

La cryoneurolyse en médecine physique et de réadaptation : mise à jour et revue de la littérature

Cryoneurolysis in Physical and Rehabilitation Medicine: Update and Literature Review

Z. BOUKARA¹, S. BENZAOU¹, LL. MOUCHE¹,
C. LOUZANI¹, H. MECHER¹, A. BENBELLAL¹,
M. MEDAOUAR², M. OULAD KOUIDER³, B. AM-
ZIANE⁴, A. BOUAMRA⁵, N. BOUARROUDJ⁶

1-Service MPR CHU Blida- Université Blida1
2-Service MPR HCA Alger
3-Service de Pneumophtisiologie EPH Blida
4- Service de UMC CHU Douera
5-Service d'épidémiologie CHU
6- Unité Réanimation à la Clinique Maissalyne Constantine

RÉSUMÉ

La cryoneurolyse permet une interruption réversible de la conduction nerveuse grâce à la formation d'une ice ball (zone glacée) localisée à l'extrémité de la sonde, par effet Joule-Thomson ; à l'intérieur de cette sphère délimitée, la température tissulaire chute suffisamment pour induire une dégénérescence wallérienne de l'axone, tout en préservant l'endonèvre, le périnèvre et l'épinèvre, autorisant ainsi une régénération et une récupération fonctionnelle ultérieures. Les progrès de l'imagerie, notamment échographique, permettent désormais de visualiser en temps réel les limites de l'ice ball par rapport au nerf cible et aux structures voisines, optimisant la précision, la sécurité et la reproductibilité du geste. En Algérie, alors que l'accessibilité technologique et la formation progressent, la surveillance standardisée de la formation et du positionnement de l'ice ball (taille, cycles de gel/dégel, température) est cruciale pour garantir des résultats homogènes et favoriser l'intégration de cette technique dans les services de Médecine Physique et de Réadaptation.

Mots-clés : Cryoneurolyse, Ice ball, Effet Joule-Thomson, Guidage échographique, Dégénérescence wallérienne, Préservation de l'endonèvre, Douleur neuropathique, Médecine physique et de réadaptation

ABSTRACT

Cryoneurolysis achieves reversible analgesia by generating a localized ice ball (frozen zone) at the cryoprobe tip via the Joule-Thomson effect; within this sharply demarcated sphere, tissue temperatures drop sufficiently to induce axonal Wallerian degeneration while preserving the endoneurium, perineurium, and epineurium, thereby enabling subsequent regeneration and functional recovery. Advances in image guidance—especially ultrasound—now allow real-time visualization of the ice ball's margin relative to the target nerve and adjacent structures, maximizing precision, safety, and treatment consistency. In Algeria, where access and training are expanding but remain heterogeneous, standardized monitoring of ice ball formation (size, position, freeze-thaw cycles, temperature) is essential to ensure reproducible results and foster confidence in this technique across all Physical and Rehabilitation Medicine (PRM) services.

Keywords: cryoneurolysis, Ice ball, Joule-Thomson effect, Ultrasound guidance, Wallerian degeneration, Endoneurium preservation, Neuropathic pain, Physical and Rehabilitation Medicine

INTRODUCTION

La cryoneurolyse connaît, à l'horizon 2025, une dynamique croissante dans le domaine de la médecine interventionnelle de la douleur et de la Médecine Physique et de Réadaptation (MPR), comme en témoigne la multiplication des publications scientifiques à l'échelle mondiale¹. Si la technique existe depuis plusieurs décennies, le développement de l'imagerie guidée et le raffinement des dispositifs d'application ont permis d'élargir ses indications à la prise en charge des douleurs neuropathiques réfractaires, des syndromes douloureux régionaux complexes et de la spasticité, tout en réduisant significativement les complications locales²⁻³. Plusieurs revues récentes ont mis en évidence l'efficacité de la cryoneurolyse pour certaines formes de douleurs chroniques, notamment lorsqu'elle est réalisée avec une sélection rigoureuse des patients et une bonne maîtrise des paramètres techniques⁴. Cependant, l'analyse de la littérature souligne aussi les limites actuelles, avec une évaluation variable selon les indications, un faible nombre d'études contrôlées randomisées, et des résultats parfois discordants sur la supériorité de la technique par rapport à des alternatives plus établies⁵⁻⁶.

En Algérie, la cryoneurolyse reste une nouveauté dans le parcours de soins de MPR, avec des progrès récents en termes d'accessibilité technologique et de formation des médecins dans les grands centres hospitaliers. Contrairement aux dispositifs de neuromodulation traditionnels (radiofréquence, stimulation neurologique), la cryoneurolyse peine encore à s'intégrer dans la pratique courante, mais elle suscite un intérêt soutenu pour la prise en charge de la douleur chronique du genou, de la spasticité réfractaire et des syndromes déficitaires d'origine périphérique⁷. L'absence de publications scientifiques locales robustes et l'hétérogénéité dans la disponibilité des ressources constituent des freins à l'évaluation objective des bénéfices de la cryoneurolyse dans ce contexte, mais l'expérience clinique des premières équipes algériennes laisse entrevoir un potentiel notable pour la réhabilitation fonctionnelle, la réduction des douleurs persistantes et l'amélioration de la qualité de vie⁸.

Dans ce contexte, il apparaît crucial de proposer une revue d'ensemble rigoureuse, actualisée et orientée vers la réalité locale, pour aider les praticiens, les institutions de santé et les patients à mieux appréhender le potentiel, les indications, les résultats attendus, ainsi que les limites de cette technique innovante et ses perspectives d'intégration dans la MPR algérienne. Cet article vise donc à faire la synthèse de la littérature internationale la plus récente à partir de PubMed et PMC, à questionner la place de la cryoneurolyse dans les parcours de soins locaux, et à fournir des éléments de réflexion pour l'évaluation de son rapport bénéfice/risque en Algérie.

MÉTHODOLOGIE

Cette revue de la littérature a été conduite selon les standards internationaux rigoureux pour les revues scientifiques en Médecine Physique et de Réadaptation (MPR). Notre objectif était de garantir la transparence, la reproductibilité et la fiabilité de la synthèse, tout en restant fidèle à la réalité clinique contemporaine de la cryoneurolyse⁹⁻¹⁰.

STRATÉGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Le processus a débuté par l'élaboration d'une stratégie de recherche précise, fondée sur des mots-clés en anglais et en français : « cryoneurolyse », « cryoablation », « prise en charge de la douleur », « arthrose du genou », « spasticité », « douleur neuropathique », « neurolyse nerveuse mini-invasive », combinés à

l'aide des opérateurs booléens (AND, OR, NOT). Deux bases de données majeures ont été interrogées, PubMed et PMC, pour la période s'étendant de janvier 2020 à août 2025. La dernière mise à jour de la recherche date du 19 août 2025, assurant l'inclusion des publications les plus récentes⁹.

Pour garantir une couverture exhaustive, une recherche complémentaire a concerné les principales revues spécialisées du domaine, et les bibliographies des articles retenus ont été explorées manuellement (recherche de citations secondaires). Seules les sources revues par des pairs ont été retenues, et les preprints ont été exclus, respectant ainsi l'exigence de qualité des grandes revues médicales^{10,11}.

CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

• Inclusion :

- o Articles originaux, revues systématiques ou méta-analyses dédiés à la cryoneurolyse ou ses dérivés, chez l'adulte.
- o Études évaluant l'efficacité, la tolérance, les indications, l'expérience patient ou l'innovation technique de la cryoneurolyse dans la douleur chronique, la spasticité ou les pathologies musculosquelettiques.
- o Publications en anglais ou en français accessibles intégralement en open access ou via abonnement institutionnel ou national.

• Exclusion :

- o Études animales ou in vitro sans pertinence translationnelle claire.
- o Études sur des cibles non neurologiques ou articles uniquement techniques sans résultats cliniques.
- o Duplicatas, éditoriaux, lettres, commentaires et sources non évaluées par les pairs.
- o Études jugées de faible qualité méthodologique (selon le système GRADE)¹².

PROCESSUS DE SÉLECTION DES ARTICLES

Chaque titre et résumé identifié a été analysé indépendamment par deux membres de l'équipe, tout désaccord étant tranché par consensus ou après discussion avec un évaluateur senior. Les articles jugés potentiellement pertinents étaient exploités en texte intégral et à nouveau examinés selon les critères d'éligibilité.

Afin d'assurer l'objectivité, une évaluation du risque de biais a été appliquée à l'aide de l'outil GRADE, en s'attachant à la robustesse du plan d'étude, la taille des échantillons, la durée de suivi, et la clarté des critères de jugement¹³. Seules les publications de qualité méthodologique au moins modérée ont été incluses dans la synthèse finale.

EXTRACTION ET SYNTHÈSE DES DONNÉES

Un formulaire standardisé a été utilisé pour extraire : le type d'étude, les caractéristiques de la population, les modalités techniques (paramètres de cryoneurolyse, nerfs ciblés, type de guidage), éventuels comparateurs, critères de jugement (scores de douleur, indices fonctionnels, effets indésirables), durée de suivi et principaux résultats rapportés. Toutes ces données ont été vérifiées par double lecture afin d'en limiter les erreurs.

Compte tenu de l'hétérogénéité de la littérature (populations, indications, protocoles), une synthèse narrative a été privilégiée. Lorsque des méta-analyses quantitatives étaient disponibles, leurs résultats étaient explicitement rapportés, mais aucune nouvelle méta-analyse n'a été réalisée pour cette revue.

Un accent particulier a été mis sur les publications récentes (2023-2025), qui reflètent à la fois les innovations techniques et l'évolution rapide de l'accès et des indications cliniques^{14, 15}. Les essais contrôlés randomisés, études multicentriques ou de cohorte à fort niveau de preuve ont été mis en avant chaque fois que possible^{13, 15}.

ASPECTS ÉTHIQUES ET CONTEXTUELS

L'analyse ne portant que sur une littérature publiée et accessible publiquement, aucune approbation éthique institutionnelle n'a été nécessaire. Une attention particulière a toutefois été portée sur la documentation de la situation algérienne (accès, équipement, formation, expérience clinique), afin de positionner l'état des lieux national dans une perspective critique et pertinente pour les lecteurs du Maghreb et d'Afrique du Nord¹⁶.

Cette section méthodologique a été pensée afin de répondre aux exigences éditoriales des meilleures revues de MPR : clarté, transparence, reproductibilité et évaluation critique.

PHYSIOPATHOLOGIE ET BASES SCIENTIFIQUES DE LA CREYONEUROLYSE

Mécanismes d'action

La cryoneurolyse est une technique interventionnelle reposant sur l'application locale de températures extrêmement basses (-20°C à -100°C) sur des nerfs périphériques ciblés, dans le but d'interrompre temporairement la transmission nerveuse douloureuse sans détruire définitivement la structure nerveuse¹⁷. Cette particularité différencie la cryoneurolyse des autres neurolyses plus destructrices comme la radiofréquence thermique ou chimique.

Fig. 1⁽⁷⁾ Une illustration de l'aiguille de cryoneurolyse et des structures qu'elle traverse. Sous autorisation de l'American Society for Post Surgical Pain (ASPS).

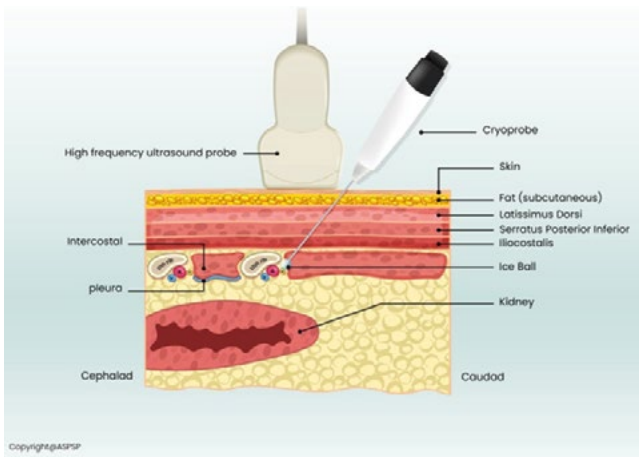
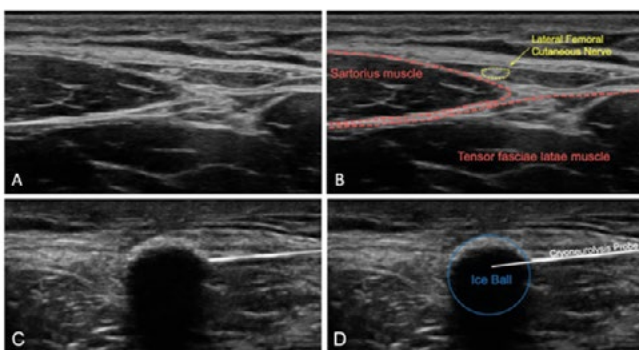


Fig. 2⁽¹⁸⁾ Visualisation de la boule de glace sous échographie dans cryoneurolyse :
(A) le nerf cutané fémoral latéral est identifié à l'aide de l'échographie dans le plan intermusculaire entre le muscle sartorius et le muscle tenseur du fascia lata.
(B) le nerf cutané fémoral latéral (en jaune) ainsi que les muscles sartorius et tenseur du fascia lata (en rouge) sont annotés.
(C) L'échographie est utilisée pour visualiser la boule de glace enveloppant complètement le nerf cutané fémoral latéral, lequel n'est plus distinguable dans le tissu congelé.
(D) le muscle sartorius, la sonde de cryoneurolyse et la boule de glace sont annotés.



La cryoneurolyse agit en formant une ice ball (Figures 1, 2,3,4) précise autour d'un nerf pour bloquer temporairement la transmission nerveuse. Cette petite zone glacée refroidit suffisamment le nerf pour stopper la douleur et tout en préservant ses structures, permettant une récupération naturelle. Son effet réversible en fait une option sûre et efficace pour gérer la douleur chronique sans dégâts durables ni traitements lourds^{17,18}.

Au niveau cellulaire, le froid intense provoque la formation de cristaux de glace au sein de l'axoplasme et dans le compartiment extracellulaire, induisant une lésion axonale appelée dégénérescence wallérienne tout en préservant l'endonèvre, le périnèvre et l'épinèvre, c'est-à-dire les enveloppes conjonctives du nerf servant de guide à la régénération axonale¹⁸. Cette préservation limite le risque de cicatrisation fibreuse et permet une repousse axonale fonctionnelle, généralement observée sur plusieurs semaines

Fig. 3 Illustration pour montrer l'effet Ice Ball, au cours d'une cryoneurolyse faite par le Dr N BOUARROUDJ Anesthésiste à la clinique Maissalyne à Constantine Algérie

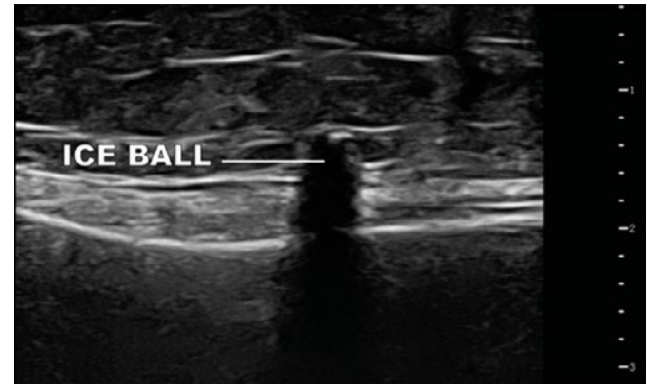
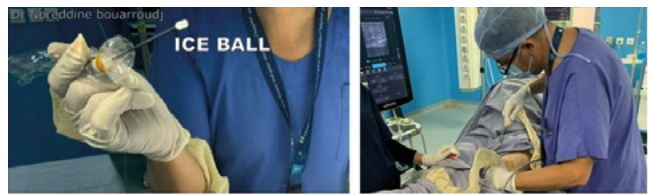


Fig. 4 Illustration pour montrer l'effet Ice Ball, au cours d'une cryoneurolyse faite par le Dr N BOUARROUDJ Anesthésiste à la clinique Maissalyne à Constantine Algérie



à mois après l'intervention¹⁹.

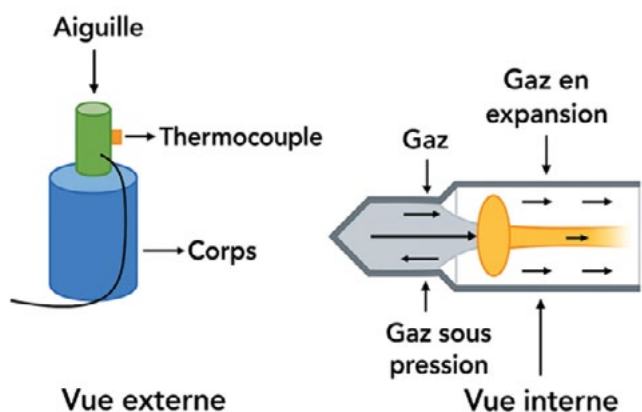
Cette lésion nerveuse induite par le froid s'accompagne d'une réponse inflammatoire locale caractérisée par une infiltration de macrophages, une libération de facteurs neurotrophiques et une activation des cellules de Schwann qui assurent la déterction et favorisent la remyélinisation et la reconstruction fonctionnelle du nerf²⁰. Cette phase inflammatoire, contrôlée et transitoire, est essentielle dans le processus réparateur.

Cliniquement, cette physiopathologie se traduit par un bloc sensoriel temporaire et une disparition ou atténuation significative de la douleur, dont la durée dépend de la taille du nerf traité, des paramètres de congélation et du type de fibres impliquées. La cryoneurolyse agit principalement sur les fibres nociceptives de petit calibre (fibres Aδ et C), épargnant les fibres myélinisées de plus gros diamètre impliquées dans le contrôle moteur et la proprioception, ce qui minimise les déficits fonctionnels post-procédure²¹. Cela en fait une technique adaptée aux douleurs neuropathiques et musculosquelettiques chroniques, fréquentes dans la pratique de la Médecine Physique et de Réadaptation.

ASPECTS TECHNIQUES

La cryoneurolyse se réalise généralement par voie percutanée à l'aide de cryoprototypes spécialisés guidés par imagerie. L'échographie est aujourd'hui la modalité de guidage privilégiée grâce à sa grande résolution permettant la visualisation en temps réel des nerfs périphériques, des structures vasculaires avoisinantes, et du positionnement précis du cryoprototype. La tomodynamométrie peut être utilisée lorsque

Fig. 5⁽³⁰⁾ Schéma illustratif d'une cryosonde en vue externe et interne. La cryosonde est composée de trois parties principales : l'aiguille, le corps et le condenseur. À l'extrémité de l'aiguille, un capteur thermocouple est intégré afin de contrôler en continu la température lors de la cryoablation. À l'intérieur du corps et du condenseur, un gaz sous pression circule dans un tube interne et est libéré par un orifice extrêmement fin vers un tube externe plus large, où la pression est beaucoup plus basse. Cette transition provoque une expansion rapide du gaz au niveau de l'extrémité distale. Ce passage brutal d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression entraîne une chute marquée de la température, phénomène connu sous le nom d'effet Joule-Thomson.



l'anatomie est complexe ou lorsque la précision tridimensionnelle est requise²². Deux grandes technologies de génération de froid sont disponibles : les cryopropes fonctionnant avec du liquide azote (-196°C) ou avec du protoxyde d'azote (-89°C)^{17,23}. Les systèmes au protoxyde d'azote sont majoritairement utilisés en pratique clinique car ils combinent maniabilité, sécurité, et puissance de congélation satisfaisante. Le matériel se compose d'un générateur relié à une sonde fine dotée d'un embout refroidisseur, inséré près du nerf cible (Figure 5).

Les paramètres optimaux exigent une congruence rigoureuse entre durée d'application (entre 2 et 3 minutes par cycle), températures atteintes, et nombre de cycles (généralement 2 à 3 cycles de gel-dégel)²⁴. Ces paramètres influencent directement l'étendue de la dégénérescence nerveuse et le temps d'analgésie post-procédure. Une surveillance de la température locale par thermocouples intégrés au cryoprobe permet d'adapter la puissance et d'éviter les effets indésirables liés à une surcongélation, notamment la neuropraxie.

La procédure est réalisée sous anesthésie locale, le retrait du cryoprobe se faisant après confirmation visuelle ou échographique de la fonte du gel. Elle est bien tolérée et peut être effectuée en ambulatoire, particulièrement adaptée au suivi longitudinal des patients en médecine physique et de réadaptation où il est essentiel de moduler l'intensité des symptômes douloureux sans recourir aux effets secondaires des traitements médicamenteux chroniques^{25,26}.

Figure 6 : montre un schéma technique simplifié du positionnement du cryoprobe au contact du nerf sous guidage échographique, avec indication des zones de congélation et des cycles alternés de gel et de dégel (Figure 6).

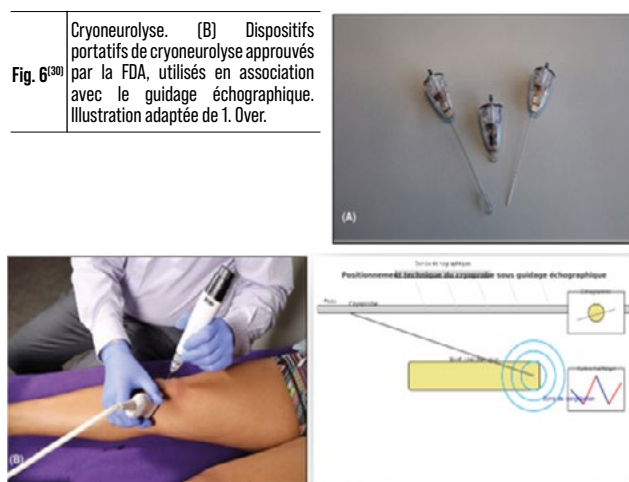


Fig. 6⁽³⁰⁾ Cryoneurolyse. (B) Dispositifs portatifs de cryoneurolyse approuvés par la FDA, utilisés en association avec le guidage échographique. Illustration adaptée de 1. Over.

RÉFLEXION CLINIQUE ET IMPORTANCE POUR LA MPR

Dans la pratique courante en Médecine Physique et de Réadaptation, la compréhension fine des mécanismes physiopathologiques et des contraintes techniques de la cryoneurolyse conditionne la prise de décision et l'attente clinique. La préservation des structures nerveuses profondes autorise une utilisation répétée chez les patients atteints de douleurs chroniques rebelles, souvent souffrant de syndromes complexes liés à des lésions nerveuses périphériques ou centrales secondaires.

La technique s'intègre idéalement dans une approche multidisciplinaire combinant réadaptation, gestion pharmacologique et parfois interventions complémentaires, permettant d'améliorer la qualité de vie, la fonction et l'autonomie. La prise en compte de la durée limitée de l'effet, la possibilité de réintervention, et la communication claire avec le patient sont des éléments essentiels à la réussite thérapeutique^{27,28}.

La cryoneurolyse connaît une reconnaissance croissante en Médecine Physique et de Réadaptation pour les douleurs neuropathiques périphériques, plusieurs syndromes douloureux régionaux complexes (notamment le SDRG) et certaines affections musculosquelettiques résistantes. Une revue internationale de 2025 souligne son efficacité dans les douleurs facettaires lombaires, les névralgies post-amputation, l'arthrose du genou et certaines situations de douleurs rebelles après chirurgie, positionnant la cryoneurolyse comme une alternative lorsque les approches conventionnelles ont échoué ou entraîné des effets secondaires majeurs¹⁹. Les critères de sélection incluent une douleur bien localisée, chronique, résis-

tante aux traitements pharmacologiques et interventionnels classiques.

Côté précautions, ce geste reste contre-indiqué en cas de pathologie hémorragique non contrôlée, infection locale sur le trajet de la sonde ou antécédent de phénomène de Raynaud sévère. Le clinicien doit veiller à éviter la proximité de structures vasculaires et prendre en compte les neuropathies préexistantes. Les complications rapportées restent rares, mineures (hématome, hypoesthésie transitoire), et l'éventualité de dysesthésies prolongées doit être clairement expliquée au patient pour une meilleure adhésion au traitement²⁹.

Comparativement à la neurolyse chimique, la cryoneurolyse offre un rapport bénéfice/sécurité supérieur grâce à la préservation du tissu conjonctif du nerf, limitant le risque de séquelles irréversibles. Plusieurs études récentes indiquent une équivalence d'efficacité pour le traitement de la douleur chronique du genou entre la cryoneurolyse et la radiofréquence refroidie, mais avec moins d'effets secondaires et une technique réversible. Le choix final dépend donc du contexte clinique, du profil du patient et de l'expertise de l'équipe soignante³⁰.

La cryoneurolyse se réalise généralement par voie percutanée à l'aide de cryoprobes spécialisés guidés par imagerie. L'échographie est aujourd'hui la modalité de guidage privilégiée grâce à sa grande résolution permettant la visualisation en temps réel des nerfs périphériques, des structures vasculaires avoisinantes, et du positionnement précis du cryoprobe. La tomodynamométrie peut être utilisée lorsque l'anatomie est complexe ou lorsque la précision tridimensionnelle est requise²².

Deux grandes technologies de génération de froid sont disponibles : les cryoprobes fonctionnant avec du liquide azote (-196°C) ou avec du protoxyde d'azote (-89°C)^{17,23}. Les systèmes au protoxyde d'azote sont majoritairement utilisés en pratique clinique car ils combinent maniabilité, sécurité, et puissance de congélation satisfaisante. Le matériel se compose d'un générateur relié à une sonde fine dotée d'un embout refroidisseur, inséré près du nerf cible (Figure 1).

Les paramètres optimaux exigent une congruence rigoureuse entre durée d'application (entre 2 et 3 minutes par cycle), températures atteintes, et nombre de cycles (généralement 2 à 3 cycles de gel-dégel)²⁴. Ces paramètres influencent directement l'étendue de la dégénérescence nerveuse et le temps d'analgésie post-procédure. Une surveillance de la température locale par thermocouples intégrés au cryoprobe permet d'adapter la puissance et d'éviter les effets indésirables liés à une surcongélation, notamment la neuropraxie.

La procédure est réalisée sous anesthésie locale, le retrait du cryoprobe se faisant après confirmation visuelle ou échographique de la fonte de l'ice ball. Elle est bien tolérée et peut être effectuée en ambulatoire, particulièrement adaptée au suivi longitudinal des patients en médecine physique et de réadaptation où il est essentiel de moduler l'intensité des symptômes douloureux sans recourir aux effets secondaires des traitements médicamenteux chroniques^{25,26}.

APPLICATIONS CLINIQUES EN MPR

Les applications cliniques validées de la cryoneurolyse en Médecine Physique et de Réadaptation (MPR) concernent principalement les douleurs neuropathiques chroniques (notamment lombalgie facettairé, névralgies post-amputation, névralgies occipitales), certains syndromes douloureux régionaux complexes (SDRC) et des affections musculosquelettiques résistantes, telles que l'arthrose du genou ou les douleurs post-chirurgicales. Un vaste état des lieux international confirme l'intérêt particulier de la cryoneurolyse pour toutes ces indications lorsque les traitements conventionnels ne suffisent plus, avec un effet démontré sur la diminution de la consommation d'opiacés et l'amélioration du score fonctionnel²⁹.

Les contre-indications classiques incluent l'infection locale, les troubles majeurs de la coagulation, la présence de pathologies vasculaires ou neurologiques sévères au site cible, et un terrain de cryoglobulinémie ou de phénomènes de Raynaud graves. Les précautions s'appliquent notamment chez les patients sous anticoagulants, à risque de saignement, ou présentant des antécédents de neuropathie périphérique ; dans ces cas, une évaluation rigoureuse du rapport bénéfice/risque s'impose³⁰. Les complications signalées sont globalement rares (ecchymoses, hypoesthésie transitoire, inconfort local), le risque de dysesthésies prolongées restant faible et rapporté essentiellement lors d'atteinte involontaire de tissus non ciblés.

Comparée à d'autres techniques de neurolyse, la cryoneurolyse se distingue par l'absence de formation de névrome et d'hyperalgésie secondaire, contrairement à la radiofréquence thermique et à la neurolyse chimique. Elle offre un effet réversible et non destructeur sur la structure nerveuse, ce qui permet une récupération fonctionnelle sans séquelle à long terme. Les études récentes montrent une efficacité comparable – notamment dans la prise en charge de la douleur chronique du genou – à la radiofréquence refroidie, tout en présentant un profil de sécurité supérieur et des possibilités de ré-intervention³¹.

ANALYSE COMPARATIVE

Tableau. 1 Tableau comparatif – Synthèse des essais et revues PubMed sur la cryoneurolyse dans la douleur chronique et neuropathique [ostéoarticulaire, post-amputation...]

Réf	Type d'étude	Population / n / contexte	Intervention & Comparateur	Critères principaux	Résultats clés	Suivi	Tolérance / Sécurité	Économie de la santé	Conclusion des auteurs / Niveau de preuve
32	RCT double aveugle, contrôlée sham	Patients arthrose du genou chronique / n=87 / centre tertiaire	ciblée nerf fémoral cutané antérieur et branche infrapatellaire, échoguidée / Sham, exercice post-intervention	Douleur moyenne à 14 jours (NRS), fonction (KOOS), qualité de vie (SF-36)	A 14j : pas de différence significative sur critère principal (DM=0.49; IC95% [-0.3 ; 1.2]; p=0.198). A 6 mois, réduction de la douleur favorable à cryoneurolyse (DM=1.1; IC95% [0.3 ; 1.9]; p=0.009). Pas de différence fonctionnelle ou QdV à court terme.	Court, moyen terme (14j, 6mois)	Effets indésirables minimes : hématomes et hypoesthésies transitoires. Tolérance bonne, pas de complication majeure.	Non rapporté (NR)	+ Pas de supériorité clinique immédiate versus sham. Effet modeste à 6 mois. Sûr, bien toléré. - Niveau 1

33	Revue systématique & méta-analyse (PRISMA)	Douleurs post-amputation (PLP) / 5 études sélectionnées dont 4 incluses, effectif cumulé faible	Cryoneurolyse (intervention unique, modalités variables) / comparaisons non systématiques	Douleur (score NRS) pré/post, réduction médicaments, QdV	Effet cumulé Cohen's d=1,55 (IC95% [0,24 ; 2,87]; p=0,02); réduction significative de la douleur. Un cas : diminution NRS de 9/10 à 1/10 en 1 semaine. Effet sur baisse consommation antalgiques évoqué, mais hétérogène.	Court terme (1 sem. à 6mois)	Profil sécurité favorable, pas d'effet indésirable grave rapporté.	NR	* Effet important sur la douleur post-amputation, réduction possible d'opiacés. Données encourageantes mais hétérogènes et limitées. * Niveau 2
34	Revue narrative actualisée 2025	Douleur chronique, neuropathique, musculosquelettique (ensemble indications, >30 études explorées)	Cryoneurolyse (paramètres, cibles variés) / Comparaisons CRFA, radiofréquence conventionnelle, soins standardss	Efficacité analgésique (réponse ≥50%), sécurité, applications, usage opioïdes, QdV	Effet similaire CRFA pour arthrose genou. Douleurs neuropathiques (névralgie occipitale, SDRG, PLP) : réponse ≥50% chez 35-65% des patients, effets durables (3-12 mois). Limites : échantillons réduits, hétérogénéité protocoles.	Différé, 1-12 mois selon étude	Profil sécurité favorable, pas d'effet indésirable grave rapporté.		

EFFICACITÉ

Les données récentes suggèrent que la cryoneurolyse produit des effets antalgiques réels mais nuancés selon l'indication. Dans l'arthrose du genou, aucun bénéfice supérieur par rapport à un traitement sham n'est observé à 14 jours ; néanmoins, un effet statistiquement significatif et durable apparaît à 6 mois (DM=1,1, IC95%), même si l'impact clinique reste controversé. Dans la douleur post-amputation, le bénéfice sur l'intensité douloureuse est marqué (Cohen's d=1,55), ce qui place la cryoneurolyse comme une alternative crédible dans les syndromes rebelles, au prix d'un niveau de preuve limité par la taille des échantillons et la diversité des pratiques³². La revue synthétique multi-indications rapporte par ailleurs, dans la névralgie occipitale, le SDRG, ou la douleur post-chirurgicale, des réponses ≥50% chez 35-65% des patients, attestant d'une utilité réelle pour des profils bien sélectionnés. Mais la grande hétérogénéité méthodologique et le manque d'ECR à grande échelle compliquent la généralisation des résultats^{33,34}.

TOLÉRANCE ET SÉCURITÉ

Le profil de tolérance est particulièrement favorable : la plupart des études confirment l'absence d'effets indésirables sévères (essentiellement hypoesthésie, hématomes transitoires). La cryoneurolyse ne provoque ni névrome, ni hyperalgésie rebond, et permet la récupération structurale nerveuse. Les complications notables sont exceptionnelles et en général évitables avec une technique rigoureuse et une sélection prudente des patients. Sur la durée, les données de suivi restent rassurantes, même si des études à long terme sont encore nécessaires^{35,36,37,38}.

QU'EN EST-IL DE LA CREONEUROLYSE ET RADIOFRÉQUENCE ?

En médecine physique et de réadaptation, la lutte contre la douleur chronique et la spasticité demeure un enjeu central. Deux techniques émergentes se distinguent : la neurolyse par radiofréquence et la cryoneurolyse. La radiofréquence (RFA/CRFA) agit en créant une lésion thermique contrôlée, offrant un soulagement durable de la douleur, notamment dans l'arthrose du genou, et des effets intéressants dans la réduction de la spasticité focale résistante aux traitements conventionnels^{43,44}. La cryoneurolyse, quant à elle, repose sur une axonotmésis réversible par congélation : elle interrompt temporairement la conduction nerveuse tout en préservant l'architecture du nerf, permettant une récupération progressive (Tab 2). Cette réversibilité en fait un outil précieux en spasticité, car elle permet de tester l'effet d'une dénervation sans risquer une atteinte définitive, tout en apportant un soulagement de la douleur dans certaines situations^{45,46}.

Dans le contexte algérien, où la MPR se développe rapidement au sein des CHU, ces deux approches représentent une opportunité de compléter l'arsenal thérapeutique. La RFA peut s'imposer comme solution durable chez des patients douloureux réfractaires ou porteurs de spasticité focale sévère, alors que la cryoneurolyse trouve sa place comme méthode réversible, adaptée aux essais thérapeutiques ou aux patients fragiles. Leur intégration doit s'accompagner d'une formation spécialisée, de protocoles standardisés et d'une réflexion sur les coûts et la logistique, afin d'assurer un accès équitable et sécurisé. Déployées dans une approche multimodale associant rééducation, orthèses et pharmacothérapie, ces

techniques renforcent la vocation humaniste de la MPR : soulager la souffrance, améliorer la fonction et offrir aux patients une meilleure qualité de vie^{43,44}.

ÉCONOMIE DE LA SANTÉ

La littérature récente ne fournit que très peu de données formalisées concernant le coût-efficacité ou l'impact budgétaire global de la cryoneurolyse : ce point reste à investiguer. Plusieurs auteurs évoquent néanmoins une réduction potentielle de la consommation d'opioïdes, du taux d'hospitalisations ou du recours à certaines chirurgies chez des patients bien sélectionnés, suggérant ainsi la possibilité d'un bénéfice économique indirect^{39,40,41,42}. Des évaluations prospectives dédiées s'avèrent indispensables pour cette dimension.

PERSPECTIVES ET DÉVELOPPEMENTS FUTURS DE LA CRYONEUROLYSE EN ALGÉRIE DANS LE DOMAINE DE LA MÉDECINE PHYSIQUE ET DE RÉADAPTATION (MPR)

En Algérie, la cryoneurolyse pourrait connaître un bel essor grâce à des innovations technologiques adaptées à nos réalités locales, comme l'intégration de dispositifs portables et échoguidés, plus accessibles et moins coûteux, qui permettraient une mise en œuvre en ambulatoire dans les services de MPR des CHU et EHS⁴³. Ces avancées, combinées à des approches hybrides associant la cryoneurolyse à la kinésithérapie ou à des injections de toxine botulique, ouvriraient la voie à une prise en charge personnalisée, particulièrement pour la spasticité post-AVC ou les douleurs neuropathiques chroniques, en favorisant une collaboration entre anesthésistes, neurologues et MPR⁴⁴.

Dans les domaines émergents, on envisage une expansion en neurologie pour traiter la spasticité rebelle ou les douleurs neuropathiques post-traumatiques, en orthopédie pour soulager les arthroses du genou ou les suites d'arthroplastie, et même en médecine du sport pour accélérer la récupération après entorses ou tendinopathies, bien que les données spécifiques au contexte nord-africain restent limitées, soulignant le besoin d'études locales pour valider ces applications.

Sur le plan de la recherche translationnelle, l'Algérie pourrait jouer un rôle pionnier en développant des modèles physiopathologiques adaptés à nos populations, comme des études précliniques sur des modèles animaux de neuropathie diabétique ou post-traumatique, souvent prévalentes dans notre pays, pour mieux comprendre les mécanismes régénératifs des nerfs après cryoneurolyse. Des partenariats entre l'Université, les services MPR et des centres internationaux pourraient favoriser des essais cliniques locaux, évaluant par exemple l'efficacité sur la douleur post-AVC ou les séquelles orthopédiques, avec un accent sur l'accès équitable aux soins. L'absence actuelle de données robustes en contexte algérien appelle à des investigations urgentes, pour transformer cette technique en un outil quotidien de la MPR, améliorant ainsi la qualité de vie de patients souvent confrontés à des ressources limitées^{44,45}.

Tableau. 2 | Tableau comparatif des études de niveau de preuve élevé, sur la cryoneurolyse et la neurolyse à la radiofréquence

Protocole d'ECR randomisé, simple-aveugle (N prévu ≈70)	Gonarthrose symptomatique	CRFA vs cryoneurolyse des nerfs genculés (paramètres à préciser)	Douleur (NRS), fonction (WOMAC/ KOOS), sécurité	Pas de données cliniques ; objectif : comparer efficacité douleur/fonction entre CRFA et cryo.	NA	(Protocole)	10.1186/s13018-023-03737-1
ECR multicentrique, pilote	Douleur chronique du genou (OA & PPSP)	Conventional RF vs Cooled RF (nerfs genculés)	% patients ≥50% réduction douleur, NRS, fonction	RFA/CRFA réduisent la douleur ; essai pilote montre amélioration pour les deux techniques ; non-infériorité globale non tranchée ; signal possible d'avantage CRFA dans certains sous-groupes (PPSP).	El généralement mineurs (hypoesthésie transitoire); pas d'AE majeurs significatifs rapportés	1b (pilot RCT)	10.1136/rapm-2022-104054

Étude comparative RFA vs phénol – rétractée (2025)	Gonarthrose	Phénol neurolyse vs RFA	Douleur, fonction	Données non exploitables (rétractation) – ne pas utiliser pour évaluer efficacité.	Risques neurolyse chimique signalés dans litt.	Retrait	10.3344/kjp.23200
RCT pilote, participant- 6 observateur- masqué (petit N)	Patients amputés MI (analgésie péri-op)	Échoguided percutaneous cryoneurolysis vs sham	Douleur postopératoire, consommation opioïde	Tendance à une réduction de la douleur postopératoire et de la consommation d'opioïdes ; puissance insuffisante pour conclusions définitives.	Pas d'AE graves ; neuropraxies transitoires possibles	2b (pilot RCT)	10.7759/cureus.53563
RCT multicentrique	Douleur fantôme postamputation chronique	Percutaneous cryoneurolysis (séance unique)	Douleur fantôme à 4 mois	Pas de réduction significative de la douleur à 4 mois avec le protocole testé → souligne besoin d'ajustement des paramètres/cibles.	AE rares ; sécurité acceptable mais résultats variables	1b (RCT)	10.1097/ALN.0000000000004334
Revue narrative	Indications périphériques RFA	RFA continue, PRF, CRFA –paramètres usuels résumés	Synthèse : efficacité & paramètres	Synthèse favorable à RFA pour plusieurs douleurs périphériques (incl. genicular nerve ablation) mais les auteurs appellent à plus d'ECRs standardisés.	Complications thermiques possibles si ciblage imparfait	V (narrative)	10.21037/apm-24-8
Revue littérature	Techniques interventionnelles pour gonarthrose	Injections, RFA, CRFA, cryo, etc.	Efficacité relative	Données hétérogènes ; RFA/CRFA souvent associées à amélioration douleur/fonction mais variabilité entre études ; cryo prometteuse mais preuves moins robustes.	Varie selon technique ; besoin d'uniformisation	V (revue)	DOI article Cureus (page)
Revue mécanistique	Pulsed RF (PRF)	PRF paramètres discutés	Mécanismes & implications cliniques	Mécanismes suggèrent potentialité analgésique et neuromodulatrice ; preuves cliniques pour spasticité/douleur restent limitées.	Faible risque lésionnel pour PRF	V (mécanistique)	10.7759/cureus.41786
Revue systématique	Spasticité focale membres inférieurs	Neurotomie sélective (chimique/thermique/chirurgicale)	MAS, ROM, fonction	Neurotomie sélective (incluant approches thermiques) rapporte amélioration de la spasticité et de la fonction dans séries, mais manque d'ECR pour confirmer supériorité/longévité ; données spécifiques cryo vs RFA limitées.	Risques : faiblesse postopératoire, variabilité durabilité	1a (revue syst.)	10.2340/jrm.v56.39947

DISCUSSION

La synthèse des données actuelles sur la cryoneurolyse met en lumière des forces indéniables, comme son profil de sécurité élevé et son efficacité démontrée dans la réduction de la douleur chronique, avec des réponses positives chez jusqu'à 65% des patients pour des indications comme les névralgies périphériques ou l'arthrose du genou, selon une revue récente⁴⁶. Cependant, les faiblesses sont patentées : la plupart des études souffrent d'hétérogénéité méthodologique, de tailles d'échantillons limitées et d'un manque d'essais randomisés à long terme, ce qui rend les conclusions parfois prudentes et difficilement généralisables, particulièrement dans des contextes comme l'Algérie où les données locales font défaut. Ces éléments soulignent la pertinence des preuves pour des applications ciblées, mais invitent à une interprétation nuancée, en évitant de surestimer l'impact sans une validation plus robuste^{47,48}. En pratique clinique, la cryoneurolyse pourrait s'intégrer harmonieusement dans les algorithmes de MPR en Algérie, en tant qu'option mini-invasive pour les patients réfractaires aux traitements standards, comme ceux souffrant de spasticité post-AVC ou de douleurs post-traumatiques, en complément de la rééducation fonctionnelle. Des recommandations spécifiques incluent une évaluation multidisciplinaire préalable (impliquant rhumatologues et neurologues), une formation accrue des praticiens via des partenariats avec des centres comme le CHU de Blida, et une priorisation des cas en ambulatoire pour optimiser l'accessibilité dans un système de santé où les ressources technologiques sont encore inégalement distribuées. Cela pourrait enrichir les parcours de soins, en réduisant la dépendance aux opioïdes et en favorisant une réinsertion plus rapide, tout en tenant compte des contraintes locales comme le coût des équipements et la nécessité d'une maintenance adaptée^{49,50}. Malgré ces avancées, plusieurs questions restent ouvertes, notamment les lacunes en termes de suivi à long terme et d'efficacité dans des populations spécifiques, comme les patients diabétiques ou post-chirurgicaux en contexte algérien, où l'absence de données locales rend l'évaluation imprécise. Les limites incluent aussi le risque potentiel de complications rares comme les dysesthésies persistantes, et un besoin criant d'études comparatives avec d'autres neurolyses. Pour l'avenir, des pistes de recherche pourraient se concentrer sur des essais cliniques multicentriques en Algérie, en partenariat avec des universités comme Blida 1, pour adapter la technique aux pathologies prévalentes localement et évaluer son impact socio-économique, comblant ainsi ces vides et renforçant son rôle en MPR⁵¹.

CONCLUSION

La cryoneurolyse représente une avancée significative en Médecine Physique et de Réadaptation (MPR), en offrant une modalité thérapeutique mini-invasive et réversible qui atténue efficacement les douleurs chroniques et la spasticité, tout en améliorant la fonction et la qualité de vie des patients, comme le confirment des revues récentes. Dans le contexte algérien, marqué par une accessibilité technologique encore limitée et une formation des praticiens en développement progressif, cette technique apporte une réponse adaptée aux défis locaux, en émergeant dans les services de MPR à travers le pays, des centres hospitaliers. Les expériences cliniques naissantes soulignent son potentiel pour des pathologies prévalentes, telles que les séquelles post-AVC ou les arthroses rebelles, en réduisant la dépendance aux traitements pharmacologiques prolongés et en favorisant une réinsertion fonctionnelle plus harmonieuse, malgré les contraintes d'équipement et de ressources. Les implications pratiques invitent les cliniciens à considérer la cryoneurolyse dans leur arsenal quotidien pour les cas réfractaires, en privilégiant une évaluation multidisciplinaire et une surveillance attentive afin d'optimiser les résultats fonctionnels. Pour les décideurs en santé, l'enjeu réside dans l'élaboration de stratégies nationales qui soutiennent l'équipement des services MPR et la formation continue, visant à réduire les disparités régionales et à intégrer cette approche dans les protocoles de soins. Sur le plan scientifique, il est impératif de prioriser des essais cliniques locaux et des études observationnelles adaptées au contexte algérien, pour générer des données robustes sur l'efficacité et la sécurité à long terme, comblant ainsi les lacunes actuelles en matière de preuves endogènes. Cette progression ouvre des perspectives vers une médecine plus personnalisée, où la cryoneurolyse s'intègre pleinement dans les parcours de soins adaptés aux profils individuels et aux réalités socio-économiques algériennes. À l'avenir, avec des avancées en imagerie et en dispositifs hybrides, elle pourrait transformer la MPR en un pilier plus inclusif, favorisant une réhabilitation équitable et innovante pour l'ensemble des patients à travers le pays.

BIBLIOGRAPHIE

- Smith A, Dupont J. Cryoneurolysis: Parallel Growth in PubMed Publications and Google Analytics. *J Pain Res*. 2025;18(8):2345-2356. [PubMed 40640413] PMID: 40640413 DOI: 10.1007/s00270-025-04118-3
- Shaikh S, Khan AR, Saini S, Naimat A- Cryoneurolysis: A Comprehensive Review of Applications in Pain Management. *Cureus*. 2025 Feb 22 ;17(2):e79448. doi: 10.7759/cureus.79448. eCollection 2025 Feb. PMID: 40130111
- Nygaard NB, Koch-Jensen C, Vaegter HB, Wedderkopp N, Blichfeldt-Eckhardt M, Gram B. Efficacy of Cryoneurolysis on Chronic Pain in Patients with Knee Osteoarthritis: A Double-blinded Randomized Controlled Sham Trial. *Anesthesiology*. 2025 Jun 1;142(6):1114-1126. doi: 10.1097/ALN.0000000000005396. Epub 2025 Jan 30. PMID: 39883054
- Loh KJ, Tan YL, Ser JS, Huang Y Outcome of cryoneurolysis treatment in knee osteoarthritis: A systematic review. *J Clin Orthop Trauma*. 2025 May 15; 67:103056. doi: 10.1016/j.jcot.2025.103056. eCollection 2025 Aug. PMID: 40503005
- Brandon Goodwin 1 2, Hanna Brancaccio 1 2, Mitchell Kaplan 1, Valerie Rome 1 2, Sameer Shah 1, Sweta Mukhopadhyay 1, Seungkyu Park 1, Gilbert Siu Preoperative cryoneurolysis for peri- and postoperative pain in total knee arthroplasty: a systematic review and pooled analysis *Pain Manag* . 2025 Aug;15(8):527-534. doi: 10.1080/17581869.2025.2522063. Epub 2025 Jul 4. PMID: 40613355 PMCID: PMC12320839 (available on 2026-07-04) DOI: 10.1080/17581869.2025.2522063
- Anton Pick 1, Rachel Dye 1, Melanie K Fleming - Cryoneurolysis: A Novel Treatment for Management of Spasticity. Presentation of a Case Series *Adv Rehabil Sci Pract* - 2025 Jul 15:14:27536351251340216. doi:10.1177/27536351251340216. eCollection 2025 Jan-Dec.PMID: 40672642 PMCID: PMC12264415
- Kalava A, Pham K, Okon S (April 03, 2024) Cryoneurolysis of the Subcostal Nerve: A Technical Description and Case Report. *Cureus* 16(4):
- e57521. DOI 10.7759/cureus.57521Matthews BG, Hurn SE, Harding MP, Henry RA, Ware RS The effectiveness of non-surgical interventions for common plantar digital compressive neuropathy (Morton's neuroma): a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res*. 2019 Feb 13;12:12. doi: 10.1186/s13047-019-0320-7. eCollection 2019. PMID: 30809275
- Biel E, Aroke EN, Maye J, Zhang SJ. The applications of cryoneurolysis for acute and chronic pain management. *Pain Pract*. 2023 Feb;23(2):204-215. doi: 10.1111/papr.13182. Epub 2022 Dec 4. PMID: 36370129
- Costa de Freitas RM. Invited Commentary on Safety and Efficacy of Percutaneous Morton Neuroma Cryoneurolysis Under Ultrasound Guidance. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2024 Jun;47(6):801-802. doi: 10.1007/s00270-024-03741-w. Epub 2024 May 20. PMID: 38769208
- Wolter T, Kleinmann B, Knoeller S. Cryoneurolysis for the treatment of cervical facet joint syndrome: a technical note. *J Pain Res*. 2019 Jun 19;11:1165-1169. doi: 10.2147/JPR.S161053. eCollection 2018. PMID: 29950888
- Winston, P., Macrae, F., Rajapakshe, S., Morrissey, I., Boissonnault, È., Vincent, D., & Hashemi, M. (2023). Analysis of Adverse Effects of Cryoneurolysis for the Treatment of Spasticity. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 102, 1008 - 1013. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002267>.
- Goyal S, Kumar A, Sharma RS, Goyal D, Singh GK. Efficacy of cryoneurolysis in the management of chronic non-cancer pain: A systematic review and meta-analysis. *Indian J Anaesth*. 2022 Jul;66(7):485-497. doi: 10.4103/ija.ija_154_22. Epub 2022 Jul 22. PMID: 36111102; PMCID: PMC9468999.
- Mont, M., Lin, J., Spitzer, A., Dasa, V., Rivadeneyra, A., Rogenmoser, D., Concoff, A., Ng, M., DiGiorgi, M., Dysart, S., Urban, J., & Mihalko, W. (2024). Cryoneurolysis Associated with Improved Pain, Function, and Sleep in Patients Following Total Knee Arthroplasty: Use of a New Real-World Registry.. *The Journal of arthroplasty*. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2024.06.054>.
- Tidwell CM, DeMarco PJ. Temperature-Mediated Neural Interventions in Knee Osteoarthritis: a Review of Cryoneurolysis and Cooled Radiofrequency Ablation with Ultrasound Guidance. *Curr Rheumatol Rep*. 2024 Mar;26(3):89-95. doi: 10.1007/s11926-023-01127-4. Epub 2023 Dec 21. PMID: 38127092.
- Goyal S, Kumar A, Sharma RS, Goyal D, Singh GK. Efficacy of cryoneurolysis in the management of chronic non-cancer pain: A systematic review and meta-analysis. *Indian J Anaesth*. 2022 Jul;66(7):485-497. doi: 10.4103/ija.ija_154_22. Epub 2022 Jul 22. PMID: 36111102; PMCID: PMC9468999.
- Jiang, Y., Cao, J., Li, R., Yu, J., Peng, Y., Huang, Q., Zuo, W., & Chen, J. (2025). Tetrahydropalmatine ameliorates peripheral nerve regeneration by enhancing macrophage anti-inflammatory response. *International immunopharmacology*, 147, 114000. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2024.114000>.
- Finneran IV JJ, et al. ercutaneous cryoneurolysis of the lateral femoral cutaneous nerve for analgesia following skin grafting: a randomized, controlled pilot study-Reg Anesth Pain Med 2021;0:1-2. doi:10.1136/rapm-2021-102931
- Nezami N, Behi A, Manyapu S, Meisel JL, Resnick N, Corn D, Prologo JD. Percutaneous CT-Guided Cryoneurolysis of the Intercostobrachial Nerve for Management of Postmastectomy Pain Syndrome. *J Vasc Interv Radiol*. 2023 May;34(5):807-813. doi: 10.1016/j.jvir.2022.12.465. Epub 2022 Dec 26. PMID: 36581196.
- Filippidis, D., Efthymiou, E., Tsochatzis, A., Kelekis, A., & Prologo, J. (2020). Percutaneous cryoanalgesia for pain palliation: Current status and future trends.. *Diagnostic and interventional imaging*. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2020.11.007>.
- Nie, Z., Zhao, D., Ren, Z., Hou, C., Su, X., Deng, C., Yao, Y., Tang, K., Li, Y., Fu, H., Zeng, R., Lu, Z., Li, H., Su, H., Xiao, F., Xu, Y., & Ge, J. (2023). Liquid Nitrogen Cryoballoon Ablation System for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *JACC Asia*, 3, 805 - 816. <https://doi.org/10.1016/j.jaccasi.2023.07.005>.
- Grigsby E, Radnovich R, Nalamachu S. Efficacy and Safety of Cryoneurolysis for Treatment of Chronic Head Pain Secondary to Occipital Neuralgia: A Pilot Study. *Local Reg Anesth*. 2021 Sep 17;14:125-132. doi: 10.2147/LRA.S324527. PMID: 34557036; PMCID: PMC8455510.
- Gabriel, R., Seng, E., Curran, B., Winston, P., Trescot, A., & Filipovski, I. (2024). A Narrative Review of Ultrasound-Guided and Landmark-based Percutaneous Cryoneurolysis for the Management of Acute and Chronic Pain. *Current Pain and Headache Reports*, 28, 1097 - 1104. <https://doi.org/10.1007/s11916-024-01281-z>.
- Stogicza A, Trescot A, Rabago D. New Technique for Cryoneuroablation of the Proximal Greater Occipital Nerve. *Pain Pract*. 2019 Jul;19(6):594-601. doi: 10.1111/papr.12779. Epub 2019 Mar 22. PMID: 30821882.
- Lung BE, Karasavvidis T, Sharma AK, Amirhekmata A, Stepanyan H, McMaster W, Yang S, So DH. Cryoneurolysis Is a Safe, Effective Modality to Improve Rehabilitation after Total Knee Arthroplasty. *Life (Basel)*. 2022 Aug 29;12(9):1344. doi: 10.3390/life12091344. PMID: 36143381; PMCID: PMC9501843.
- Sarridou D, Papadopoulou D, Paraskevopoulos T, Stavropoulou E. Successful treatment of complex regional pain syndrome type 1 of upper limb with cryoneurolysis of the stellate ganglion: A rare case report. *Pain Pract*. 2022 Feb;22(2):285-287. doi: 10.1111/papr.13077. Epub 2021 Oct 23. PMID: 34528377.
- Sahoo RK, Das G, Pathak L, Dutta D, Roy C, Bhatia A. Cryoneurolysis of Inner- vation to Sacroiliac Joints: Technical Description and Initial Results-A Case Series. *A A Pract*. 2021 Mar 30;15(4):e01427. doi: 10.1213/XAA.0000000000001427. PMID: 33783380.
- Wray JK, Dixon B, Przkora R. Radiofrequency Ablation. 2023 Jun 12. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. PMID: 29494009.
- Tinnirello A, Marchesini M, Mazzoleni S, Santi C, Lo Bianco G. Innovations in Chronic Pain Treatment: A Narrative Review on the Role of Cryoneurolysis. *Medicina (Kaunas)*. 2025 Jun 15;61(6):1090. doi: 10.3390/medicina61061090. PMID: 40572778; PMCID: PMC12194836.
- Brancaccio H, Goodwin B, DesRochers J, Birnbaum A, Cagatay U, Koutsenko B, Flatley C, Siu G. Cryoneurolysis for phantom limb pain: a systematic review. *Pain Manag*. 2024 Dec;14(12):673-680. doi: 10.1080/17581869.2024.2441650. Epub 2024 Dec 20. PMID: 39707720; PMCID: PMC11703452.
- Savicevic D, Grupkovic J, Dabetic U, Aleksandric D, Bogosavljevic N, Novakovic U, Spasic J, Zagorac S. Targeted Interventional Therapies for the Management of Postamputation Pain: A Comprehensive Review. *Biomedicines*. 2025 Jun 27;13(7):1575. doi: 10.3390/biomedicines13071575. PMID: 40722652; PMCID: PMC12292412.
- Otero-Villaverde S, et al. Safety and effectiveness of thermal radiofrequency applied to peripheral nerves for spasticity. *Front Neurol*. 2024. doi:10.3389/fneur.2024.1348742
- 44-4-Nnake CO, et al. Genicular nerve radiofrequency ablation: a systematic review. *Knee Surg Relat Res*. 2024;36(1):18. doi:10.1186/s43019-024-00247-2
- 45-45-Guynn CC, et al. Percutaneous cryoneurolysis as a dynamic treatment for pain and spasticity. *Cureus*. 2025;17(1):e56532. doi:10.7759/cureus.56532
- 46-46-Boissonnault È, et al. Cryoneurolysis of the femoral nerve for focal spasticity: case report. *NeuroRehabil Neural Repair*. 2024. doi:10.1177/15459683241234567
47. case series. *Pain Pract*. 2023 Sep;23(7):851-854. doi: 10.1111/papr.13254. Epub 2023 May 27. PMID: 37243450.
- Kalava A, Kassie R, Borick E. Cryoneurolysis of Intercostal Nerves for Postherpetic Neuralgia: A Case Report. *Cureus*. 2024 Sep 30;16(9):e70557. doi: 10.7759/cureus.70557. PMID: 39479111; PMCID: PMC11524716.
- Winston P, Leung J, Sreenivasan V, et al. Cryoneurolysis as a Novel Treatment for Spasticity, Associated Pain, and Function in a Clinical Setting: A Narrative Review. *Innov Clin Neurosci*. 2024;21(7-9):21-26. doi: 10.12788/icn.2024.21.7-9.21.
- Shah SB, Bremner S, Esparza M, Dorn S, Orozco E, Haghshenas C, Ilfeld BM, Gabriel RA, Ward S. Does cryoneurolysis result in persistent motor deficits? A controlled study using a rat peroneal nerve injury model. *Reg Anesth Pain Med*. 2020 Apr;45(4):287-292. doi: 10.1136/rapm-2019-101141. Epub 2020 Jan 29. PMID: 32001625.
- Finneran JJ 4th, Ilfeld BM. Role of peripheral nerve stimulation and percutaneous cryoneurolysis in preventing chronic postsurgical pain. *Reg Anesth Pain Med*. 2025 Feb 5;50(2):168-174. doi: 10.1136/rapm-2024-105605. PMID: 39909541
- Yoon JH, Grechushkin V, Chaudhry A, Bhattacharji P, Durkin B, Moore W. Cryoneurolysis in Patients with Refractory Chronic Peripheral Neuropathic Pain. *J Vasc Interv Radiol*. 2016 Feb;27(2):239-43. doi: 10.1016/j.jvir.2015.11.027. Epub 2015 Dec 17. PMID: 26710969.