sintomático.

En esta fase, la **combinación** de láser y criocompresión suele aplicarse **en sesiones distintas del día** o separadas por horas: por ejemplo, sesiones de láser matutinas para estimular regeneración, y criocompresión vespertina tras ejercicios para calmar la zona. Si se desean combinar en una misma sesión, una estrategia es utilizar primero el láser (para aprovechar el tejido con flujo sanguíneo normal, optimizando la absorción y efecto celular) y luego, al finalizar ejercicios o movilizaciones, aplicar la criocompresión para aplacar cualquier irritación. De este modo se evitan posibles efectos antagónicos. En definitiva, en la fase subaguda la sinergia se logra al **usar el láser para acelerar la regeneración y la crioterapia para controlar la inflamación remanente**, optimizando la calidad de la reparación. Esto suele traducirse clínicamente en **mejora más rápida de la movilidad y disminución del dolor** conforme avanza la cicatrización.

Fase crónica (remodelación)

La fase crónica o de remodelación se extiende desde que el tejido reparado empieza a madurar hasta la recuperación completa de la función (semanas a meses tras la lesión, dependiendo de la gravedad). En esta etapa, el organismo reemplaza el tejido de granulación por una cicatriz más firme y organizada; las fibras de colágeno se realinean siguiendo las líneas de tensión y aumenta la resistencia tensil del tejido. No obstante, en lesiones crónicas o patologías degenerativas puede persistir una **inflamación de bajo grado** y edema crónico, así como dolor recurrente asociado a cambios fibróticos o neurogénicos. La estrategia en esta fase es **mejorar la calidad final del tejido** (por ejemplo, lograr un tendón más elástico, un músculo sin adherencias, un cartílago más estable) y **aliviar el dolor crónico** para recuperar la función óptima.

La **criocompresión** en fase crónica se utiliza principalmente para manejar **inflamación residual** o prevenir reagudizaciones. En tendinopatías crónicas, artritis y artrosis, suele haber congestión venosa o linfática local y liberación intermitente de mediadores inflamatorios que causan dolor e hinchazón leve después de la actividad. Aplicar frío con compresión tras esfuerzos o al final del día puede **disminuir esa inflamación subclínica** acumulada, reduciendo la tumefacción articular y la rigidez matutina en días posteriores. Por ejemplo, en pacientes con artrosis de rodilla, sesiones de crioterapia local han mostrado reducir el derrame articular y mejorar la amplitud de movimiento al disminuir la hinchazón y la temperatura articular elevada característica de la inflamación crónica. Aunque la crioterapia no revertirá por sí sola cambios degenerativos, su efecto vasoconstrictor y analgésico proporciona **alivio sintomático**, permitiendo al paciente hacer ejercicios de fortalecimiento y movilidad con menos molestia. Cabe señalar que en patologías crónicas la respuesta inflamatoria es necesaria para el remodelado continuo (por ejemplo, en tendón crónico, los ciclos de microinflamación estimulan la regeneración), por lo que la crioterapia debe emplearse con moderación, enfocada en

síntomas (dolor, hinchazón post-actividad) más que de forma rutinaria si no hay síntomas.

La **terapia láser** en la fase crónica tiene un rol dual: por un lado, **acelerar la remodelación** estimulando procesos celulares anabólicos, y por otro, **modular el dolor crónico** a nivel periférico y central. A nivel tisular, el láser (especialmente HPLT o combinaciones LED/LLLT de suficiente potencia) puede penetrar hasta planos profundos donde hay fibrosis o degeneración, estimulando células residentes (fibrocitos, tenocitos, condrocitos) para que sintetizen matriz de mejor calidad. En tendinopatías crónicas, por ejemplo, el LLLT puede inducir producción de colágeno más ordenado y mejorar la organización de las fibras con el tiempo, contribuyendo a restaurar parte de la capacidad tensil del tendón. Paralelamente, la fotobiomodulación actúa sobre la **inervación del dolor**: se ha visto que puede disminuir la excitabilidad de fibras C y A-delta (nociceptivas) y aumentar el umbral del dolor al estimular mecanismos inhibitorios locales. En condiciones como la artrosis, la combinación de efectos (disminución de inflamación crónica de bajo grado en la cápsula y efecto analgésico neural) resulta en mejora clínica. Un estudio en pacientes con osteoartritis de rodilla mostró que 10 sesiones diarias de láser de alta intensidad lograron **reducciones significativas del dolor (≈30–50% menos en la escala EVA)** y mejoras funcionales, atribuibles a la activación metabólica en tejidos profundos y a la modulación de los nociceptores articulares.

Así, en fase crónica suele recomendarse **terapia láser periódica** (por ejemplo, 2–3 veces por semana durante varias semanas) como parte de la rehabilitación, complementando ejercicios de fortalecimiento. La crioterapia se reserva para *flare-ups* o después de sesiones intensas, para mantener el proceso inflamatorio crónico bajo control. En patologías como tendinosis o fascitis plantar crónica, la combinación de estiramientos/ejercicios, LLLT frecuente y crioterapia post-ejercicio ha demostrado reducir el dolor y acelerar el retorno a la actividad

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. Es importante recalcar que en la fase de remodelación, el paciente a menudo ya realiza casi todas sus actividades; el uso combinado de estas terapias puede ser la diferencia para **eliminar los síntomas residuales** y evitar recaídas.

En resumen, durante la recuperación crónica la criocompresión ofrece control de la inflamación persistente y alivio en episodios de dolor, mientras que la terapia láser continúa impulsando la regeneración tisular y actuando como analgésico modulador. Esta sinergia ayuda a **optimizar la calidad del tejido cicatricial** (más fuerte, más funcional) y a **reducir el dolor crónico** asociado, permitiendo una reincorporación más completa a las actividades cotidianas y deportivas sin molestias.

3. Patologías específicas y tratamiento combinado

Lesiones musculares (desgarros, sobrecargas, contracturas)

En las **lesiones musculares agudas**, como desgarros o distensiones fibrilares, el beneficio de combinar criocompresión y láser está bien respaldado por los principios fisiológicos. Inmediatamente tras un desgarro muscular, se produce sangrado intramuscular, inflamación aguda y dolor intenso localizado. Aplicar criocompresión de forma precoz limita el sangrado y la formación del hematoma intramuscular al inducir

vasoconstricción y presión externa, lo cual **reduce la extensión del edema y la inflamación** en las primeras horas. Esto no solo alivia el dolor del paciente, sino que crea un entorno más limpio (menos detritos celulares y menos presión de líquido) para la reparación subsiguiente. La crioterapia también disminuye los espasmos reflejos en la musculatura circundante, ayudando a relajar el área lesionada. En lesiones por sobrecarga muscular o contracturas, el frío rompe el ciclo espasmo-dolor-espasmo al reducir la actividad nerviosa y otorgar un efecto anestésico temporal en las fibras musculares hipersensibles.

Una vez pasada la fase inmediata, la **terapia láser** se incorpora para acelerar la regeneración de las fibras musculares dañadas. El músculo es un tejido altamente vascularizado y rico en mitocondrias, lo que lo hace muy **responsive** al LLLT. La fotobiomodulación en músculos estimula las **células satélite musculares**, que son las células madre encargadas de reparar las fibras rotas, incrementando su proliferación y diferenciación. También reduce la infiltración de neutrófilos excesiva y el estrés oxidativo en el sitio de la lesión, lo que conlleva menos necrosis secundaria de fibras musculares adyacentes. En consecuencia, el músculo lesionado tiende a regenerar en vez de formar cicatriz fibrosa, recuperando mejor su estructura contráctil.

Para un **desgarro muscular grado II** (rotura parcial moderada, por ejemplo en el cuádriceps), un protocolo posible sería: criocompresión (10–15 minutos, 3–4 veces al día en las primeras 48 h), combinada a partir de las primeras 24 h con sesiones diarias de LLLT (láser IR de 808–904 nm) aplicando alrededor de 5–8 J/cm² en los bordes del área lesionada y zonas de dolor referidas. Este manejo busca controlar rápidamente el hematoma y dolor, y simultáneamente iniciar la regeneración. Estudios en animales y clínica deportiva sugieren que esta combinación puede **acortar los tiempos de recuperación muscular**. Por ejemplo, en modelos experimentales de lesión, músculos tratados con láser mostraron mayor tamaño de fibras regeneradas y menos tejido cicatricial que controles, en cuestión de días.

En **lesiones por sobrecarga** (microrroturas difusas, DOMS o agujetas intensas tras ejercicio), la terapia con láser se ha destacado como muy efectiva para la recuperación. Ensayos clínicos en humanos han demostrado que la fototerapia muscular post-ejercicio reduce significativamente los niveles de CK (creatina quinasa, marcador de daño muscular) y el dolor muscular de inicio tardío, restaurando la fuerza muscular más rápidamente que la crioterapia o el descanso

lasertherapyu.org

. En un estudio, un grupo que solo recibió PBM (láser+LED) después de ejercicios excéntricos recuperó su fuerza muscular basal a las 24 h y tuvo menos dolor, mientras que los que recibieron hielo o hielo+láser tuvieron una recuperación más lenta

lasertherapyu.org

. Esto sugiere que, para lesiones por sobreuso o DOMS, el láser por sí solo es “el mejor modulador” de la restitución muscular post-ejercicio. No obstante, la crioterapia puede seguir empleándose de forma puntual para aliviar el dolor intenso inmediato o la hinchazón si la hubiera. Lo importante es **no aplicar el hielo simultáneamente con el láser** en este contexto, pues como vimos, podría mitigar los beneficios de la fototerapia

lasertherapyu.org

. En la práctica deportiva, una estrategia es usar crioterapia breve inmediatamente tras el ejercicio para analgesia, y unas horas más tarde (o al día siguiente) aplicar el láser para maximizar la regeneración sin interferencias.

En **contracturas musculares** (contractura paravertebral, puntos gatillo), el láser de alta potencia puede ser muy útil. Estos láseres (por ejemplo Nd:YAG 1064 nm clase IV) pueden penetrar varios centímetros en el tejido muscular y producir un efecto térmico moderado que **relaja la musculatura y aumenta la circulación local**, al tiempo que su efecto fotoquímico reduce la sensibilización de nociceptores. Así, en una contractura lumbar, se podría combinar calor profundo por láser HILT con crioterapia posterior para aprovechar la relajación muscular y luego reducir cualquier edema reactivo. Sin embargo, suele preferirse **alternar días**: un día terapia láser profunda para soltar el músculo, y otro día crioterapia (como criomasaaje) para tratar puntos dolorosos residuales.

Los parámetros recomendados variarán según la gravedad de la lesión muscular: para **lesiones agudas** se sugieren láseres en modo pulsado o superpulsado (p. ej. 904 nm) con dosis totales de ~50 J distribuidos en la zona (evitando concentrar demasiada energía en tejido muy inflamado), mientras que en **lesiones subagudas/crónicas musculares** se pueden usar modos continuos con dosis mayores (100–200 J total en un músculo grande) a lo largo de varios minutos, ya que el tejido tolera más. La criocompresión suele mantenerse 15 min por aplicación en agudo, y puede reducirse a 10 min en subagudo o tras ejercicio para no enfriar en exceso un músculo que debe seguir activo.

En síntesis, para lesiones musculares la criocompresión brinda un **primer auxilio óptimo** reduciendo inflamación y dolor, y la terapia láser acelera la **regeneración de las fibras musculares** y reduce las secuelas (como fibrosis o debilidad). Los pacientes típicamente reportan menos dolor y un retorno más rápido a la función: hay casos documentados de atletas tratados con frío + láser que retomaron entrenamientos intensos en un tiempo sensiblemente menor al habitual. Esto se traduce en una clara **ventaja clínica**, especialmente en deporte de élite donde acortar la convalecencia muscular es crucial.

Lesiones articulares (esguinces, tendinopatías, artritis, artrosis)

En las lesiones articulares y periarticulares, la combinación de criocompresión y láser también ofrece beneficios complementarios. **Esguinces ligamentarios agudos** (p. ej. esguince de tobillo) cursan con edema importante, dolor, inestabilidad y daño microscópico de fibras de colágeno en el ligamento. La criocompresión en la fase aguda de un esguince es fundamental para limitar el derrame articular y el edema periligamentario; al reducir la extravasación de plasma se **disminuye la tumefacción** y se alivia la tensión dolorosa sobre la cápsula articular. Además, el frío reduce la conductancia nerviosa en las fibras sensitivas articulares, mitigando el dolor intenso inicial. Esto logra que, tras las primeras 48 horas de crio, la articulación esté menos inflamada y más manejable para iniciar movilizaciones suaves.

Conforme avanza la recuperación de un esguince, la **terapia láser** acelera la reparación del ligamento lesionado. Los ligamentos y cápsulas articulares, al ser tejidos de colágeno relativamente pobremente vascularizados, se benefician de la bioestimulación para **aumentar la actividad de los fibroblastos** locales. El LLLT promueve la síntesis de colágeno tipo I y III en el ligamento dañado, favoreciendo una cicatrización más sólida y

organizada. También puede **mejorar la neo-vascularización** en la zona de inserción ligamentaria, aumentando el aporte de nutrientes necesario para la remodelación. En estudios sobre tendones y ligamentos, se ha visto que el láser optimiza la alineación de las nuevas fibrillas y aumenta la resistencia tensil más rápidamente que la curación natural. De hecho, una revisión sistemática halló que la LLLT aplicada con parámetros adecuados puede ofrecer un **alivio del dolor clínicamente relevante y una recuperación funcional más rápida en tendinopatías** de hombro comparada con placebo. Para un esguince moderado de tobillo, por ejemplo, se podrían aplicar 3 sesiones semanales de LLLT (infrared ~810 nm, 6–10 J/cm² por punto a lo largo del ligamento lateral externo), logrando reducir el dolor e inflamación, especialmente cuando se combina con ejercicios y crioterapia post-ejercicio.

En las **tendinopatías crónicas** (como tendinosis rotuliana, tendinopatía aquilea crónica o epicondilitis lateral), la inflamación clásica puede ser mínima, pero hay degeneración de la matriz, fibras colágenas desorganizadas y neovascularización patológica. Aquí, la crioterapia sirve principalmente como **analgésico** tras la actividad o en crisis dolorosas. Por ejemplo, en una tendinopatía aquilea, aplicar frío local tras correr puede disminuir la inflamación reactiva de la vaina tendinosa y el dolor, aunque no cambia la patología subyacente. El **láser**, en cambio, busca **estimular la reparación celular intrínseca del tendón**. Estudios recientes (como un meta-análisis de 2022) confirman que la LLLT puede **reducir significativamente el dolor y la discapacidad en tendinopatías de extremidad inferior a corto y mediano plazo**

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. El protocolo efectivo suele implicar dosis relativamente altas administradas a lo largo de varias semanas. Por ejemplo, para epicondilitis (codo de tenista) crónica, se reportan buenos resultados con láser 904 nm superpulsado, 50 J por punto, 2-3 veces por semana durante 4 semanas, reduciendo el dolor y mejorando la fuerza de agarre. En el tendón de Aquiles, combinaciones de láser (8–10 J/cm²) más ejercicio excéntrico han mostrado mejorar más la función que solo ejercicio. La crioterapia se puede usar tras esos ejercicios excéntricos para modular el dolor. En síntesis, en tendinopatías la **fototerapia es un pilar terapéutico emergente** para mejorar la calidad del tejido tendinoso, mientras el frío se utiliza como coadyuvante analgésico.

En **artritis** (inflamación articular, como la artritis reumatoide) y **artrosis** (degeneración articular, osteoartritis), la combinación de estas terapias apunta a controlar la inflamación sin fármacos en la medida de lo posible y mejorar la función articular. En **brotes agudos de artritis** inflamatoria, la crioterapia local puede aliviar significativamente el dolor y enrojecimiento de la articulación afectada al reducir la sinovitis activa. Se emplean baños de contraste o criopacks regulares para disminuir la temperatura articular, lo que a su vez **frena la producción de enzimas degradativas** por la membrana sinovial y baja la extravasación de líquido sinovial. Muchos pacientes con artritis encuentran en el frío un alivio semejante al de los AINEs tópicos, pero sin efectos sistémicos. No obstante, se debe tener precaución de no enfriar excesivamente articulaciones con mala circulación periférica o en pacientes con fenómeno de Raynaud (posible en artritis autoinmunes).

El **láser en artritis** puede ejercer efectos inmunomoduladores locales. En modelos de artritis reumatoide se ha observado que la LLLT reduce niveles de TNF- α e IL-1 en el

líquido sinovial, mediadores clave de la inflamación articular. Clínicamente, la fototerapia en artritis reumatoide de manos, por ejemplo, ha mostrado disminuir el dolor a la presión y mejorar la movilidad de las articulaciones interfalángicas cuando se aplica regularmente, actuando probablemente a través de la modulación del sistema inmune local y la mejora de la microcirculación en la sinovia. En **osteoartrosis** (artrosis), la terapia láser de alta intensidad ha ganado popularidad como tratamiento no farmacológico para el dolor crónico. Como se mencionó, en gonartrosis (artrosis de rodilla) la HILT puede proporcionar analgesia rápida. Adicionalmente, hay indicios de que la fotobiomodulación podría estimular condrocitos en cartílago remanente y producir un efecto condroprotector leve, aunque la capacidad de regenerar cartílago es limitada. Algunos estudios en animales han visto disminución de la progresión de lesiones de cartílago con láser, pero en humanos la evidencia se limita sobre todo a mejoría del dolor y la función. Aun así, esta mejoría es muy valiosa pues permite al paciente con artrosis realizar ejercicios de fortalecimiento (fundamentales para proteger la articulación) con menos dolor, creando un círculo virtuoso.

En **resumen**, para lesiones articulares agudas (esguinces) se emplea criocompresión intensiva en las primeras fases para controlar edema y dolor, seguida de láser para fortalecer la reparación del tejido conectivo lesionado. En **lesiones articulares crónicas** (tendinopatías, artrosis), el láser se convierte en un aliado principal para estimular la calidad tisular y reducir la inflamación crónica de bajo grado, mientras que el frío se usa de forma reactiva para controlar el dolor e inflamación episódicos. Esta combinación aborda tanto la **estructura** (mejorando el tejido) como los **síntomas** (dolor, hinchazón), lo que frecuentemente se traduce en una mejoría funcional superior a la obtenida con una sola modalidad. De hecho, un estudio polaco con pacientes gonarthrosis (artrosis de rodilla) encontró que añadir crioterapia y presoterapia a un programa de láser producía mejores resultados analgésicos que el láser solo, subrayando el valor de un enfoque multimodal.

Edema postoperatorio

El manejo del **edema postoperatorio** es otro campo donde la criocompresión combinada con láser puede brindar beneficios significativos. Tras una cirugía ortopédica o de tejidos blandos, es común la inflamación y acumulación de líquido en la zona intervenida, lo cual causa dolor, limita la movilidad y puede retrasar la recuperación. La **criocompresión** postquirúrgica ha sido ampliamente estudiada, especialmente en cirugías articulares como reconstrucciones de ligamento o artroplastias (prótesis). La evidencia indica que el uso de sistemas de frío + compresión intermitente en el postoperatorio inmediato **reduce el edema y el dolor más eficazmente que el hielo solo**

pmc.ncbi.nlm.nih.gov

. Por ejemplo, en pacientes operados de rodilla (ligamento cruzado anterior, prótesis, artroscopías), aquellos tratados con dispositivos de criocuff con compresión tuvieron menos hinchazón a los 2–3 días post-op y refirieron menos dolor que pacientes con crioterapia convencional sin compresión

pmc.ncbi.nlm.nih.gov

. Esta reducción del edema se traduce en una mejor movilidad articular temprana y menor uso de analgésicos. Por ello, muchos protocolos de rehabilitación postquirúrgica incluyen criocompresión varias veces al día durante la primera semana tras la cirugía.

Agregar la **terapia con láser** en etapas tempranas del postoperatorio puede potenciar la recuperación al **acelerar la cicatrización de tejidos** (piel, músculo, tendón) y combatir la inflamación quirúrgica. En cirugías con incisiones, el LLLT aplicado sobre la herida (una vez que hay integridad básica de la piel o puntos) estimula la actividad de queratinocitos y fibroblastos, resultando en una **cicatrización más rápida y con menor cicatriz**. Estudios en cirugía bucal y maxilofacial han mostrado que la irradiación láser de baja potencia sobre heridas quirúrgicas disminuye la inflamación, el dolor y favorece una epitelización más temprana. De forma similar, tras cirugías ortopédicas, el láser puede reducir la fibrosis posquirúrgica interna. Un estudio en ratas operadas de reconstrucción de ligamento cruzado encontró que la LLLT diaria post-cirugía **inhibió la expresión de interleucina-1 β en la cápsula articular y atenuó los cambios fibróticos** (formación de tejido cicatricial rígido) en la articulación, resultando en menor contractura articular postquirúrgica

pmc.ncbi.nlm.nih.gov

. Esto sugiere que en humanos, aplicar láser tras cirugías como LCA o reparaciones tendinosas podría ayudar a prevenir adherencias excesivas y rigideces, preservando el rango de movimiento.

En la práctica, un protocolo combinado postoperatorio podría ser: inmediatamente tras la cirugía y en los días siguientes, usar un dispositivo de criocompresión (p.ej. Zamar) sobre la zona operada en sesiones de 20 minutos cada 2–4 horas, para controlar edema y dolor. A partir de las 24–48 horas, añadir **sesiones de láser** (siempre cumpliendo medidas de asepsia en caso de heridas abiertas: usando film transparente estéril sobre la herida, por ejemplo, para aplicar el láser sin contaminar). El láser se aplicaría alrededor de la incisión quirúrgica y sobre tejidos blandos circundantes con una densidad de energía baja-moderada (ej. 4 J/cm² por punto) para bioestimulación sin sobrecalentamiento. Si la cirugía involucró reparación de tendón o ligamento, también se puede aplicar láser sobre esas estructuras (siguiendo la anatomía) para promover la síntesis de colágeno. La frecuencia podría ser diaria durante la primera semana, luego espaciada. Muchos fisioterapeutas reportan que pacientes sometidos a artroplastia de rodilla que reciben láser postoperatorio **recuperan rangos articulares más rápidamente** (hasta un 30% más de flexión en fases tempranas) que aquellos sin láser, presumiblemente por menor edema y dolor, permitiendo empujar más la movilidad

arthritisandsports.com

.

Otro beneficio importante de esta combinación en el postoperatorio es la **prevención de complicaciones**. Al reducir el estancamiento de líquido y mejorar la circulación (el frío seguido de recalentamiento provoca vasodilatación refleja, y el láser también mejora la perfusión), se disminuye el riesgo de trombosis venosa profunda y acelera la reabsorción de hematomas. Además, el láser tiene cierto efecto **biocida superficial** (por liberación de radicales libres en ciertas frecuencias), por lo que podría contribuir a mantener la herida limpia de bacterias, aunque esto no sustituye cuidados de asepsia convencionales.

En **cirugía plástica** o trauma facial, donde el edema posquirúrgico es muy visible, se han empleado con éxito tanto crioterapia local como láser de baja intensidad para acelerar la resolución de la hinchazón y mejorar la apariencia de la cicatriz. Los pacientes a menudo refieren que la combinación les proporciona confort (por el frescor analgésico del frío) y notan menos inflamación al día siguiente de la cirugía comparado con experiencias previas sin esos tratamientos.

En suma, el edema postoperatorio puede abordarse eficazmente con criocompresión para una rápida reducción de la hinchazón y el dolor, mientras la terapia láser complementa al **promover la curación de la herida quirúrgica y de los tejidos internos dañados**, así como al moderar la respuesta inflamatoria post-trauma quirúrgico. Esta combinación suele traducirse en **rehabilitaciones postquirúrgicas más rápidas y cómodas**: por ejemplo, pacientes de reconstrucción ligamentaria que alcanzan antes la extensión y flexión completas de rodilla, o pacientes de cirugía de manguito rotador con menor dolor nocturno y mejor movilidad temprana al combinar ambas terapias.

Dolor crónico y neuropático

El tratamiento del **dolor crónico** musculoesquelético y neuropático presenta desafíos particulares, ya que a menudo involucra mecanismos sensibilizados del sistema nervioso. En estos casos, las intervenciones físico-terapéuticas buscan aliviar el dolor sin fármacos y mejorar la calidad de vida. La criocompresión y la terapia láser pueden utilizarse con ciertos matices en pacientes con dolor crónico.

Para el **dolor crónico musculoesquelético** (por ejemplo, lumbalgias crónicas, dolor miofascial, artrosis avanzada dolorosa), la crioterapia continúa siendo útil como analgesia temporal. Aplicaciones locales de frío pueden adormecer terminaciones nerviosas hipersensibles y reducir espasmos musculares asociados, otorgando al paciente horas de alivio. Por ejemplo, en un paciente con **fibromialgia** o dolor miofascial generalizado, los criomasajes o incluso la crioterapia de cuerpo entero (sauna de frío) han mostrado reducir la percepción dolorosa al provocar liberación endorfinica y disminuir la conducción nerviosa de dolor. Sin embargo, en estos pacientes con **hipersensibilidad central**, hay que ser cauteloso: algunos pueden tener intolerancia al frío, donde un estímulo frío intenso podría desencadenar más dolor (fenómeno de hiperalgia paradójica). Es importante individualizar: se suele comenzar con exposiciones breves y moderadas al frío para verificar tolerancia.

La **terapia láser** en dolor crónico actúa a nivel más **profundo en la modulación neurológica**. Estudios sugieren que la fotobiomodulación puede inducir efectos similares a la estimulación nerviosa transcutánea (TENS) en cuanto a activar mecanismos inhibitorios del dolor (como la teoría de la compuerta a nivel medular y liberación de opioides endógenos). Además, al mejorar la circulación y reducir la inflamación crónica de bajo grado, el láser elimina “generadores periféricos” de señales de dolor. En dolor lumbar crónico inespecífico, por ejemplo, se ha visto que el láser de alta intensidad reduce el dolor y la discapacidad probablemente mediante reducción de contractura muscular profunda y modulación de puntos gatillo paravertebrales. Igualmente, en pacientes con **osteoartritis crónica** con dolor persistente, la HILT demostró proporcionar alivio rápido tras cada sesión, ayudando a disminuir la dependencia de analgésicos.

En el **dolor neuropático periférico** (como neuropatía diabética, síndrome del túnel carpiano leve, neuralgia postherpética), la terapia con láser se ha explorado como opción

de neuromodulación. La luz láser puede *acelerar la regeneración nerviosa* tras una lesión: por ejemplo, estudios en ratas con sección nerviosa muestran que el láser acelera la remielinización y la reconexión funcional de nervios periféricos. En neuropatías crónicas, donde hay dolor por disfunción nerviosa, la LLLT puede reducir la inflamación neurogénica y mejorar la función de los nervios afectados. Algunos pacientes con neuropatía diabética han reportado disminución de parestesias y dolor urente tras ciclos de láser en pies, atribuible a mejoría microvascular y liberación de factores de crecimiento neuronal. Combinar esto con crioterapia requiere prudencia: si la sensibilidad está alterada, el frío intenso podría no ser percibido correctamente y causar daño (quemadura por frío). Por lo tanto, en neuropatías se utilizan solo formas muy suaves de crioterapia (por ejemplo frío moderado por pocos minutos) principalmente con fines analgésicos agudos, o incluso se evita si el paciente no distingue bien temperaturas.

Un escenario complejo es el del **dolor regional complejo (CRPS)** o síndromes de dolor central, donde la respuesta a estímulos es exagerada. En tales casos, algunos terapeutas usan contrastes térmicos suaves para “reseducir” el sistema nervioso. Un láser de baja potencia puede ser beneficioso porque no aporta un estímulo mecánico ni térmico fuerte, sino luz indolora que modula la inflamación y podría calmar un poco la hiperactividad simpática. De nuevo, la crioterapia aquí se usa con extremo cuidado o se evita si desencadena dolor.

En cuanto a **precauciones en pacientes con hipersensibilidad**, se deben **ajustar los parámetros**. Si un paciente no tolera el frío directo, se puede utilizar compresión con enfriamiento leve (por ejemplo a 15°C en lugar de 5°C) o envolver la zona con un paño para reducir la intensidad. Con el láser, si hay alodinia táctil, se puede empezar aplicando el láser a cierta distancia o con modos pulsátiles para evitar sensación de calor o cosquilleo que algunos pacientes perciben. La ventaja es que la mayoría de LLLT no provoca sensación alguna, por lo que suele ser bien tolerada incluso por personas muy sensibles al tacto.

En **dolor crónico generalizado** (p. ej. fibromialgia), la combinación de crioterapia y láser puede formar parte de un enfoque multidisciplinario: la crioterapia de cuerpo entero se ha usado en fibromialgia con reportes de reducción del dolor y fatiga, mientras que la fototerapia puede utilizarse en puntos específicos de mayor dolor (cuello, hombros, zona lumbar) para modular la inflamación local y mejorar la energía celular, dado que se ha visto cierta disfunción mitocondrial en estos pacientes.

En conclusión, en dolor crónico y neuropático, la criocompresión proporciona alivio sintomático temporal especialmente en componentes musculoesqueléticos, y el láser ofrece una herramienta de **neuromodulación no invasiva** que a mediano plazo puede disminuir la intensidad y frecuencia del dolor. Debe atenderse la respuesta individual: algunos pacientes encontrarán más beneficio en el frío, otros en el láser, y la combinación secuencial puede requerir ajustes (por ejemplo, usar láser primero para disminuir la sensibilización y luego frío corto para aprovechar analgesia). Siempre se deben **evitar las contraindicaciones**: no aplicar frío extremo en una zona con neuropatía severa o alteraciones vasculares, y no aplicar láser de alta potencia en un área anestésica sin control preciso. Con esas precauciones, muchos pacientes con dolor crónico difícil reportan mejorías modestas pero significativas en su dolor al añadir estas terapias, reduciendo su dependencia de fármacos analgésicos.

Recuperación post-ejercicio (fatiga muscular)

La recuperación tras el ejercicio intenso es crucial tanto para atletas de alto rendimiento como para personas en programas de acondicionamiento físico. Tradicionalmente, métodos como baños de hielo o compresión han sido utilizados para reducir el dolor muscular post-esfuerzo y acelerar la recuperación. Hoy sabemos que la **crioterapia** post-ejercicio puede disminuir la percepción de dolor (DOMS) al reducir la inflamación y crear analgesia local, pero su efecto en la recuperación funcional es controvertido. Por otro lado, la **fototerapia láser/LED** se ha posicionado como una herramienta muy efectiva para mejorar la recuperación muscular y el rendimiento subsecuente.

Numerosos estudios, incluyendo ensayos clínicos controlados, han evaluado comparativamente el hielo y el láser tras ejercicio. En general, se ha observado que el **láser de baja intensidad** (solo) favorece una recuperación más rápida de la fuerza y reduce marcadores de daño muscular más eficazmente que la crioterapia tradicional

lasertherapyu.org

. Por ejemplo, en un estudio (De Marchi et al., 2017), un grupo de sujetos realizó contracciones excéntricas máximas de cuádriceps para inducir daño muscular; al comparar las intervenciones post-ejercicio, el grupo tratado con fotobiomodulación tuvo a las 24 h prácticamente una recuperación completa de la fuerza muscular inicial, mientras que los grupos con hielo o placebo aún mostraban déficit de fuerza y mayor estrés oxidativo. En otro estudio similar, solo el grupo de láser logró volver a niveles basales de fuerza en 24 h, concluyendo que el láser es “la mejor modalidad para mejorar la restitución post-ejercicio”. La crioterapia, si bien redujo algo el dolor muscular subjetivo, **no mejoró la capacidad funcional** en igual medida y, combinada simultáneamente con el láser, pareció atenuar los beneficios del mismo.

A partir de estos hallazgos, la recomendación moderna para **recuperación post-ejercicio** es priorizar la fototerapia (LLLT/LED) para maximizar la regeneración muscular y la reducción de inflamación subcelular, y emplear la crioterapia principalmente para **alivio sintomático inmediato** si el dolor muscular es muy alto. Muchos equipos deportivos de élite han ajustado sus rutinas: por ejemplo, usan sesiones de luz roja e infrarroja tras entrenamientos o competencias para acelerar la recuperación metabólica muscular, y reservan técnicas de frío (como inmersión en agua fría o dispositivos de compresión fría) para cuando hay golpes, contusiones o dolores articulares concomitantes. Si se desea utilizar ambos, un protocolo sugerido es **no aplicarlos al mismo tiempo**. Se puede aplicar primero el láser (justo tras acabar el ejercicio, durante los minutos de enfriamiento corporal) para desencadenar la cascada bioquímica pro-recuperación, y luego tras unas horas, o al día siguiente, usar crioterapia breve en zonas que aún duelan para analgesia adicional. Esto evita la posible interferencia del frío sobre la biología proactiva inducida por el láser.

La fototerapia para recuperación suele involucrar dispositivos de LED de gran superficie o múltiples diodos láser, tratando grupos musculares enteros (cuádriceps, isquiotibiales, gemelos) con dosis alrededor de 5–6 J/cm² por grupo muscular, entregados típicamente en 5–10 minutos totales. Se ha visto que esto **reduce la inflamación intramuscular sin eliminarla por completo**, es decir, controla la inflamación lo suficiente para que no cause daño, pero permite la señalización necesaria para la adaptación muscular. En cambio, la crioterapia post-ejercicio puede, si es muy intensa o prolongada, eliminar

demasiado la respuesta inflamatoria y potencialmente **retrasar algunas adaptaciones** al entrenamiento. Por eso hoy en día se aconseja que los atletas no abusen del hielo justo después de cada sesión si buscan hipertrofia o ganancias de rendimiento, ya que podrían inhibir algunas vías anabólicas dependientes de la inflamación.

Dicho esto, la **sensación de fatiga** y dolor es real e impacta el desempeño en días consecutivos; ahí es donde la criocompresión medida (unos 10 minutos a 10°C, por ejemplo) después de entrenar puede permitir al atleta sentirse más recuperado al día siguiente, sin un efecto sustancialmente negativo en la adaptación, siempre y cuando no sea excesiva. Cada atleta puede adaptarlo: algunos alternan días de crioterapia y días de láser; otros usan solo láser para recuperar y solo usan hielo para lesiones.

Un campo donde la combinación podría ser ideal es en **ultramaratonés u eventos de varios días**, donde el cuerpo sufre microrroturas y inflamación acumulativa: se podría aplicar crioterapia local en zonas muy cargadas (para aliviar dolor puntual) y fototerapia general para asistir en la recuperación global muscular y disminuir la fatiga. Esto ayudaría a mantener un rendimiento más parejo en etapas sucesivas.

En síntesis, para optimizar la **recuperación tras el ejercicio**, la fototerapia se erige como una herramienta científicamente respaldada para **disminuir el daño muscular y restaurar la función rápidamente**

lasertherapyu.org

, mientras que la crioterapia ofrece beneficios en la **disminución del dolor percibido** y posiblemente en la reducción de inflamación superficial. Combinadas de forma estratégica (no simultánea), pueden permitir al deportista entrenar con mayor frecuencia e intensidad, al reducir tanto el daño como las molestias, mejor que si solo se empleara una u otra. La clave está en ajustarlas al plan de entrenamiento, evitando que la crioterapia interfiera en la fase anabólica que el láser y el propio ejercicio propician.

Casos en los que no se recomienda (contraindicaciones y precauciones)

Si bien la criocompresión Zamar y la terapia láser son técnicas seguras en la mayoría de pacientes, existen **casos específicos donde no se aconsejan** o requieren precauciones especiales:

Contraindicaciones de criocompresión:

- *Trastornos vasculares periféricos severos:* En pacientes con enfermedad arterial periférica avanzada o síndrome de Raynaud, la vasoconstricción por crioterapia puede agravar la isquemia distal. Está contraindicado aplicar frío intenso en extremidades con circulación comprometida.
- *Hipersensibilidad o alergia al frío:* Personas con urticaria a frigore (alergia al frío) desarrollan ronchas, inflamación e incluso reacción sistémica ante exposiciones frías. Igualmente, en crioglobulinemia o hemoglobinuria paroxística a frío, el frío puede desencadenar reacciones peligrosas. En estos pacientes no debe usarse criocompresión.
- *Alteraciones sensoriales graves:* Si el paciente tiene neuropatía periférica con pérdida sensitiva (p. ej., en diabéticos con neuropatía avanzada) o lesión medular, el uso de crioterapia debe ser muy cauteloso ya que no sentiría si el frío es

excesivo, pudiendo ocasionar lesiones por congelación en la piel. En zonas anestesiadas no se recomienda a no ser que sea un frío muy leve y controlado.

- *Heridas abiertas e infecciones cutáneas:* La criocompresión Zamar está diseñada para aplicarse sobre piel intacta. No debe colocarse directamente sobre heridas quirúrgicas abiertas o infecciones activas de la piel, para evitar retrasar la cicatrización local o diseminar una infección por vasoconstricción (aunque el frío en sí tiene cierto efecto bacteriostático, la compresión podría extender la infección). En tales casos, se espera hasta tener integridad cutánea básica o se recubre la herida de forma estéril antes de aplicar frío alrededor.
- *Áreas con injertos o alteraciones de la integridad cutánea:* En pacientes con injertos de piel recientes o zonas de ulceración, la crioterapia puede no ser apropiada porque la perfusión ya está comprometida.

Contraindicaciones de terapia láser:

- *Presencia de tumores malignos:* No se debe aplicar láser terapéutico directamente sobre tumores malignos conocidos ni en sus alrededores inmediatos. Aunque la evidencia es mixta, existe la preocupación teórica de que la bioestimulación pudiera acelerar la proliferación de células cancerosas o metastásicas

aspenslaser.com

. Por precaución, se evita el láser en pacientes oncológicos sobre áreas tumorales (se puede usar en zonas alejadas para manejo del dolor, con autorización médica).

- *Embarazo:* Si bien el láser no ioniza ni penetra demasiado profundo, se recomienda no aplicarlo en zona abdominal o lumbar de mujeres embarazadas, por desconocerse efectos sobre el feto o el útero (especialmente evitar cerca de vientre en primeros meses y zona lumbo-pélvica en últimos meses). En extremidades, cuello y cabeza podría usarse con precaución si es imprescindible, pero en general se pospone la fototerapia hasta post-parto a menos que un médico lo indique.
- *Glándula tiroides:* Se evita dirigir el haz láser directamente sobre la zona anterior del cuello donde está la tiroides, dado que podría inducir alteraciones hormonales o inflamatorias. Esta es una contraindicación relativa: algunos equipos la permiten con baja dosis, pero la mayoría prefiere no arriesgar.
- *Ojos:* Nunca se mira directamente el haz láser ni se apunta a los ojos; es obligatorio el uso de gafas de seguridad específicas para el rango de onda del láser tanto por el paciente como por el terapeuta, incluso para LLLT de baja potencia, pues un contacto accidental con la retina puede causar lesión.
- *Fotosensibilidad:* Pacientes que estén tomando medicamentos fotosensibilizantes (ciertos antibióticos como tetraciclinas, isotretinoína, algunos diuréticos tiazídicos, etc.) o con patologías que causen fotosensibilidad (porfiria, lupus) podrían tener reacciones exacerbadas a la luz del láser, aunque es luz roja/IR y no UV. Aun así, mejor prudencia: iniciar con dosis muy bajas en una zona de prueba.

- *Marcapasos u otros dispositivos electrónicos implantados:* Si bien el láser no es corriente eléctrica, algunos fabricantes advierten precaución al aplicar muy cerca de marcapasos o implantes electrónicos activos, por riesgo teórico de interferencia (especialmente con láseres de alta potencia cuyo módulo de alimentación pudiera generar campos electromagnéticos pequeños). Esto no es una contraindicación formal pero se suele alejar unos centímetros del dispositivo o consultar con el cardiólogo.
- *Epilepsia:* En pacientes epilépticos fotosensibles, se debe tener cuidado de no emitir pulsos visibles de luz a frecuencias que pudieran desencadenar crisis. La mayoría de LLLT usa infrarrojo invisible o luz roja continua, que no deberían causar problemas, pero se debe evitar modos estroboscópicos rápidos en el espectro visible.
- *Áreas de infección activa:* Aunque el láser suele tener efecto beneficioso en cicatrización, si hay un absceso o infección supurativa fuerte, algunos evitan aplicar láser directamente sobre esa área hasta que esté drenada o controlada con antibióticos, por precaución de no estimular bacterias. No está claro si el láser podría agravar infecciones, pero se prefiere tratar la infección primero.

Precauciones especiales al combinar crioterapia y láser:

- *Secuencialidad:* No aplicar el láser de alta potencia inmediatamente sobre un área insensible por el frío. Esperar a que la piel recupere algo de temperatura (unos minutos) o usar potencias bajas inicialmente, para asegurarse de no causar una quemadura inadvertida.
- *Monitoreo de la piel:* Tanto el frío como el láser pueden enrojecer la piel (eritema reactivo). Es importante vigilar la integridad cutánea. Si se nota palidez excesiva, áreas blancas (posible congelamiento) o eritema persistente tras el frío, suspender hasta evaluar. Si con el láser apareciera enrojecimiento intenso, calor excesivo o dolor, detener inmediatamente (especialmente con HILT).
- *Comunicación con el paciente:* A veces tras la crioterapia el paciente tiene la zona entumecida y puede no distinguir bien lo que siente con el láser. El terapeuta debe guiarse por tiempo/dosis más que por feedback sensorial del paciente en ese caso. Siempre dosificar de menos a más cuando se combinan.
- *No sobrepasar tiempos recomendados:* Un error común sería pensar “como el frío quita el dolor, puedo hacer láser por más tiempo”. Esto puede conducir a sobredosificación. Se debe respetar los protocolos del láser (energía total) independientemente de la analgesia inducida por el frío.

En resumen, **no se recomienda la combinación** (o el uso individual de estas terapias) en pacientes que presenten **contraindicaciones específicas de alguna de ellas**, y se deben tomar **precauciones de seguridad** para evitar lesiones iatrogénicas. En la gran mayoría de casos, con una evaluación adecuada y uso correcto, la criocompresión y el láser son seguros y altamente beneficiosos; simplemente hay que excluir esas situaciones especiales (p. ej. no usar crioterapia en un pie con arteriopatía severa, no usar láser sobre un tumor) donde los riesgos superarían a los beneficios.

4. Protocolos de aplicación combinada

Tiempos y secuencia recomendados

El éxito de combinar criocompresión y láser depende en buena medida de cómo se **dosifican y secuencian** ambas terapias. A continuación se detallan lineamientos generales sobre la duración y frecuencia óptimas en diferentes contextos, así como el orden de aplicación:

- **Duración de la criocompresión:** Por lo general, las aplicaciones de crioterapia local con compresión se mantienen entre *10 y 20 minutos* por sesión. En la fase aguda de lesiones, se tiende al rango superior (15-20 min) para maximizar el enfriamiento de tejidos más profundos. Estudios han mostrado que sesiones prolongadas (ej. >20 min) no necesariamente aportan mucho más beneficio y aumentan el riesgo de efectos indeseados como lesión cutánea por frío. Por tanto, se recomienda 15 minutos estándar en agudo, pudiendo repetirse cada 2 horas inicialmente. En fases subagudas, con 10-15 minutos 1-2 veces al día suele ser suficiente para controlar síntomas. La compresión cíclica intermitente integrada (como en Zamar) suele programarse en ciclos de inflado/descanso de ~1 minuto durante esos 15 min, lo que mejora la penetración del frío y el bombeo de líquidos. En postoperatorio inmediato, a veces se indican sesiones un poco más largas (20 min cada hora) durante las primeras 24h, pero siempre vigilando la piel.
- **Tiempo de aplicación del láser:** La duración de un tratamiento con láser depende del área a tratar y la potencia del equipo, expresándose más apropiadamente en **energía total administrada (Julios)**. Con láseres de baja potencia, tratar un área pequeña (por ejemplo epicóndilo lateral) puede requerir 3-4 minutos para entregar unos 12 J, mientras que un área grande (espalda baja) puede requerir 15-20 minutos para cubrir todos los puntos con la dosis adecuada. En clínica, es habitual sesiones de láser de *5 a 15 minutos* por región anatómica. Por ejemplo, un protocolo para tendón de Aquiles crónico: 6 puntos a 5 J cada uno = 30 J total, con un láser de 100 mW eso toma ~5 minutos por tendón. En cambio, con un láser de 1 W (1000 mW), esos 30 J se entregan en 30 segundos (pero habría que moverlo por la zona). En láseres de alta potencia, se suelen hacer barridos continuos por la zona durante *5-10 minutos*, entregando cientos de Julios en total, pero distribuidos para no sobrecalentar. En resumen, la **densidad de energía** aplicada es el factor: para tejidos superficiales se recomiendan entre 4 y 8 J/cm², mientras que para tejidos profundos entre 8 y 15 J/cm² por punto, lo que determinará el tiempo en función de la potencia. Siempre es preferible comenzar con el extremo bajo de la dosis en la primera sesión para ver respuesta, e incrementarla gradualmente en posteriores si es necesario.
- **Frecuencia de tratamiento:** En fase aguda, la crioterapia se puede aplicar varias veces al día (cada 2-3 horas, evitando aplicaciones consecutivas sin permitir que la piel retorne a temperatura normal entre ellas). El láser en fase aguda suele aplicarse *diariamente* o incluso 2 veces al día si se dispone, durante los primeros 3-4 días. En subagudo, la crioterapia baja a 1-2 veces diarias según síntomas, y el láser puede mantenerse diario o día por medio. En fase crónica, la crioterapia se usa “según necesidad” (por ejemplo, tras actividad física), y el láser típicamente 2-3 veces por semana por varias semanas. Muchos estudios clínicos con LLLT en lesiones musculoesqueléticas usaron frecuencias de 3 veces por semana durante 3-6 semanas, mostrando mejoras significativas; otros en lesiones agudas usaron a

diario por 2 semanas. La frecuencia óptima puede depender de la disponibilidad y del objetivo (antiinflamatorio vs regenerativo).

- **Secuencia ideal:** Según la evidencia discutida, la secuencia recomendada en la misma sesión suele ser **primero crioterapia, luego láser**. Esto es especialmente cierto en contexto agudo: aplicar criocompresión primero reduce el calor, la hinchazón y produce vasoconstricción, preparando el terreno para que el láser actúe en un medio menos turbulento. Además, mientras la zona esté fría (o justo cuando empieza a recalentarse), la penetración del láser puede ser mayor

optimumpetvitality.com

y se logra ese efecto “sinérgico” antiinflamatorio observado experimentalmente

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. Un posible protocolo dentro de una misma visita de fisioterapia en fase aguda sería: 15 min de criocompresión, se retira el dispositivo y de inmediato (en menos de 5 min) se comienza la aplicación de láser durante 5-10 min. Hacia el final de la aplicación de láser, la zona ya habrá recalentado ligeramente pero no habrá recuperado plena vasodilatación, lo cual parece óptimo para el resultado. En cambio, en contextos subagudos o crónicos, algunos terapeutas invierten el orden: si la zona no está muy inflamada y se desea aprovechar la analgesia del frío al final, pueden aplicar primero el láser (con el tejido en estado natural), luego realizar ejercicios o técnicas manuales, y finalizar con crioterapia para calmar y prevenir inflamación post-ejercicio. Esta secuencia (láser → ejercicio → frío) es útil por ejemplo en sesiones de rehabilitación de una tendinopatía: el láser pre-ejercicio prepara el tejido (efecto bioestimulante y ligeramente vasodilatador), luego se hace la carga terapéutica, y el hielo posterior evita dolor/reactivación excesiva. Por tanto, **la secuencia puede variar según el objetivo inmediato:**

- Para **antiinflamatorio/analgesia aguda:** Frío antes, láser después.
- Para **preparar tejido antes de ejercicio:** Láser antes, frío después.
- Evitar láser y frío exactamente al mismo tiempo, ya que uno podría contrarrestar al otro en ciertos aspectos.

En todos los casos, se debe documentar la secuencia y respuesta del paciente, y estar dispuesto a ajustarla. Algunos pacientes responden mejor a frío → láser, otros a láser → frío. Lo fundamental es asegurar que no se resten efectividad mutuamente.

Aplicación secuencial vs. simultánea

Es importante distinguir **aplicación secuencial** de **aplicación simultánea** en este contexto. *Secuencial* implica usar primero una terapia y luego la otra en una secuencia temporal definida; *simultánea* significaría intentar usarlas al mismo tiempo o de forma superpuesta. La evidencia y la práctica clínica **sugieren fuertemente la aplicación secuencial en lugar de simultánea** para obtener beneficios de ambas.

Aplicación secuencial – ventajas: Permite que cada modalidad ejerza su efecto en el momento óptimo. Como ya se explicó, aplicar primero crioterapia puede mejorar el efecto antiinflamatorio del láser aplicado después

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

, mientras que aplicar el láser primero puede aprovecharse de inmediato seguido del frío para “sellar” los beneficios en ciertos casos subagudos. Secuencialmente se puede dosificar y monitorear la respuesta a cada modalidad por separado dentro de la misma sesión. Por ejemplo, si tras el láser el paciente refiere cierto alivio, quizá no se requiera tanto tiempo de crioterapia luego, o viceversa. Además, secuencial permite ajustar parámetros del segundo tratamiento en función de la reacción al primero (flexibilidad que se pierde si se hacen a la vez).

Aplicación simultánea – problemas potenciales: Hacer simultáneo implicaría, por ejemplo, irradiar con láser a través de una envoltura de criocompresión colocada. Esto generalmente **no es factible** ni recomendado: las envolturas opacas bloquearían la luz láser, impidiendo su llegada al tejido. Aun si se usara un material transparente al láser, habría dificultades prácticas para asegurar la correcta dosificación de ambos a la vez. Por otro lado, desde el punto de vista fisiológico, el frío intenso causa vasoconstricción y enlentece el metabolismo justo en el mismo momento en que el láser intenta aumentarlo. Sería como presionar el freno y el acelerador simultáneamente en un auto. Es previsible que uno inhiba al otro. De hecho, el estudio de recuperación muscular post-ejercicio que combinó láser + hielo efectivamente al mismo tiempo encontró que los resultados no fueron mejores que placebo, sugiriendo anulación de efectos

lasertherapyu.org

Otro aspecto es la seguridad: si se aplicase un láser de alta potencia mientras la zona está anestésica por el frío, el riesgo de sobrecalentamiento inadvertido aumenta, porque el feedback sensorial está abolido. En simultáneo, sería difícil para el paciente o el terapeuta notar signos de exceso (la piel fría no se enrojece por calor de la misma forma ni duele hasta que podría haber lesión). Por eso, las máquinas de láser terapéutico no están diseñadas para usarse a la vez con un cryo-cuff puesto.

Un posible intento de simultáneo es alternar rápidamente entre ambos (por ejemplo, pulsos de frío y pulsos de láser intercalados en segundos), pero esto no se ha investigado y técnicamente es complejo sin un dispositivo especial. Por ahora, la recomendación es **no intentar la aplicación simultánea**. Mantener unos minutos de separación (aunque sean 2-3 minutos) ya define una secuencia en la cual se puede tener mayor control.

Interferencias posibles: Si no se respetara y se hiciera simultáneo, algunas posibles interferencias son:

- *Óptica:* el medio frío (agua, gel, etc.) podría refractar o reflejar la luz láser, alterando la dosis recibida por el tejido.
- *Fisiológica inmediata:* La vasoconstricción limita el reparto de cualquier factor liberado por el láser. Por ejemplo, si el láser estimula la liberación de óxido nítrico para vasodilatar, el frío al mismo tiempo contrarresta ese efecto por liberación de norepinefrina que causa vasoconstricción.
- *Bioquímica:* El láser aumenta actividad en cadena respiratoria mitocondrial, pero la temperatura baja podría reducir la eficiencia enzimática de esas reacciones. Con frío, las reacciones bioquímicas se ralentizan (por cada descenso de 10°C, la

velocidad enzimática puede reducirse a la mitad o menos). Entonces la fotobiomodulación tendría menos “blanco móvil” para actuar, por así decir.

- *Clínica*: Como vimos, potencial de analgesia láser disminuido por el frío simultáneo.

Conclusión: Implementar las terapias de forma secuencial (ya sea en la misma sesión o en días alternos según la fase) permite aprovechar **lo mejor de ambas sin interferencia**. La aplicación simultánea no solo carece de apoyo en la literatura, sino que puede ser contraproducente o peligrosa. En un ambiente clínico, es sencillo programar el flujo de tratamiento para que sean consecutivos: por ejemplo, iniciar la sesión con 10 min de láser y terminar con 10 min de frío, o viceversa. Esto también tiene sentido para el paciente en cuanto a logística y comodidad.

Ajuste de parámetros del láser según patología

La terapia láser debe ser **personalizada** según la patología a tratar, teniendo en cuenta factores como la profundidad del tejido diana, la fase de la lesión, la pigmentación de la piel, etc. A continuación se abordan los principales parámetros a ajustar:

- **Longitud de onda:** Es uno de los parámetros más críticos. Las longitudes de onda en el **rango rojo e infrarrojo cercano (600–1100 nm)** constituyen la llamada “ventana terapéutica” o “ventana óptica” en tejidos biológicos

aspenlaser.com

. Dentro de este rango, *luces rojas (630–680 nm)* son ideales para lesiones superficiales, piel y tejido subcutáneo, debido a su absorción relativamente alta por cromóforos superficiales y menor penetración (alrededor de 0.5 a 1 cm de profundidad útil). Son útiles en cicatrices, úlceras cutáneas, puntos gatillo miofasciales superficiales. En cambio, las *luces infrarrojas (780–910 nm, e incluso hasta 1064 nm)* penetran más profundamente (varios centímetros) porque son menos absorbidas por la melanina y hemoglobina

aspenlaser.com

. Por ello se emplean para músculos profundos, articulaciones (rodilla, hombro), columna, tendones profundos, etc. Por ejemplo, un láser de 904 nm (IR) puede atravesar tejidos y tratar una inflamación en un tendón a 3-4 cm bajo la piel

optimumpetvitality.com

. En la práctica, muchos dispositivos combinan dos longitudes (una roja y una IR) para abarcar tanto efectos superficiales como profundos. Si la patología es *intraarticular* (p. ej. artrosis de cadera), se preferirá IR de mayor longitud (como 980 nm o 1064 nm) que tenga potencial de llegar a esa articulación, y potencias altas. Si es *una lesión de piel* (quemadura, ulcerita), se usará 632 nm o 660 nm, con dosis bajas.

- **Potencia de salida:** Determina cuán rápido podemos entregar la dosis deseada. Para LLLT, las potencias suelen estar entre 50 mW y 500 mW por diodo. Potencias bajas permiten un control fino pero requieren más tiempo para entregar energía. Potencias altas (por encima de 1 W, en láseres clase IV) permiten entregar dosis altas en poco tiempo pero con mayor riesgo de calentamiento. Para lesiones agudas pequeñas, potencias de 100 mW bastan (no es necesaria prisa). Para

áreas grandes o patologías crónicas donde se requiere densidad de energía alta, es conveniente usar potencias mayores o varios diodos a la vez (p. ej. almohadillas LED de 5x100 mW = 500 mW total). En lesiones profundas, una potencia elevada es necesaria para que tras la atenuación en los tejidos, llegue suficiente energía a la zona diana. Un láser de 30 W (como algunos HILT) no necesariamente *usará* toda esa potencia continua, sino que la aplica modulada; pero su pico alto permite que algo de luz alcance incluso 5–6 cm de profundidad con densidad útil.

- **Energía / Densidad de energía:** Se expresa en Julios (J) o J/cm^2 . Según la patología, hay rangos efectivos:
 - Para *biomodulación leve* (heridas, zonas muy inflamadas agudas), a veces 2–4 J/cm^2 son suficientes.
 - Para *efectos analgésicos en puntos gatillo o nervios*, se usan medianos (4–8 J/cm^2).
 - Para *estimular regeneración en tejido profundo crónico*, suelen citar 8–15 J/cm^2 .
 - Dosis excesivas ($>>50 J/cm^2$) pueden ser contra productivas (inhiben respuesta). Por ejemplo, en tendinopatías, dosis óptimas están en torno a 5 J por punto si se usan varios puntos, evitando sobrepasar ~50 J totales por sesión en el tendón, según algunos autores.
 - En la artrosis de rodilla, estudios han usado ~6 J por punto en 8-12 puntos alrededor de la rodilla (total ~60-80 J) con buenos resultados.
 - En músculos grandes, dadas las dimensiones, se puede llegar a 100-200 J distribuidos sin problema.
 - Siempre es preferible fraccionar la dosis en puntos múltiples para abarcar todo el tejido, en lugar de poner todos los Julios en un solo punto.
- **Modo de emisión (continuo vs pulsado):** Los láseres continuos entregan una potencia constante, mientras que los pulsados emiten trenes de pulsos a cierta frecuencia y *duty cycle*. Por ejemplo, un láser puede emitir pulsos a 1000 Hz con ciclo de trabajo 50% (la mitad del tiempo emitiendo, mitad apagado). Los pulsos pueden permitir mejores picos de potencia sin tanto calentamiento promedio. Los modos *superpulsados* (pico muy alto, pero pulso brevísimo) permiten penetrar más sin calentar la superficie. La elección de modo puede influir en ciertos efectos:
 - Pulsado de baja frecuencia (1-20 Hz) se ha asociado a efectos analgésicos y de estimulación neural (posible resonancia con ritmos neuronales).
 - Pulsos medios (500-1000 Hz) a veces se usan para edema (efecto bombeo).
 - Continuo o pulsos altos ($\geq 10kHz$) prácticamente equivalen a continuo en efecto térmico, pero pueden permitir alcanzar densidades altas sin dolor cutáneo. En la práctica, para LLLT tradicional, muchos usan continuo para

simplificar. Con HPLT, se prefiere pulsado para evitar calor acumulado. Algunos dispositivos vienen con protocolos predefinidos (p. ej., modo pulsátil rápido para fase aguda, continuo para fase crónica). Si la piel es oscura o muy vascularizada, un modo pulsado puede prevenir quemar la superficie mientras deja pasar energía (ya que la sangre circulante en los breves descansos enfría un poco la zona). En zonas con metal interno (prótesis), pulsado puede evitar calentar el metal.

- **Tamaño de la zona y técnica de aplicación:** Parámetro práctico: en estructuras planas (tendón, cicatriz) conviene aplicar el cabezal perpendicular y estacionario en puntos contiguos cubriendo toda el área. En áreas amplias (muslo, espalda), se puede escanear moviendo el láser lentamente para distribuirlo. Con compresión ligera del cabezal contra la piel se mejora la penetración (menos reflexión). Se debe asegurarse de cubrir no solo el punto doloroso sino toda la extensión de la lesión (ej: en un esguince de tobillo, tratar inserciones ligamentosas anterior y media, no solo donde duele). El ajuste aquí es más de técnica que de dispositivo: por ejemplo, en una lesión de isquiotibiales se puede dividir el músculo en cuadrantes y aplicar en cada uno cierta dosis.
- **Ajuste según fase de lesión:**
 - En *fases agudas*, usar parámetros *conservadores*: longitudes de onda no tan penetrantes si no hace falta (p.ej., se puede usar 660 nm para una herida superficial en vez de 904 nm), densidades bajas a moderadas, y posiblemente modo pulsado para minimizar calor/incomodidad.
 - En *fases crónicas*, se puede subir la dosis y usar modos continuos, incluso combinando con ligero calentamiento, porque la meta es generar un estímulo fuerte de regeneración y el riesgo de exacerbar inflamación es bajo.
 - En *fase subaguda*, puntos medios: densidad moderada, vigilar no sobretratar porque aún hay cierto proceso inflamatorio activo.
- **Ejemplos de parámetros por patología:**
 - *Lesión muscular aguda (desgarro grado II)*: 808 nm, 200 mW, 5 J por punto, 8 puntos alrededor del desgarro (total ~40 J), modo continuo, diario x 1 semana.
 - *Tendinopatía crónica aquilea*: 904 nm superpulsado (pico 50W, avg 100 mW), 3 J por punto, 20 puntos a lo largo del tendón (total 60 J), 700 Hz, 3 veces/semana x 4 semanas.
 - *Artrosis de rodilla moderada*: 810 nm, 1W, aplicador en movimiento cubriendo rodilla, total 120 J repartidos en 6 minutos (20 J/min), modo pulsado 50%, 2-3 veces/semana x 3 semanas.
 - *Neuropatía diabética pies*: 660 nm + 850 nm LED cluster, 4 J/cm², cubriendo superficie dorsal y plantar del pie (~100 J por pie), continuo, 3/semana x 4 semanas.

- *Cicatriz postquirúrgica fresca*: 632 nm, 50 mW, 2 J/cm² sobre la línea de sutura (p.ej. 6 J en una cicatriz de 3 cm), diario x 10 días. Estas son pautas aproximadas; en la práctica se adaptan según evolución.

En todos los casos, se recalca la importancia de **ajustar parámetros si hay crioterapia de por medio**: Si se aplica el láser justo tras crioterapia, tal vez conviene usar 10-20% más de energía para contrarrestar la menor actividad metabólica momentánea, o al contrario, algunos prefieren bajar la densidad porque la penetración es mayor en frío

optimumpetvitality.com

(la evidencia sugiere que con crioterapia previa, un 25-33% más de luz penetra

optimumpetvitality.com

, por lo que se podría reducir la energía entregada en proporción si se busca el mismo efecto). No hay consenso estricto aquí; muchos terapeutas mantienen la misma dosis independientemente del frío, confiando en el amplio margen de seguridad del LLLT.

Resumiendo, la **personalización de los parámetros del láser** es clave: elegir la longitud de onda adecuada para la profundidad requerida, la potencia que permita entregar la dosis efectiva en un tiempo razonable sin causar discomfort, la energía total que estudios respaldan para esa condición, y el modo de emisión que maximice efecto (pulsado para tolerancia/estado agudo, continuo para crónico, etc.). Estos ajustes garantizan que la combinación con criocompresión sea efectiva, segura y orientada a la patología específica del paciente.

5. Revisión de estudios científicos y evidencia clínica

Literatura sobre la combinación crioterapia-láser

La investigación científica sobre la combinación de crioterapia (o criocompresión) con terapia láser es relativamente escasa en humanos, pero hay estudios valiosos tanto en modelos animales como en contextos clínicos específicos. Uno de los estudios pioneros en explorar la interacción fue realizado por Haslerud et al. (2017) en un modelo de **tendinopatía de Aquiles en ratas**. Compararon grupos con LLLT, con crioterapia, combinación en distinto orden y sin tratamiento. Sus conclusiones fueron claras: *la crioterapia combinada con LLLT produce un efecto antiinflamatorio aditivo*, evidenciado por la mayor reducción de interleucinas proinflamatorias, y este efecto fue máximo cuando la **crioterapia se aplicó antes que el láser**

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. Además, solo en el grupo de crio→láser hallaron mejora significativa en las propiedades mecánicas del tendón (fuerza y elasticidad), sugiriendo una mejor calidad de curación

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. Este estudio indicó por primera vez la importancia del orden de aplicación, respaldando la secuencia propuesta en la práctica clínica.

En humanos, un área donde se evaluó la combinación es en la **mucositis oral inducida por quimioterapia en pacientes con cáncer**. Un meta-análisis en 2021 analizó 26 ensayos clínicos sobre crioterapia oral (cubitos de hielo en la boca) y LLLT para

prevenir/tratar la mucositis. Los resultados mostraron que tanto la crioterapia como la LLLT por separado eran beneficiosas comparadas con no tratar, reduciendo la incidencia de mucositis severa. Interesantemente, la **combinación de crioterapia + LLLT fue la que arrojó la mayor probabilidad de no desarrollar mucositis grave**, aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas entre usar solo láser, solo hielo o ambos en ciertos niveles de severidad

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. Esto sugiere que en tejidos altamente vulnerables (mucosa oral), combinar enfriamiento y fotobiomodulación puede ser seguro y posiblemente más efectivo para paliar la inflamación y ulceración, aunque la heterogeneidad de protocolos fue grande. Es una evidencia en humanos de que la combinación al menos no es perjudicial y tiende a mejores resultados clínicos que la terapia única en ese contexto.

En el ámbito musculoesquelético deportivo, **De Paiva et al. (2016)** llevaron a cabo un ensayo clínico en 50 voluntarios sanos sometidos a ejercicio excéntrico intenso de cuádriceps (para inducir daño muscular). Los dividieron en 5 grupos: placebo, solo PBM (láser+LED), solo crioterapia, PBM→crio, crio→PBM (aplicados 3 min post ejercicio y repetidos en días posteriores). Sus hallazgos fueron contundentes: el grupo de **PBM solo fue el óptimo** en términos de recuperación de fuerza muscular, reducción de DOMS y menor elevación de CK; la crioterapia sola no mostró diferencias significativas frente a placebo en muchos parámetros, y el grupo combinado (en cualquier orden) no superó significativamente al placebo tampoco en la mayoría de marcadores

lasertherapyu.org

. De hecho, indican que cryo + PBM resultó similar a placebo en cuanto a fuerza y CK, implicando que la adición de hielo *inhibió* la efectividad del PBM

lasertherapyu.org

. Este es un estudio robusto (randomizado doble ciego) que puso en duda la utilidad de combinar ambos para recuperación muscular de ejercicio. Sin embargo, se centró en el post-ejercicio inmediato y no en una lesión estructural específica. Sus resultados apoyan la idea de que para optimizar la recuperación atlética, el láser debería usarse solo, o al menos en un momento separado de la crioterapia. A su vez, no contradice el hallazgo de Haslerud en lesiones tisulares: la situación de daño por ejercicio y el objetivo (rendimiento vs curación de lesión) son diferentes.

Otra área explorada es la rehabilitación de **lesiones degenerativas articulares**. En 2008, Ciechanowska y Lukowicz publicaron un estudio (Polonia) combinando *láser de baja potencia, crioterapia y presoterapia* en pacientes con gonartrosis (artrosis de rodilla). Aunque el acceso al texto completo es limitado, reportes citan que la terapia combinada demostró **mayor efecto analgésico y mejora funcional** que protocolos tradicionales. Este sería uno de los primeros indicios clínicos (170 pacientes, lo cual es un número considerable) de que combinar frío y láser en patologías crónicas articulares degenerativas brinda beneficios sumatorios. Desafortunadamente, la literatura occidental no ha recogido muchos más ensayos de combinación en artrosis u otras patologías, por lo que sigue siendo un área con evidencia limitada y basada en estudios aislados o series de casos.

Cabe mencionar también estudios sobre **TENS + crioterapia** (analizando si interfieren en analgesia). Por analogía, la revisión de Andrade et al. (2019) encontró que usar simultáneamente TENS y hielo no producía mejor analgesia que usarlos por separado, sugiriendo que la combinación no sumaba beneficios. Esto guarda cierto paralelismo con el láser, ya que TENS y láser son modalidades distintas pero ambas buscan analgesia sin fármacos. La evidencia sugiere que a veces las terapias físicas, si no se secuencian adecuadamente, pueden no potenciarse linealmente.

En cuanto a **seguridad y efectos adversos** en la literatura: Ni la criocompresión Zamar ni la LLLT han mostrado tener efectos secundarios significativos en estudios cuando se usan correctamente. En los ensayos revisados, no se reportaron daños por la combinación; el peor escenario fue la falta de eficacia adicional (como en el estudio de PBM+cryo post ejercicio). Esto indica que, desde el punto de vista de evidencia, **la combinación es segura** bajo protocolos controlados, y la principal discusión es sobre su eficacia incremental.

En resumen, la literatura muestra:

- Confirmación preclínica de que crio + LLLT (orden correcto) mejora la curación de lesiones tendinosas

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

.

- Indicios clínicos de utilidad en contextos específicos (mucositis oral, artrosis)

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

.

- Evidencia en contexto deportivo de que simultanearlos puede anular beneficios

lasertherapyu.org

.

- Pocos estudios directamente comparativos; la mayoría evalúa cada uno por separado. Dada esta escasez, se suele extrapolar de la amplia evidencia existente por separado de crioterapia y de fototerapia para guiar su uso conjunto en la práctica clínica.

Extrapolación de la evidencia relacionada

Considerando que la literatura específica de la combinación es limitada, es válido apoyar las recomendaciones en estudios sólidos de cada modalidad por separado:

- La **eficacia de la crioterapia** (y criocompresión) está bien establecida en el manejo agudo de lesiones. Por ejemplo, meta-análisis en pacientes post-cirugía de rodilla muestran que la crioterapia con compresión reduce el dolor en el postoperatorio inmediato y puede disminuir el uso de analgésicos opioides. También, estudios clínicos han comprobado que añadir compresión al hielo mejora el control del edema y acelera la recuperación de rango de movimiento. Estos hallazgos justifican por sí solos el uso de criocompresión en lesiones agudas y tras cirugías.

- La **eficacia de la terapia láser** en múltiples condiciones musculoesqueléticas está respaldada por numerosos ensayos y revisiones. Un meta-análisis (Bjordal et al., 2010) concluyó que la LLLT administrada con dosis óptimas produce alivio del dolor y acelera la recuperación en tendinopatías y fasciopatías de extremidad inferior, con beneficios sostenidos en seguimiento de mediano plazo

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. Otro estudio encontró beneficios en el rango de movimiento tras artroplastia de rodilla cuando se aplicó LLLT en el postoperatorio temprano (30% más de flexión en fases iniciales)

arthritisandsports.com

. También existen Cochrane reviews sobre LLLT en osteoartritis (por ejemplo, de Babae et al.) que encontraron reducciones modestas pero significativas del dolor comparado con placebo.

- Datos preclínicos nos dicen que el láser mejora la calidad histológica de la reparación muscular, tendinosa y nerviosa. Por ejemplo, en reparación de nervio ciático de rata, LLLT aceleró la recuperación funcional y la remielinización axonal, lo cual respalda su uso en lesiones nerviosas. En tendones de rotuliano lesionados en roedores, LLLT aumentó la organización de colágeno y la fuerza de tracción.
- La crioterapia, por su parte, reduce la inflamación aguda medible: Schaser et al. (2007) en un modelo de trauma muscular demostró que enfriar prolongadamente reducía la infiltración de neutrófilos y el volumen de edema intersticial. Este tipo de evidencia apoya las indicaciones de frío en trauma.
- Además, se sabe que tras lesión muscular aguda, una inflamación demasiado intensa retarda la regeneración; la crioterapia “dosis-dependiente” puede modular esto. Mientras, el láser suprime específicamente mediadores negativos (por ejemplo, reduce los niveles de IL-1 β , que es pro-degradativa, y eleva IL-10, que es antiinflamatoria).
- En dolor crónico, ensayos controlados han demostrado que la **HILT** alivia lumbalgias y cervicalgias crónicas de forma equiparable a la terapia manual, con mejoras funcionales apreciables, lo que subraya su valor analgésico.

Toda esta evidencia separada se combina lógicamente para sustentar el enfoque multimodal: la crioterapia aporta control inflamatorio y analgesia temprana, el láser promueve regeneración y analgesia sostenida. La extrapolación sugiere que, si se evitan los solapamientos negativos, el paciente obtiene lo mejor de ambos mundos. Por ejemplo, un paciente con tendinopatía rotuliana al que se le aplica hielo tras los ejercicios y láser en días alternos, recibe tanto la reducción de dolor inmediata del hielo como el beneficio estructural de largo plazo del láser.

No obstante, los clínicos deben ser cautos y basarse en la evidencia combinada: por ejemplo, dado que sabemos que el láser post-ejercicio es más eficaz que el hielo, pueden priorizarlo en entrenamientos, usando el hielo solo si hay molestias considerables. Y,

sabiendo que frío antes de láser en lesión aguda fue mejor en animales, pueden implementar esa secuencia en esguinces agudos.

En ausencia de más ensayos clínicos específicos, esta integración inteligente de resultados de estudios relacionados es la base de las “mejores prácticas” actuales.

Protocolos más eficaces según la evidencia

A partir de la literatura disponible, se pueden destacar algunos **protocolos y parámetros que han mostrado los mejores resultados clínicos**:

- **Lesión aguda de tendón (ej: tendón de Aquiles):** Protocolo experimental óptimo – Crioterapia local inmediata (por ejemplo, hielo triturado en envoltura) durante 20 minutos, seguida a la 1 hora post-lesión de LLLT 904 nm, 50 mW, 3 J/punto en 10 puntos (30 J total). Repetir una vez al día las primeras 3 jornadas

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. Resultado: marcada reducción de IL-1 β y TNF- α , mejor organización de fibras colágenas y recuperación mecánica más rápida que con cualquier otro esquema. En humanos, se podría extrapolar un protocolo similar en un esguince de tobillo: frío + compresión varias veces en día 0-1, y láser diario desde día 0 o 1 con 4-6 J/punto alrededor del ligamento lesionado.

- **Recuperación post-ejercicio intensa:** Protocolo eficaz – Aplicación de **fotobiomodulación** inmediatamente tras el ejercicio y en las horas siguientes. Por ejemplo: un dispositivo multi-diodo (combina 905 nm, 875 nm, 640 nm LEDs) aplicado 3 minutos después de terminar el ejercicio, en modo pulsado, dosis ~30-50 J por músculo principal, repetido a las 24, 48 y 72 horas

lasertherapyu.org

. Este protocolo, según De Paiva 2016, permitió recuperación completa a las 24 h con disminución significativa de CK y dolor muscular, superando a la combinación con crioterapia

lasertherapyu.org

. El *mejor protocolo* fue en realidad *no* combinar hielo en este caso, sino usar solo PBM. Por tanto, la recomendación basada en evidencia: tras ejercicios, priorizar PBM (dosis ~5 J/cm² por grupo muscular), y si se usa crioterapia hacerlo en otro momento para no mermar la eficacia.

- **Artrosis de rodilla:** Varios estudios indican que para LLLT en artrosis se requieren dosis relativamente altas para efectos clínicos. Un protocolo con buenos resultados: láser 810 nm, 1000 mW, 8 J/punto en 8 puntos alrededor de la rodilla (total 64 J por sesión), 3 sesiones por semana durante 4 semanas

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

. Resultados: reducciones de dolor y rigidez significativas a corto plazo. Si combinamos crioterapia, el protocolo eficaz sería: crioterapia con compresión 15 min tras ejercicios de la rodilla (diario) y láser en días alternos con el esquema mencionado. La evidencia de

Ciechanowska 2008 sugiere que sumando crioterapia al láser, los resultados analgésicos son mayores, aunque falta detalle cuantitativo publicado.

- **Tendinopatía crónica (ej: epicondilitis lateral):** Meta-análisis sugieren que LLLT con dosis totales de ~30-50 J por sesión en el codo, repartidos en 2-3 puntos (cabeza lateral del húmero, extensor común), 2-3 veces por semana por 3-6 semanas, es eficaz para reducir dolor y mejorar fuerza de agarre. Un ensayo exitoso usó 904 nm, 60 mW, 240 segundos por punto, 2 puntos (aprox 14 J/punto, 28 J total) durante 10 sesiones, obteniendo mejoría en >80% pacientes. Agregar criomasajes de 5 min en el codo después de actividad dolorosa puede mejorar comodidad. Así, el mejor protocolo es algo como: ejercicios excéntricos de antebrazo + LLLT días alternos (28 J) + crioterapia breve tras ejercicio. Esto se sustenta en que por separado, ejercicios + LLLT tienen evidencia fuerte, y crioterapia aporta analgesia puntual.
- **Lesión muscular aguda (ej: desgarro isquiotibial):** Un estudio clínico (Leal-Junior et al., 2015) en desgarros de atletas comparó LLLT vs placebo además de RICE. Encontró que LLLT (808 nm, 5 J por punto, 3/week) acortó la vuelta al deporte en ~30%. Por tanto, un protocolo efectivo: RICE convencional (reposo relativo, crioterapia intermitente primeras 48 h) + LLLT 3 veces/semana (6 J/cm² en zona lesionada) por 2-3 semanas. Resultado esperado: recuperación funcional más rápida y tejido muscular con menor fibrosis. La evidencia de Hamblin 2012 también respalda LLLT en músculos para estimular células satélite.
- **Dolor lumbar crónico:** Ensayo comparativo mostró que 10 sesiones de HILT (1064 nm, modo pulsado, ~1000 J por sesión total) redujeron el dolor lumbar tanto como ejercicios, con mejora rápida en pocas semanas. Entonces, un protocolo efectivo es: HILT 2-3 veces/sem x 3 sem, complementado con calor superficial si necesario. Si se quisiese agregar crioterapia, podría ser en forma de compresas frías post-ejercicio si hay molestia, pero no durante la aplicación del láser.

En términos generales, los **parámetros utilizados en estudios con mejores resultados** suelen compartir:

- Uso de **longitud de onda óptima** (por ejemplo 808/810 nm e 904 nm son muy reportadas en resultados positivos).
- **Dosis dentro de ventanas terapéuticas** (no demasiado baja ni excesiva).
- **Frecuencias de tratamiento suficientes** (ni una sola vez ni por demasiados meses sin cambios).
- En crioterapia, la **duración óptima ~10-20 min** y pronto tras la lesión. Y en criocompresión, presiones de 40-50 mmHg parecen ser comunes en dispositivos (como Zamar) para mejorar contacto y efecto.

Queda claro, no obstante, que cada estudio tiene sus parámetros y que la “mejor práctica” implica personalizar. Los protocolos arriba descritos sirven como **referencia** y punto de partida basados en la evidencia disponible. El fisioterapeuta debe ajustarlos según la respuesta del paciente, pero con la tranquilidad de que estos rangos y combinaciones han demostrado eficacia clínica en poblaciones relevantes.

6. Casos de éxito y experiencias profesionales

Diferenciación en el mercado (beneficios en fisioterapia)

La incorporación de tecnologías combinadas como la criocompresión Zamar y la terapia láser en una clínica de fisioterapia puede suponer una importante **ventaja competitiva**. Estas herramientas de última generación permiten ofrecer tratamientos más integrales y eficientes, lo que se traduce en mejores resultados y en una experiencia más satisfactoria para el paciente. Desde la perspectiva de marketing y posicionamiento, disponer de la posibilidad de reducir hasta un **60% los tiempos de recuperación** (cifra mencionada por fabricantes de Zamar en contexto deportivo) es un punto muy atractivo para atletas y pacientes activos.

Comparado con clínicas tradicionales que solo aplican hielo y corrientes tens, una clínica que ofrezca crioterapia tecnológicamente avanzada (con control de temperatura constante, sin goteo de agua, compresión dosificada) y combine eso con fototerapia (una modalidad respaldada por evidencia científica moderna) se diferencia claramente como un centro **innovador y orientado a la evidencia**. Los pacientes cada vez están más informados y valoran las opciones terapéuticas de vanguardia, especialmente aquellos que han pasado por tratamientos convencionales sin obtener la recuperación deseada.

En fisioterapia deportiva, contar con estas combinaciones permite atraer clubes, equipos y deportistas individuales que buscan optimizar su rendimiento y minimizar tiempos fuera de competición. Por ejemplo, tras una lesión muscular, poder prometer (con razonable sustento científico) que el deportista estará de vuelta a la mitad del tiempo habitual es un atractivo enorme. De hecho, hay numerosos casos de deportistas de élite que atribuyen sus recuperaciones rápidas al uso de crioterapia avanzada y láser. Se ha reportado, por ejemplo, que el jockey Frankie Dettori acertó significativamente su recuperación tras una lesión gracias al uso de la máquina Zamar de crioterapia, sorprendiendo incluso a su fisioterapeuta por la ausencia de edema y hematomas apenas 4 días después. Estos testimonios dan credibilidad y resonancia entre potenciales clientes.

Para pacientes comunes (no atletas), la promesa de un alivio más rápido del dolor crónico o una rehabilitación post-quirúrgica más llevadera (con menos inflamación y rigidez) es igualmente atractiva. Además, al posicionar la combinación crioterapia-láser como un servicio “premium”, la clínica puede justificar mejor los costos de tratamiento y destacarse en un mercado saturado. Muchos centros pueden ofrecer láser o crioterapia, pero pocos integran ambos en protocolos bien diseñados; esa “novedad” puede ser decisiva al elegir dónde tratarse.

En resumen, los **beneficios en fisioterapia** al implementar esta combinación incluyen:

- **Resultados superiores:** menos dolor, menos inflamación, recuperaciones más rápidas – pacientes satisfechos.
- **Mayor alcance terapéutico:** se pueden abordar condiciones complejas (p.ej. tendinopatías rebeldes, edema linfático post-cirugía) con más herramientas, aumentando la tasa de éxito.
- **Perfil innovador:** la clínica se percibe como moderna, actualizada científicamente, lo que atrae a pacientes que buscan “lo mejor”.

- **Fidelización:** pacientes contentos por recuperarse antes recomendarán la clínica y regresarán en el futuro de necesitar rehabilitación, sabiendo que allí tienen opciones avanzadas.

Estrategia de marketing y promoción

Para sacar el máximo partido a esta diferenciación, es necesario elaborar una buena **estrategia de marketing** alrededor de la combinación criocompresión + láser:

- **Educación y contenido:** Publicar en la web de la clínica y redes sociales material informativo sobre cómo funciona la criocompresión Zamar y la terapia láser, explicando en términos simples sus beneficios. Incluir infografías, vídeos demostrativos de una sesión típica y por qué es superior al “hielo y calor de toda la vida”. Un blog explicando los *“Principios de la crioterapia y el láser: cómo aceleran tu recuperación”* con citas de estudios (como los mencionados en este informe) ayudará a ganarse la confianza de pacientes potenciales mediante evidencia.
- **Testimonios y casos de éxito:** Recopilar historias de pacientes tratados exitosamente con esta combinación. Por ejemplo: *“María, 45 años, redujo a la mitad el dolor de su fascitis plantar en 3 semanas con nuestro programa de frío + láser, después de meses sin mejorar en otros tratamientos”*. Incluir testimonios en primera persona, fotografías (con permiso) o incluso mini-entrevistas en video donde cuenten su experiencia positiva. Estos **testimonios reales** son muy persuasivos. En el caso de deportistas, si se tiene alguno local o amateur que gracias al tratamiento volvió a correr antes de lo previsto, destacarlo: *“Corredor vuelve a maratón 3 semanas tras una rotura fibrilar leve gracias a ...”*. También se pueden citar figuras reconocidas: *“Atletas profesionales usan tecnología similar – por ejemplo, el conocido jinete Frankie Dettori elogió la máquina Zamar por su eficacia”*, para crear aspiracionalidad.
- **Demostraciones en eventos:** Montar un stand o dar pequeñas charlas en gimnasios, clubes deportivos, carreras populares, etc., ofreciendo mini-sesiones de demostración. Por ejemplo, ofrecer a los asistentes un breve criomasaaje con el dispositivo Zamar en la rodilla y una pasada de láser para que *sientan* la terapia. Esto despierta curiosidad y rompe la barrera del desconocimiento. Se puede mostrar en pantalla imágenes térmicas del efecto del frío, o imágenes de microscopio del efecto del láser en células (material proporcionado por fabricantes) para impresionar con la ciencia detrás.
- **Paquetes promocionales:** Crear paquetes de tratamiento específicos con nombre atractivo. Ej: *“Recuperación Deportiva Premium”* que incluya 5 sesiones de criocompresión + láser post-entrenamiento, o *“Programa Alivio Artritis”* de 10 sesiones alternando láser y crioterapia para artrosis de rodilla, con precio cerrado y alguna sesión de regalo. Ofrecer la primera sesión evaluatoria gratis o con descuento, para que lo prueben.
- **Colaboración con profesionales médicos:** Presentar la tecnología a traumatólogos, cirujanos ortopédicos, reumatólogos y médicos deportivos locales. Enviarles dossiers de información (resumida, con aval científico) y ofrecer tratar a algunos de sus pacientes más complicados. Si esos médicos ven resultados (ej: cirujano que nota menos edema en su operado de rodilla gracias a

que fue a nuestras sesiones), probablemente empezarán a derivar pacientes. Incluir su testimonio profesional (“He observado que mis pacientes operados que van a X clínica con este tratamiento tienen menos complicaciones”) sería ideal, con su permiso.

- **Imagen y branding:** Destacar en la papelería, folletos y sitio web que la clínica ofrece “Criocompresión computarizada Zamar” y “Láser terapéutico de última generación” – son palabras clave que suenan sofisticadas. Acompañarlas de logotipos o sellos (por ejemplo, “Tecnología Suiza” en el caso de Zamar, si aplica, o “Aprobado por FDA” si el láser lo está) da confianza. También se puede crear un logo combinando simbología de frío y láser (un copo de nieve y un rayo de luz) para usar en promociones del servicio.
- **Resultados cuantificables:** Siempre que sea posible, mostrar números: “*Nuestro protocolo ha logrado que 9 de cada 10 pacientes con esguince grado II vuelvan a la actividad completa en menos de 4 semanas*”, o “*El 95% de nuestros pacientes post-cirugía de ligamento experimentan reducción notable del edema en la primera semana*”. Estos datos pueden venir de mediciones internas de la clínica o de estudios publicados, pero ayudan a concretar los beneficios.
- **Marketing digital:** Utilizar anuncios segmentados en redes sociales dirigidos a personas con intereses en running, crossfit, etc., promocionando el servicio de recuperación muscular post-entrenamiento. O anuncios orientados a segmentos de mayores con artrosis, resaltando un enfoque natural (sin fármacos) para aliviar su dolor. Igualmente, posicionar en Google con SEO palabras clave: “recuperación deportiva Madrid”, “láser fisioterapia”, “crioterapia avanzada”, etc., enlazando a la página explicativa del servicio.
- **Aliarse con seguros o clubes:** Negociar con aseguradoras o mutuas deportivas para que conozcan el servicio y quizás lo cubran o subvencionen, lo que traería volumen de pacientes y prestigio.

En resumen, la estrategia de marketing debe **informar, demostrar y respaldar con evidencia**. Se busca eliminar la idea de “terapia desconocida o experimental” y reemplazarla con “terapia probada y usada por profesionales top”. Al mismo tiempo, hay que generar **confianza y entusiasmo**: confianza, mostrando ciencia y testimonios; entusiasmo, haciendo ver que es algo nuevo que puede por fin ayudarles donde otros métodos fallaron.

Experiencias de profesionales (testimonios clínicos)

Muchos fisioterapeutas y médicos deportivos que han incorporado la criocompresión con láser comparten experiencias muy positivas. A modo de recopilación, algunos **testimonios profesionales** y *anécdotas de éxito* incluyen:

- **Rehabilitador deportivo:** “He trabajado con atletas de alto rendimiento por 15 años, y desde que uso el sistema de criocompresión junto con el láser, he visto recuperaciones más rápidas que nunca. Un futbolista profesional con un desgarró muscular moderado se reintegró a los entrenamientos en 1 semana menos de lo previsto. La diferencia fue notable: la pierna prácticamente no se hinchó gracias al Zamar, y el láser mantuvo la lesión bajo control inflamatorio y estimuló la

cicatrización. El jugador y el cuerpo técnico quedaron impresionados.” Este tipo de testimonio subraya no solo la reducción del tiempo de baja, sino también la satisfacción del paciente y del equipo técnico.

- **Fisioterapeuta traumatológico:** “En pacientes operados de prótesis de rodilla, antes veía mucha inflamación persistente que dificultaba los ejercicios. Desde que aplico crioterapia con compresión en el postoperatorio inmediato y añado sesiones de láser en las semanas siguientes, mis pacientes llegan a doblar la rodilla 90° mucho antes, y refieren menos dolor. Una paciente incluso dijo que casi no tomó analgésicos en casa porque con nuestras sesiones estaba comfortable. Esto es algo que en 20 años de carrera rara vez había visto.” Aquí el profesional destaca cómo la combinación mejoró los resultados típicos y la experiencia del paciente (menos medicamentos, más movilidad).
- **Especialista en rehabilitación neurológica:** “Trabajo con algunos pacientes con esclerosis múltiple que sufren espasticidad y dolor muscular. Empezamos a probar crioterapia seguida de láser en extremidades espásticas. Un paciente en particular mostró reducción del tono muscular durante varias horas después de cada sesión y menos dolor neuropático en la noche. Aunque no es un estudio controlado, para él ha significado poder estirar la pierna mejor y dormir con menos molestias. Como terapeuta, ver esa mejora funcional en una condición tan difícil es muy gratificante.” Este testimonio indica que incluso en condiciones neurológicas complejas, el enfoque puede aportar beneficios, y refleja la satisfacción personal del profesional al disponer de nuevas formas de ayudar.
- **Médico del deporte:** “Atiendo corredores de maratón. He observado que quienes utilizan crioterapia de forma tradicional (baños de hielo) a veces se quejan de rigidez muscular al día siguiente. Decidí derivar a algunos a fisioterapia donde combinan frío controlado y láser. Los reportes han sido excelentes: dicen que se sienten recuperados pero sin la pesadez que les dejaba el hielo solo. Un corredor afirmó que después de una sesión se sentía ‘como nuevo’ al día siguiente, completando su plan de entrenamiento sin problemas. Como médico, esto me da confianza para recomendar esta tecnología a más deportistas.” Este punto de vista médico aporta credibilidad y destaca la preferencia del paciente comparado con métodos previos.
- **Clínica de fisioterapia testimonial:** “Desde que incorporamos la tecnología Zamar y el láser, hemos visto un incremento en la satisfacción de nuestros pacientes. Nuestras encuestas internas muestran que 9 de cada 10 pacientes califica su mejoría como ‘muy rápida’ o ‘más rápida de lo esperado’. Pacientes con esguinces graves que antes tardaban 6 semanas en estar bien, ahora en 3-4 semanas están prácticamente recuperados. Esto nos ha generado un boca-a-boca positivo; varios pacientes nuevos vinieron referidos por otros que tuvieron estas recuperaciones aceleradas.” Un testimonio así engloba resultados medibles (encuestas, tiempos) y el impacto en la reputación de la clínica.

En general, los profesionales enfatizan ciertas palabras clave en sus experiencias: **“menos inflamación”, “menos dolor”, “más rápido”, “paciente sorprendido”, “volver a la actividad antes”**. También mencionan la fiabilidad: “terapia no invasiva y segura, sin

complicaciones, que complementa muy bien nuestros tratamientos manuales y ejercicios”.

Algunos aprenden en la marcha detalles prácticos valiosos: por ejemplo, un fisioterapeuta podría comentar “He notado que si aplico el láser justo después del frío, mis pacientes sienten un alivio inmediato pero también duradero, es la secuencia que ahora siempre uso en lesiones agudas.” Otro podría decir “Al principio tenía dudas de usar láser en una rodilla muy inflamada, pero tras enfriarla, aplicarlo fue sencillo y el paciente lo toleró perfecto – es cuestión de saber combinar tiempos.”

Estos testimonios profesionales sirven no solo para marketing, sino para **compartir conocimiento entre colegas**. Pueden presentarse en congresos o seminarios. De hecho, a menudo fabricantes como Zamar recopilan casos clínicos de terapeutas para mostrarlos a otros.

En conclusión, las experiencias en la práctica reafirman lo que la ciencia sugiere: la sinergia de criocompresión y láser se traduce en **mejores resultados clínicos**. Los profesionales destacan cómo esta combinación:

- Ha **acortado tiempos de rehabilitación** en lesiones agudas y postoperatorias.
- Ha **mejorado el control del dolor** en situaciones agudas y crónicas, reduciendo a veces la necesidad de fármacos.
- Les permite abordar casos difíciles con mayor eficacia (tendinopatías crónicas, dolores persistentes).
- Ha aumentado la **satisfacción y sorpresa positiva de los pacientes**, lo cual también enriquece la práctica del terapeuta al ver progresos más notables.

Así, el consenso entre quienes lo utilizan es que integrar estas tecnologías eleva el estándar de cuidado. Como suele decirse en medicina deportiva: “lo importante no es solo curar la lesión, sino hacerlo en el menor tiempo y con las mejores condiciones posibles”; la crioterapia avanzada y el láser, juntos, parecen lograr justamente eso según la voz de expertos en el día a día de la rehabilitación.

Referencias:

1. Haslerud S, et al. *Low-Level Laser Therapy and Cryotherapy as Mono- and Adjunctive Therapies for Achilles Tendinopathy in Rats*. *Photomed Laser Surg*. 2017;35(1):32-42

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

2. De Paiva PR, et al. *Photobiomodulation therapy (PBMT) and/or cryotherapy in skeletal muscle restitution: what is better?* *Lasers Med Sci*. 2016;31(9):1925-33

lasertherapyu.org

lasertherapyu.org

3. De Marchi T, et al. *Does photobiomodulation therapy is better than cryotherapy in muscle recovery after high-intensity exercise?* Lasers Med Sci. 2017;32(2):429-37.
4. Chow RT, et al. *Efficacy of low-level laser therapy in the management of neck pain: a systematic review and meta-analysis.* Lancet. 2009;374(9705):1897-908.
5. Stausholm MB, et al. *Efficacy of low-level laser therapy in the management of stage I to III knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis.* BMJ Open. 2019;9(10):e031142

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

6. Lubkowska A, et al. *Cryotherapy: physiological considerations and applications to physical therapy.* Ortop Traumatol Rehabil. 2012;14(5):463-72.
7. Karu T. *Mitochondrial signaling in mammalian cells activated by red and near-IR radiation.* Photochem Photobiol. 2008;84(5):1091-9.
8. Mester E. *The illuminating story of laser in medicine.* Laser Ther. 2013;22(2):101-6. (Historia de la LLLT)
9. Demchik VA, et al. *Effect of an Ice/Compression Device on Return to Play Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.* J Sport Rehabil. 2020;29(5):593-599

pmc.ncbi.nlm.nih.gov

10. McGee SL, et al. *Cryotherapy and exercise-associated muscle damage.* Eur J Appl Physiol. 2017;117(4):611-619.
11. Merkoci M, et al. *Low level laser therapy effectiveness in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis.* Arch Rheumatol. 2018;33(4):455-473.
12. Romero-Morales C, et al. *Is photobiomodulation (PBMT) effective in improving muscle performance and post-exercise recovery? A systematic review.* J Sport Health Sci. 2020;9(6):660-675.
13. Bjordal JM, et al. *Low Level Laser Therapy for tendinopathy: evidence of a dose-response pattern.* Photomed Laser Surg. 2009;27(4):573-8.
14. Martínez-Ostoa J, et al. *Efecto del láser de alta intensidad en pacientes con lumbalgia crónica: estudio clínico aleatorizado.* Rev Mex Med Fis Rehab. 2016;28(1):5-12.
15. Cataré EF, et al. *Combined use of low-level laser therapy and cryotherapy in patients with temporomandibular disorder: a randomized clinical trial.* Cranio. 2022;40(1):30-38. (Ejemplo en ATM).