

Année 2022

N° 3800

La cryothérapie en endodontie : données actuelles

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

présentée

et soutenu publiquement par

HADDAD Mathieu

le 25 avril 2022 devant le jury ci-dessous :

Présidente : Madame le Professeur Fabienne PEREZ

Assesseur : Madame le Professeur Anne-Gaëlle CHAUX

Assesseur : Monsieur le Docteur Maxime GUILLEMIN

Directrice de thèse : Madame le Docteur Bénédicte ENKEL

Co-Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Matthieu REMAUD

Assesseurs

Dr GAUDIN Alexis
Pr LE GUEHENNEC Laurent
Pr LESCLOUS Philippe

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers des C.S.E.R.D

Mme ALLIOT-LICHT Brigitte

Mme LOPEZ Serena

M AMOURIQ Yves

Mme PEREZ Fabienne

Mme CHAUX Anne-Gaëlle

M. WEISS Pierre

M. LABOUX Olivier

Professeur des Universités

M. BOULER Jean-Michel

Maitre de conférence des Universités

Mme VINATIER Claire

Professeur Emérite

M. GIUMELLI Bernard

Enseignants Associés

M. GUIHARD Pierre (Professeur Associé)

M. BANDIAKY Octave (Assistant Associé)

Mme LOLAH Aoula (Assistant Associé)

M. MAITRE Yoann (Assistant Associé)

Maitres de conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers des C.S.E.R.D

Assistants Hospitaliers Universitaires des C.S.E.R.D

M. AMADOR DEL VALLE Gilles

M. ALLIOT Charles

Mme ARMENGOL Valérie

Mme CLOUET Roselyne

Mme BLERY Pauline

M. EVRARD Lucas

M. BODIC François

M. GUILLEMIN Maxime

Mme CLOITRE Alexandra

Mme HASCOET Emilie

Mme DAJEAN-TRUTAUD Sylvie

Mme HEMMING Cécile

M. DENIS Frédéric

M. HIBON Charles

Mme ENKEL Bénédicte

Mme OYALLON Mathilde

M. HOORNAERT Alain

Mme QUINSAT Victoire Eugenie

Mme HOUCHMAND-CUNY Madline

M. REMAUD Matthieu

Mme JORDANA Fabienne

M. RETHORE Gildas

M. LE BARS Pierre

M. SERISIER Samuel

M. NIVET Marc-Henri

Mme TISSERAND Lise

M. PRUD'HOMME Tony

Mme RENARD Emmanuelle

M. RENAUDIN Stéphane

M. STRUILLOU Xavier

M. VERNER Christian

Praticiens Hospitaliers

Mme DUPAS Cécile

Mme HYON Isabelle

03/01/2022

Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation

Remerciements

À Madame le Professeur PÉREZ Fabienne

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Toulouse 3

Habilitée à Diriger les Recherches

Chef du département d'Odontologie Conservatrice - Endodontie

Chef du Service d'Odontologie Conservatrice et Pédiatrique

- NANTES –

Remerciements

À Madame le Docteur ENKEL Bénédicte

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins
d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Ancien Interne des Hôpitaux de Nantes

Département d'Odontologie Conservatrice – Endodontie

- NANTES -

Remerciements

À Monsieur le Docteur REMAUD Matthieu

Assistant Hospitalier Universitaire des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche
Dentaires

Département d'Odontologie Conservatrice – Endodontie

- NANTES -

Remerciements

À Madame le Professeur CHAUX Anne-Gaëlle

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Grenoble

Habilitée à Diriger les Recherches

Ancien Interne en Odontologie (Lyon)

Département de Chirurgie Orale

- NANTES -

Remerciements

À Monsieur le Docteur GUILLEMIN Maxime

Assistant Hospitalier Universitaire des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Département de Chirurgie Orale

- NANTES -

Remerciements

À Monsieur le Docteur GAUDIN Alexis

Maître de Conférences des Universités - Praticien Hospitalier des Centres de Soins
d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Ancien Interne des Hôpitaux de Toulouse

Département Odontologie Conservatrice – Endodontie

- NANTES -

Table des matières

1	Introduction.....	13
2	La douleur endodontique.....	15
2.1	La douleur phénomène pluridimensionnel.....	15
2.1.1	La douleur aiguë.....	15
2.1.2	La douleur chronique.....	16
2.2	La douleur endodontique : mécanismes neurophysiologiques.....	16
2.2.1	L'innervation pulpaire.....	16
2.2.2	Le chemin de la douleur de la sphère oro-faciale.....	18
2.2.3	La modulation du message douloureux.....	21
2.2.4	Amplification du message douloureux : Le cycle douleur-spasme-douleur.....	23
2.2.5	Mécanismes incriminés dans les douleurs endodontiques chroniques.....	24
2.3	Urgences douloureuses endodontiques.....	25
2.3.1	Pulpite réversible.....	26
2.3.2	Pulpite irréversible.....	26
2.3.3	La nécrose pulpaire.....	26
2.3.4	Pathologie péri-apicale.....	27
2.4	Prise en charge de la douleur endodontique.....	27
2.5	Douleur per-opératoire et difficultés d'anesthésie.....	28
2.5.1	Mécanismes d'action de l'anesthésie.....	28
2.5.2	Hypothèses concernant l'échec de l'anesthésie loco-régionale en endodontie.....	29
2.6	Douleur post-opératoire.....	30
3	La cryothérapie : principes, mécanismes d'action et domaines d'application.....	32
3.1	Origines de la cryothérapie.....	32
3.2	Les Modes d'application de la cryothérapie.....	32
3.3	Processus physiologique de la cryothérapie.....	33
3.3.1	Rôle sur le métabolisme cellulaire.....	33
3.3.2	Rôle sur le système sympathique.....	33
3.3.3	Modification du message nerveux nociceptif.....	34
3.3.4	Effet sur le tissu pulpaire.....	35
3.4	Effets bénéfiques et indésirables de la cryothérapie.....	35
3.5	Les applications dans le domaine sportif et médical.....	36
3.5.1	Cryothérapie et sport.....	36
3.5.2	Orthopédie et traumatologie.....	37
3.5.3	Rhumatologie.....	38
3.5.4	Psychiatrie.....	39
3.5.5	Gynécologie.....	39
3.5.6	Dermatologie et esthétique.....	39

3.6	Les applications en chirurgie orale.....	40
3.6.1	Amélioration des suites opératoires	40
3.6.2	Hilothérapie.....	41
3.6.3	Balance Bénéfice/Risque de la cryothérapie en post-opératoire chirurgical.....	41
3.6.4	Précautions d'emploi.....	42
4	La cryothérapie en endodontie : intérêt en pré- et per-opératoires dans l'aménagement du silence opératoire.....	44
4.1	Problématique de l'échec et de l'inconfort de l'anesthésie en endodontie.....	44
4.1.1	Échec anesthésique des molaires mandibulaires.....	44
4.1.2	Inconfort de l'infiltration locale palatine	44
4.1.3	Anxiété liée à l'infiltration	45
4.2	Tentatives d'amélioration	45
4.2.1	Acupuncture	45
4.2.2	Quantité de solution injectée.....	45
4.2.3	Associer différentes méthodes d'injections.....	46
4.2.4	Molécule anesthésique	46
4.2.5	Vasoconstricteurs	47
4.2.6	Prémédication anti-inflammatoire.....	47
4.3	La cryothérapie comme thérapeutique complémentaire.....	48
4.3.1	Réduire la douleur de l'injection dans la muqueuse palatine.....	48
4.3.2	Optimiser l'efficacité de l'anesthésie tronculaire : deux protocoles ont été proposés	48
5	La cryothérapie en endodontie : application per-opératoire et irrigation avec une solution saline réfrigérée.....	52
5.1	Problématique des douleurs post-opératoires	52
5.1.1	Facteurs de risques des douleurs postopératoires d'origine endodontique	52
5.1.2	Prise en charge des douleurs postopératoires d'origine endodontique.....	53
5.2	Problématiques liées à l'application de la cryothérapie en endodontie	53
5.2.1	Problématiques liées à l'organe dentaire	53
5.2.2	Problématique liée à l'extension de l'inflammation	54
5.2.3	Problématique liée à l'irrigation endo canalaire.....	55
5.2.4	Problématique en endodontie : diminuer la température de la surface radiculaire et de la portion apicale.....	55
5.3	Cryothérapie et pathologie de la pulpe vitale.....	56
5.3.1	Cryothérapie dans la pulpite réversible	56
5.3.2	Cryothérapie dans la pulpite irréversible	57
5.4	Cryothérapie et pathologie de la pulpe nécrosée.....	69
5.4.1	Construction de l'étude de <i>Vera et al</i>	70
5.4.2	Résultats	71

5.4.3	Discussion	71
5.5	Cryothérapie durant la thérapeutique endodontique : Synthèse.....	72
6	La Cryothérapie en endodontie chirurgicale : application en postopératoire	74
6.1	Chirurgie endodontique et cryothérapie	74
6.2	Complications postopératoires	74
6.2.1	Saignement postopératoire.....	74
6.2.2	Suites postopératoires	75
6.2.3	Application de la cryothérapie à la chirurgie	78
7	Perspectives.....	81
7.1	La cryothérapie : une alternative thérapeutique	81
7.2	La cryothérapie : un facteur de risque pour l'organe dentaire	81
7.3	La cryothérapie à l'heure du Covid-19	82
7.4	Conclusion	83
8	Bibliographie.....	84
9	Liste des illustrations	92
10	Liste des tableaux	93

La cryothérapie en endodontie : données actuelles

1 Introduction

Le principal motif de recours aux soins endodontiques est la douleur causée par l'inflammation pulpaire ou par l'inflammation des tissus péri-apicaux provoquée par l'infection bactérienne. Bien que l'on obtienne dans la majorité des cas une disparition des symptômes douloureux après l'acte d'urgence ou le traitement endodontique, ils peuvent malheureusement persister, en réponse aux effets de l'inflammation. Par définition la thérapeutique endodontique ne correspond pas uniquement aux traitements canaux, mais comprend également la gestion de la douleur postopératoire, permettant ainsi de répondre au motif de consultation du patient et de gérer une éventuelle complication à long terme : la douleur chronique (1).

Depuis de nombreuses années, il a été rapporté que les thérapeutiques dentaires les plus anxiogènes pour le patient sont les thérapeutiques endodontiques ainsi que les extractions dentaires (2).

La gestion des douleurs d'origine endodontique constitue donc un des principaux défis du clinicien ; en effet, que ce soit en préopératoire, lors de la réalisation de l'anesthésie, pour permettre l'obtention du silence opératoire ou pour la gestion des douleurs post-opératoires, l'arsenal thérapeutique du clinicien est limité alors que ces deux types de douleurs, étant donné leurs incidences, représentent un enjeu de santé publique.

La douleur d'origine endodontique avant, pendant, et après le traitement est anticipée, ressentie, mémorisée par les patients. Il est important de prendre en compte le fait que les patients partagent leur ressenti douloureux, leurs émotions relatives à la douleur endodontique comme à son traitement. Ces émotions, ces ressentis désagréables participent ainsi à l'anticipation anxieuse avant le traitement endodontique. De ce fait, l'expérience douloureuse associée au traitement canalair est à l'origine de peur chez les patients et est une source de préoccupation constante pour le chirurgien-dentiste (3).

Concernant l'aspect pré opératoire, l'anesthésie du nerf alvéolaire inférieur est la technique d'injection classique pour permettre une anesthésie régionale des molaires mandibulaires. Malheureusement une anesthésie du nerf alvéolaire inférieur dite « tronculaire » ne conduit pas toujours à une anesthésie effective des molaires mandibulaires, en particulier chez les patients atteints de pulpite irréversible très symptomatique (4). D'après la littérature, chez les patients souffrant de pulpite irréversible symptomatique, cette anesthésie tronculaire aurait même un faible taux de succès, et ne permettrait pas d'obtenir un silence opératoire (5). Cette absence de silence opératoire durant le traitement endodontique représente donc un défi à la fois pour le praticien comme pour le patient. Au fil du temps de nombreuses techniques ont été utilisées pour optimiser le taux de succès de l'anesthésie du nerf alvéolaire inférieur. Récemment, la cryothérapie a été utilisée dans cette indication, et il en est ressorti qu'elle permettrait d'améliorer le taux de réussite du bloc tronculaire ; ce qui,

autrement dit, permettrait d'augmenter le nombre de patients totalement analgésiques ou ne ressentant que peu de douleurs durant la thérapeutique endodontique (4).

Outre cet aspect préopératoire, les douleurs d'origine endodontique sont souvent associées à des douleurs postopératoires. En effet, il apparaît que les douleurs postopératoires d'origine endodontique sont majoritairement associées aux dents souffrant de douleurs préopératoires sévères (comme la pulpite irréversible), et particulièrement en cas de pathologie péri-apicales symptomatiques (6). L'une des solutions pour contrôler le processus inflammatoire, ainsi que les douleurs associées à ces pathologies, est d'avoir recours à une médication tel que le paracétamol ou les anti-inflammatoires stéroïdiens/non stéroïdiens. Cependant, de nombreux effets indésirables ont été reliés à l'utilisation d'anti-inflammatoire tel qu'un risque accru de problèmes gastro-intestinaux (diarrhées, lésions colo-rectales...), une somnolence et une augmentation du risque d'insuffisance rénale (7). Il semblerait également que certains anti-inflammatoires non stéroïdiens pourraient être impliqués dans une augmentation du risque de pathologies cardio-vasculaires (8), ainsi qu'une augmentation des symptômes gastro-intestinaux déclenchés par une intolérance au lactose (9). Récemment, l'ANSM (Agence Nationale pour la Sécurité du Médicament) a émis un rapport sur le mésusage du paracétamol responsable d'hépatotoxicité. La maîtrise d'une bonne analgésie dans le cas de pathologie pulpaire symptomatique permettrait donc d'éviter l'automédication et tous ces risques pour la santé des patients.

Dernièrement, la cryothérapie a été proposée comme adjuvant au traitement endodontique conventionnel pour lutter contre la survenue et l'intensité de ces douleurs postopératoires d'origine endodontique. Il a été montré dans un premier temps, que la cryothérapie en association au protocole d'irrigation conventionnel, permettait de diminuer la température de la surface radiculaire de manière suffisamment importante pour envisager un effet anti-inflammatoire local (10). Ceci a permis, par la suite, l'utilisation de la cryothérapie au sein du protocole d'irrigation endodontique, mettant en évidence une diminution des douleurs postopératoires chez des patients atteints de pathologies pulpaires sur dents vitales (pulpite irréversible) (11), comme chez des patients atteints de pathologie péri-apicale sur dents nécrosées (6).

L'objectif de ce travail sera donc de déterminer si la cryothérapie est un bon outil pour l'optimisation de la prise en charge des douleurs d'origine endodontique.

2 La douleur endodontique

2.1 La douleur phénomène pluridimensionnel

Selon l'IASP (International Association for the Study of Pain, 1979) : « la douleur est une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable associée à un dommage tissulaire réel ou potentiel ou décrite en termes d'un tel dommage ».

La douleur est donc un phénomène multidisciplinaire, subjectif, et unique, qui présente différentes composantes : émotionnelle, cognitive, comportementale et sensori-discriminative. La douleur n'est pas obligatoirement associée à une lésion tissulaire ce qui rend son exploration ainsi que sa quantification difficile.

La douleur correspond à une expérience subjective unique qui intègre à la fois un aspect biologique et psychosocial.

La description de la douleur et son expression par le patient servent au clinicien à identifier la pathologie responsable de cette souffrance physique et/ou psychique et à décider de la thérapeutique appropriée.

La douleur, bien que représentant une expérience désagréable pour le patient, constitue donc une aide précieuse pour le praticien car l'intensité, le type, et plus généralement les caractéristiques de la douleur, permettent d'orienter le diagnostic.

Dans la notion de douleur, il faut distinguer les deux grands types de processus douloureux à savoir la douleur aiguë et la douleur chronique.

2.1.1 La douleur aiguë

La douleur aiguë remplit des fonctions physiologiques et permet classiquement d'alerter le corps d'une blessure ou d'un trouble nécessitant une attention immédiate.

Ce type de douleur peut être légère, modérée, voire sévère en intensité, et est classiquement d'une courte durée proportionnelle à l'étendue ainsi qu'à l'intensité de la blessure.

Dans la douleur aiguë, la relation de cause à effet entre le traumatisme, la lésion tissulaire et l'inflammation permet un traitement ciblé et efficace de la douleur. Cette procédure thérapeutique adaptée permet de résoudre rapidement le phénomène douloureux (12).

Bien que la douleur aiguë corresponde à une expérience désagréable pour la personne qui en souffre, elle n'en demeure pas moins une réponse attendue et nécessaire qui peut dicter un comportement protecteur pour faire face à toute menace visant l'intégrité corporelle (12).

Dans la majorité des cas, après la guérison des tissus atteints ou lorsque la situation le requiert après un traitement dentaire, la douleur tend à disparaître.

2.1.2 La douleur chronique

Dans certains cas, malgré le traitement des tissus lésés, le processus douloureux vient à persister et évolue alors en douleur chronique. Et parfois, cette douleur peut apparaître et persister en l'absence de tout processus pathologique.

La douleur chronique n'a aucun rôle physiologique de protection de l'organisme ; c'est une douleur-maladie et représente, particulièrement dans la sphère oro-faciale, un défi que ce soit pour son diagnostic ou pour sa prise en charge.

L'apparition d'une douleur oro-faciale chronique ne répond pas à une causalité linéaire lésion-symptôme, comme celle qui explique l'apparition d'une douleur aiguë. Encore aujourd'hui, il n'est pas clairement établi pourquoi certains patients développent une douleur chronique après la guérison tissulaire et pourquoi d'autres non.

Pour différencier douleur aiguë et douleur chronique, il convient de déterminer le moment où la douleur obtient le statut de « chronique ». Pour cela, il est communément admis qu'une douleur persistante plus d'un mois après cicatrisation d'un traumatisme ou, persiste plus de 3 à 6 mois dans les cas atraumatiques est considérée comme chronique. (12) Néanmoins, ce n'est pas tant sa temporalité que ses retentissements sur la qualité de vie du patient qui la caractérisent. L'HAS en 2008 (13) la définit comme : « *un syndrome multidimensionnel, (...), quelles que soient sa topographie et son intensité, qui persiste ou est récurrent au-delà de ce qui est habituel pour la cause initiale présumée, répond insuffisamment au traitement, ou entraîne une détérioration significative et progressive des capacités fonctionnelles et relationnelles du patient* ».

La douleur chronique n'est pas pourvue du rôle protecteur que nous pouvons attribuer à la douleur aiguë et peut même aboutir, dans certains cas, à la détérioration du sujet sur le plan physique, psychique ou social.

2.2 La douleur endodontique : mécanismes neurophysiologiques

2.2.1 L'innervation pulpaire

L'organe pulpaire est un tissu conjonctif contenu dans l'espace endodontique et innervé par divers types de fibres nerveuses sensorielles, y compris les grosses fibres myélinisées A β . Ce tissu conjonctif pulpaire est aussi richement vascularisé. L'homéostasie de la pulpe dentaire est ainsi assurée par une étroite relation entre les odontoblastes et les autres cellules de la pulpe (endothéliales, nerveuses, vasculaires et immunitaires) qui forment, en interagissant, des Unités Neuro-Vasculaires (14).

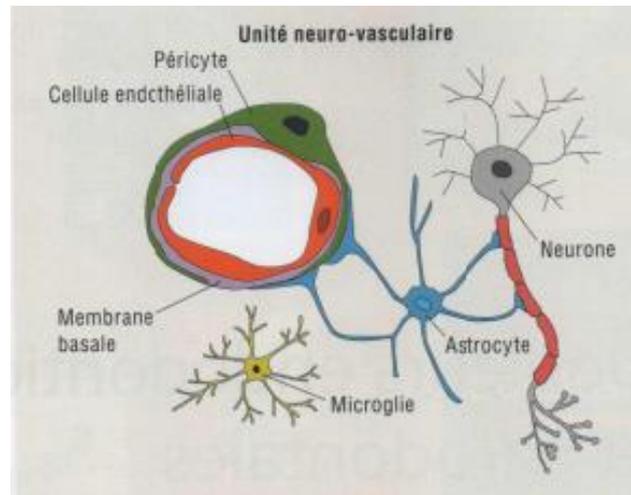


Figure 1. Unité Neuro-Vasculaire d'après Yves Boucher (14)

Contrairement au reste de l'organisme, l'innervation pulpaire activée par différents types de stimuli, qu'ils soient chimiques, mécaniques ou thermiques, induit principalement des sensations douloureuses (15).

La douleur dentaire, qui s'exprimera, dans la très grande majorité des cas selon un mode aigu, est principalement le résultat d'une réaction inflammatoire confinée dans une cavité de dimension réduite et aux parois inextensibles : la pulpe dentaire (16). Il n'existe cependant pas de lien de cause à effet entre le degré d'inflammation pulpaire et la symptomatologie rapportée par le patient : en effet, près de la moitié (40%) des nécroses pulpaires évoluent en l'absence de symptomatologie (14).

Il est désormais admis que la perception de cette douleur aiguë est liée en partie, à une réaction inflammatoire impliquant différents mécanismes moléculaires. Lors du processus inflammatoire, la production de métabolites algogènes à l'origine d'une diminution du seuil d'excitabilité des fibres nerveuses, expliquerait la correspondance entre les variations de pression artérielle et la symptomatologie du patient (14). Toutefois, la relation entre l'état inflammatoire de la pulpe et la douleur est complexe et multifactorielle (bactéries, caractéristiques de l'hôte, réactions immunitaires), ne permettant pas d'associer le statut pulpaire à la symptomatologie du patient (14).

Les mécanismes de douleurs périphériques en lien avec les douleurs dentaires sont globalement les mêmes que ceux présents dans l'ensemble du corps.

Que ce soit au niveau du type de neurones sensoriels impliqués comme au niveau des différentes molécules qui jouent un rôle dans ces processus douloureux, les dents et plus spécifiquement le tissu pulpaire, semblent en grande partie comparable aux autres tissus et organes du corps humain.

Deux types de fibres nerveuses sont responsables de la conduction des informations nociceptives depuis la pulpe dentaire vers les centres nerveux périphériques : les fibres A δ et les fibres C.

Les fibres A δ sont des fibres myélinisées de petit diamètre permettant un transport de l'information nociceptive à une vitesse allant de 12 à 30 m/s.

Les fibres C sont des fibres nerveuses amyéliniques à l'origine d'une vitesse de conduction beaucoup plus lente de l'information nociceptive allant de 0,5 à 2 m/s (17).

La vitesse de conduction nerveuse est étroitement corrélée au diamètre de la gaine de myéline, et donc par extension, au diamètre de la fibre nerveuse. Les fibres de type A δ possèdent donc un diamètre supérieur à celui des fibres de type C.

Ces deux types de fibres nerveuses transportent chacune une information nociceptive bien spécifique : les fibres A δ seront à l'origine d'une perception douloureuse rapide, aiguë et lancinante, tandis que les fibres C entraîneront une douleur lente, sourde et persistante (18).

La distribution topographique permet également de différencier ces deux types de fibres nerveuses. Les terminaisons des fibres A δ sont situées en périphérie de la pulpe, proche de la jonction avec la dentine, et constituent le plexus de Rashkow sous odontoblastiques.

Elles pénètrent, à leurs extrémités, dans les tubuli dentinaires, et accompagnent ainsi les prolongements odontoblastiques sur une distance de 150 à 200 μ m.

La majorité des fibres A δ se situent donc dans la partie coronaire de la pulpe, sachant que la densité de ces fibres nerveuses atteint son paroxysme en regard des cornes pulpaire.

Les fibres C, quant à elle, se situent au cœur même de la pulpe et se retrouvent donc positionnées plus cervicalement que les fibres A δ (18).

Le seuil d'excitation est un autre paramètre permettant de différencier les fibres A δ et les fibres C, puisque ces dernières possèdent un seuil d'excitation plus élevé que les fibres A δ .

Cette différence au niveau du seuil d'excitabilité serait intimement liée à la différence de densité des différentes fibres A δ et C au sein des différentes régions de la pulpe : le fait que les fibres A δ soient situées en périphérie expliquerait donc qu'elles ne nécessitent pas un stimulus aussi important que les fibres C pour entraîner leur activation (18).

2.2.2 Le chemin de la douleur de la sphère oro-faciale

L'innervation de la région orofaciale est en grande partie assurée par la racine sensitive du nerf trijumeau ou cinquième paire des nerfs crâniens.

La racine sensitive du trijumeau se subdivise en trois branches distinctes qui assureront l'innervation sensitive des trois territoires de la région orofaciale :

- La branche ophtalmique ou V.1 qui prend en charge l'innervation sensitive de la partie supérieure du massif facial.
- La branche maxillaire ou V.2 qui se consacre à l'innervation sensitive de la partie moyenne de la région orofaciale.
- La branche mandibulaire ou V.3 qui assure l'innervation sensitive du territoire restant à savoir le territoire mandibulaire (19).

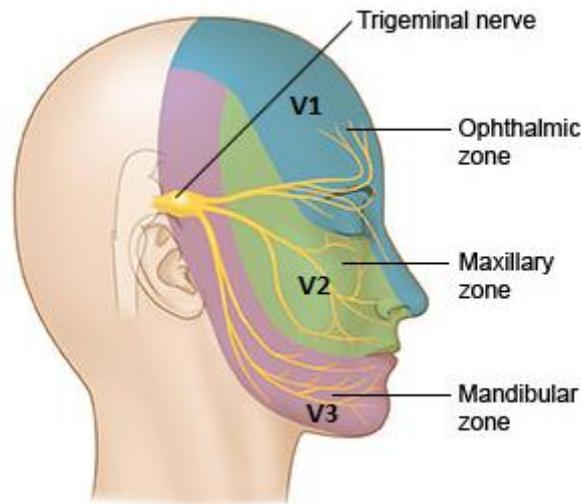


Figure 2. Les territoires sensitifs du nerf trijumeau d'après Moussaïf D (20)

La région orofaciale présente des similitudes avec le reste du corps quant au cheminement des informations nerveuses. Alors que les informations tactiles empruntent les grosses fibres myélinisées $A\beta$, le message douloureux cheminera au moyen de fibres de plus petits calibres : les fibres $A\delta$ peu myélinisées et les fibres C amyéliniques.

À partir du récepteur nociceptif périphérique ou nocicepteur, le signal douloureux empreinte un premier neurone sensitif, le protoneurone. Parmi les différents types de protoneurones impliqués, nous retrouvons donc des fibres non myélinisées de type C ou des fibres peu myélinisées de type $A\delta$.

2.2.2.1 Création du message douloureux et sensibilisation périphérique

Les terminaisons périphériques des nocicepteurs correspondent à des récepteurs environnementaux spécialisés. Grâce à l'expression de différents récepteurs et canaux ioniques, ces cellules acquièrent la capacité de détecter divers stimuli (mécanique, chimique ou thermique).

Au niveau moléculaire, une large gamme de médiateurs de l'inflammation est produite par différents types cellulaires en réponse à une agression tissulaire. Ces médiateurs jouent différents rôles dans la modulation de la perception douloureuse.

La libération de ces médiateurs de l'inflammation entraîne l'activation des récepteurs spécifiques exprimés par les neurones nociceptifs.

L'activation de ces récepteurs entraîne alors la production de seconds messagers. Ces seconds messagers régulent l'activité de nombreux récepteurs et canaux ioniques conduisant à une sensibilisation périphérique.

La sensibilisation périphérique s'exprime de la manière suivante : les canaux ioniques s'ouvrent en réponse à des stimuli nociceptifs déclenchant et propageant des potentiels d'action dans les neurones sensoriels.

Les potentiels d'action déclenchés par l'ouverture des canaux ioniques, et donc par la dépolarisation de la membrane nerveuse, ne sont finalement que la traduction moléculaire du message douloureux (21).

En conclusion, lors d'une agression tissulaire, de nombreux médiateurs de l'inflammation sont produits par différents types cellulaires et vont interagir avec les récepteurs spécifiques des terminaisons nerveuses périphériques des neurones nociceptifs.

De cette interaction résultent la production de second messager qui vont réguler l'activité d'une multitude de récepteurs pour entraîner l'ouverture de canaux ioniques.

L'ouverture des canaux ioniques va par la suite permettre la propagation de potentiel d'action à la surface du neurone sensitif trigéminal ou protoneurone.

2.2.2.2 De la nociception au traitement de l'information douloureuse

Le message douloureux emprunte une succession de 3 neurones pour transporter l'information douloureuse depuis le site de la lésion dans la région orofaciale jusqu'au cortex cérébral où cette information sera traitée.

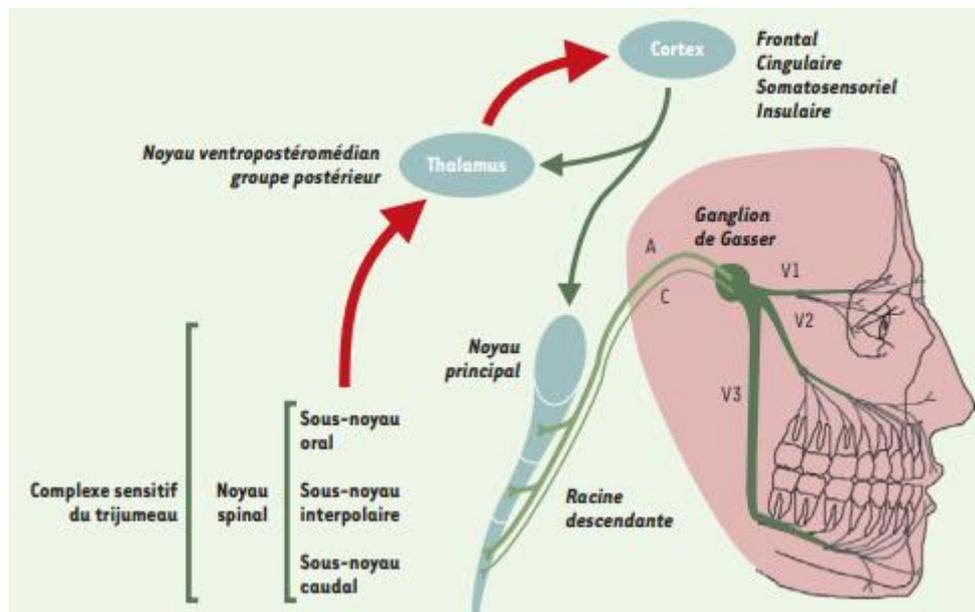


Figure 3. Organisation du complexe sensitif du trijumeau et de ses connexions d'après Dallel R et al (22)

Les flèches rouges illustrent les voies ascendantes issues du complexe sensitif du trijumeau et se dirigeant vers le thalamus ou les voies ascendantes issues du thalamus et se dirigeant vers le cortex. Les flèches vertes représentent les voies descendantes issues du cortex (22).

Lors d'un stimuli nociceptif le message douloureux, qui n'est autre qu'un influx nerveux, va partir des terminaisons libres des fibres A δ et C ou nocicepteurs. Les informations nociceptives de la région orofaciale vont par la suite trouver comme premier relai ganglionnaire le complexe sensitif du trijumeau. Deux noyaux distincts composent ce complexe situé au sein du tronc cérébral : le noyau principal et le noyau spinal (19).

Après le complexe sensitif du trijumeau, l'information nociceptive va se diriger vers un second relai qui pourra avoir lieu au niveau du thalamus, de la substance grise périaqueducale ou au niveau de l'aire para-brachiale.

L'information sera alors acheminée vers les structures supérieures, ou supra segmentaires, correspondant aux différentes aires du cortex cérébral (somato-sensoriel, frontal, cingulaire et insulaire). La nature de cette information dépendra en partie des modulations inhérentes aux structures précédentes. La mémoire, les émotions et les croyances vont participer au remaniement de l'information douloureuse. L'intégration de cette information au niveau du cortex cérébral sera à l'origine de l'expérience douloureuse.

L'information déjà modulée par les structures inférieures va également l'être par les structures supra-segmentaires. La perception douloureuse sera donc fonction d'une multitude d'éléments modulateurs retrouvés au niveau des voies ascendantes comme descendantes.

2.2.3 La modulation du message douloureux

2.2.3.1 Le Gate Control

Les neurones nociceptifs ne sont pas uniquement de simples voies d'acheminement du message douloureux. En plus de leur rôle d'acheminement du message nociceptif depuis la périphérie vers les centres de traitement des informations du système nerveux central, les neurones nociceptifs possèdent une sensibilité à la douleur modulable.

La modulation de la sensibilité des fibres nociceptives est assurée par un autre type de récepteurs, les mécanorécepteurs tactiles.

Les propriocepteurs, qui font partie des mécanorécepteurs, sont un type de fibres nerveuses spécifiquement activés par la mise en place d'un contact topique avec un support physique.

Les propriocepteurs sont donc des mécanorécepteurs capables de détecter les modifications physiques de mouvement et de pression dans les tissus.

L'activation de ces propriocepteurs au niveau de la moelle épinière est à l'origine, entre autres, d'une diminution du tonus musculaire, d'un relâchement des muscles douloureux, et permet une augmentation du flux sanguin (23).

Les propriocepteurs, étant donné leur fonction de mécanorécepteur, permettent de détecter le contact au niveau de la peau, contact qui, une fois détecté, entraîne l'activation de ces mêmes propriocepteurs.

Les propriocepteurs, une fois activés, provoquent alors l'activation d'un interneurone inhibiteur de la substance grise de la moelle épinière. Cet interneurone va avoir des afférences à la fois sur le neurone proprioceptif comme sur le neurone nociceptif permettant, par son action inhibitrice, de diminuer la sensation douloureuse (mécanisme d'inhibition portant le nom de « gate-control »). (24)

Ce mécanisme du gate control fait donc intervenir trois neurones différents : le neurone nociceptif, le neurone proprioceptif et l'interneurone inhibiteur.

Les projections du neurone proprioceptif sur l'interneurone inhibiteur, ainsi que celle de l'interneurone inhibiteur sur le neurone nociceptif, font intervenir le principal interneurone inhibiteur du système nerveux : le GABA

Une sensation tactile quelconque perçue sur une zone cutanée va, de cette façon, permettre la diminution de la sensibilité à la douleur sur cette même région cutanée.

À titre d'exemple, ce mécanisme explique pourquoi le massage d'une zone douloureuse permet la diminution de l'intensité de la douleur ressentie (25).

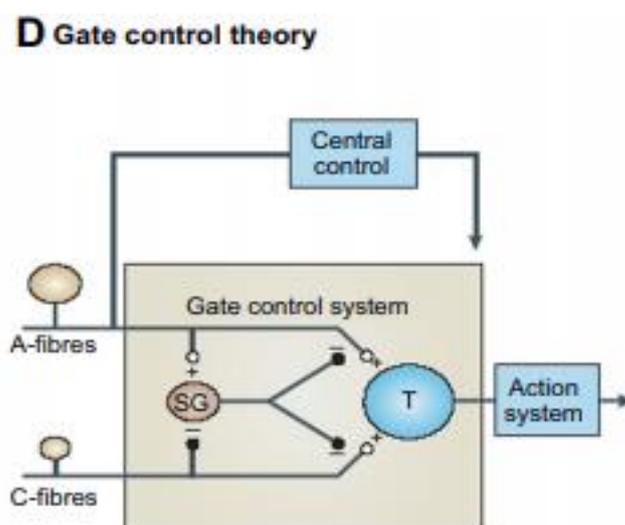


Figure 4. Le Gate Control d'après Moayedi M et al (24)

2.2.3.2 Les thermorécepteurs

Les thermorécepteurs sont des terminaisons nerveuses qui sont, quant à elles, spécifiquement sensibles à la température, et sont activées par une modification de la température de la peau.

L'activation des thermorécepteurs est à l'origine d'un influx nerveux qui emprunte les mêmes fibres nerveuses que le message nociceptif.

La transmission d'une multitude de signaux électriques, à la fois thermiques et nociceptifs, pourrait aboutir au dépassement des capacités de transmission des fibres nerveuses impliquées, causant une diminution de la perception douloureuse.

2.2.3.3 Modulation supra-segmentaire

Les structures supra-segmentaires, ou contrôles descendants, peuvent être à l'origine d'une modulation du message douloureux et peuvent entraîner une amplification ou une diminution du message nociceptif. Les contrôles descendants peuvent interagir avec diverses structures pour moduler le message nociceptif comme les fibres afférentes primaires, les neurones de projections, les interneurones (excitateurs ou inhibiteurs) ou

même les terminaisons d'autres voies descendantes. La diversité des structures avec lesquelles les structures supra-segmentaires peuvent agir permet une modulation à différents niveaux de la chaîne de transmission nerveuse (19).

Parmi les mécanismes modulateurs des contrôles descendants, il en est un qui est utilisé depuis l'antiquité avec pour but de diminuer voir de supprimer les douleurs : le contrôle inhibiteur diffus induits par stimulation nociceptive ou CIDN. Ce mécanisme modulateur permet à une stimulation nociceptive d'une autre partie du corps de venir limiter, voir jusqu'à occulter, un autre message nociceptif.

Le CIDN fait intervenir une boucle dans laquelle intervient la voie ascendante du message nociceptif, des structures supra-spinales, et une voie descendante à l'origine de la modulation du message nociceptif. Ainsi, l'activation des fibres nerveuses de type A δ et C, spécifiquement impliquées dans la transmission du message douloureux, peut enrayer de manière significative la réponse de neurones nociceptifs différents (19).

2.2.4 Amplification du message douloureux : Le cycle douleur-spasme-douleur

Lors d'une lésion tissulaire, les terminaisons nerveuses des nocicepteurs en regard de la lésion, transmettent le message nerveux qui est véhiculé jusqu'au cerveau, où la sensation de douleur est reconnue.

Au même moment, les neurotransmetteurs initient un réflexe neuronal qui augmente l'activité et le tonus musculaire au niveau du site de la lésion, provoquant une contraction musculaire réflexe.

Si cette contraction persiste, l'augmentation du tonus musculaire peut entraîner des spasmes musculaires douloureux qui peuvent se conclure par des lésions tissulaires supplémentaires.

Ces lésions seraient liées à une diminution du flux sanguin et de l'apport en oxygène vers les tissus environnant, ayant pour conséquence une augmentation de la douleur.

Ce processus douloureux est nommé le cycle « douleur-spasme-douleur » et est illustré dans le schéma ci-dessous.

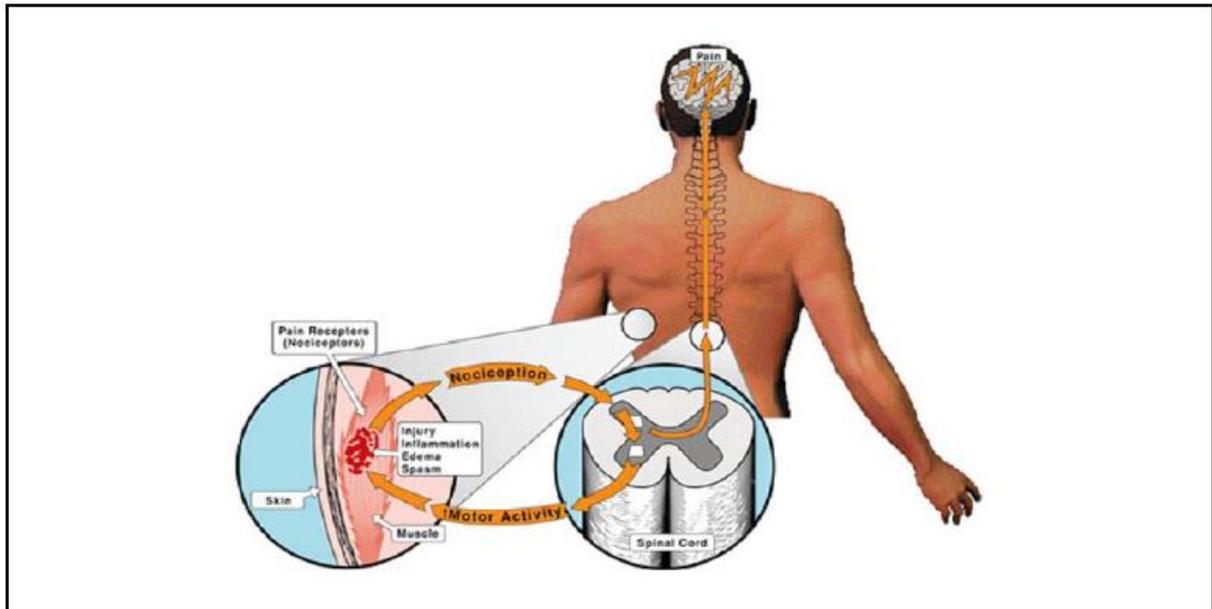


Figure 5. Le cycle douleur-spasme-douleur d'après Nadler SF et al (23)

Pour prévenir d'autres lésions tissulaires ainsi que pour diminuer la sensation douloureuse ce cycle doit-être interrompu. Pour cela d'autres types de terminaisons nerveuses vont intervenir.

2.2.5 Mécanismes incriminés dans les douleurs endodontiques chroniques

Des phénomènes de sensibilisation nerveuse périphérique, de transformations phénotypiques du système nerveux, de sensibilisation centrale et de neuroplasticité pourraient pérenniser le signal nociceptif et expliquer des douleurs chroniques post-opératoires (26).

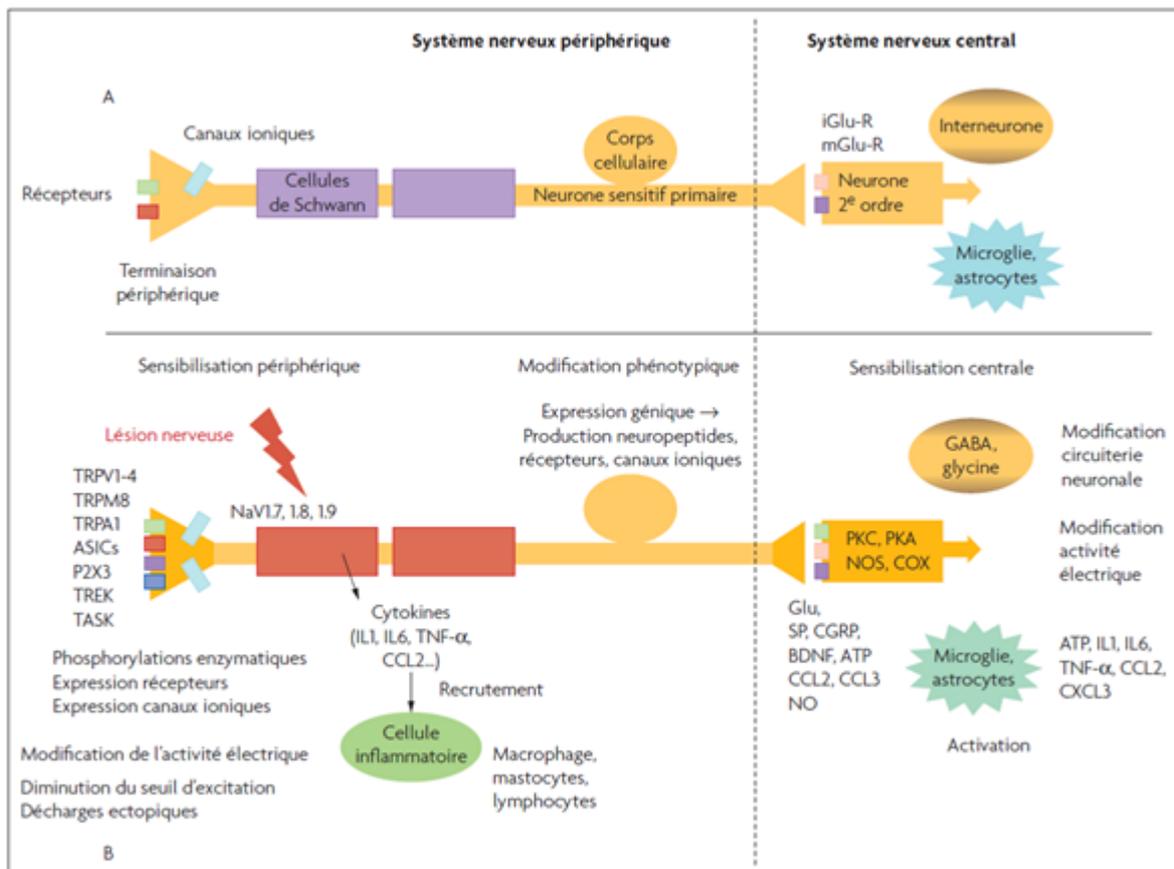


Figure 6. Représentation schématique des changements susceptibles d'affecter les neurones nociceptifs après lésion nerveuse périphérique. A. Neurone sain. B. Neurone lésé d'après Simon S et al (26)

Après une lésion nerveuse périphérique, les neurones responsables de l'acheminement du message douloureux peuvent subir différentes altérations. Parmi celles-ci nous pouvons retrouver des variations au niveau de l'expression de certaines molécules associées à la membrane nerveuse tels que les récepteurs, canaux ioniques et neuropeptides. L'excitabilité neuronale des neurones nociceptifs peut quant à elle se voir modifier à la suite de ce type de lésion nerveuse.

À l'origine de ces altérations, différents éléments ont pu être identifiés comme les cellules gliales et les cellules immunitaires. Les neurones nociceptifs ne restent pas les seuls concernés par les lésions nerveuses périphériques puisque le neurone post-synaptique voit également son excitabilité augmentée à la suite de ces altérations.

2.3 Urgences douloureuses endodontiques

La douleur est un motif fréquent de consultation en urgence ; la plupart du temps, ce sont des douleurs aiguës, symptomatiques de pathologies endodontiques.

Les pathologies les plus fréquemment rencontrées dans le cadre de l'urgence douloureuse sont les pulpites irréversibles ainsi que les parodontites apicales aiguës primaires ou secondaires.

Afin d'apporter un traitement approprié à la pathologie pulpaire ou péri-apicale et d'avoir une approche la moins invasive possible, tout en prodiguant un soulagement au patient dans

les plus brefs délais, le praticien doit donc apporter une attention particulière à la qualité de sa démarche diagnostique.

Une fois le diagnostic établi, il conviendra de démarrer la thérapeutique d'urgence afin de répondre au motif de consultation du patient, à savoir, la douleur dentaire, qui est associée à une diminution de sa qualité de vie.

2.3.1 Pulpite réversible

Une réaction inflammatoire modérée se développant dans une cavité aux parois inextensibles est à la base de toutes pulpites réversibles.

Dans cette pathologie, l'éviction des tissus contaminés par les bactéries permet, dans la grande majorité des cas, la guérison de l'organe pulpaire (27).

Cliniquement, des douleurs provoquées, modérées à intenses, cédant à l'arrêt du stimulus caractérisent cette pathologie.

2.3.2 Pulpite irréversible

La pulpite irréversible se caractérise, à l'instar de la pulpite réversible, par une inflammation de la pulpe dentaire, cependant contrairement à la précédente, celle-ci est plus importante et nécessite, pour obtenir une sédation des symptômes, l'éviction des tissus inflammatoires.

Les douleurs, inhérentes à une pulpite irréversible, sont sévères, spontanées et persistantes après arrêt du stimulus thermique.

Tout comme lors de pathologie réversible, une effraction pulpaire n'est pas nécessaire pour entraîner une inflammation irréversible. La diffusion des produits bactériens à travers les canalicules du tissu dentinaire peut provoquer ce type de pathologie.

Cette similarité obligera le praticien à réaliser un examen clinique et radiographique poussé afin d'adopter la thérapeutique appropriée à l'inflammation pulpaire (27).

Lorsque l'inflammation pulpaire s'étendra à la pulpe radiculaire, ce que l'opérateur pourra objectiver par un saignement persistant après éviction de la pulpe camérale (ou pulpotomie), l'indication du traitement endodontique devra être posée.

2.3.3 La nécrose pulpaire

La nécrose pulpaire correspond à la fois à la destruction du tissu conjonctif, des cellules, de la vascularisation, du système lymphatique mais aussi des fibres nerveuses de la pulpe dentaire. Cette destruction peut soit présenter un caractère septique, lié à la contamination de l'espace pulpaire par des bactéries, soit présenter un caractère aseptique par différents mécanismes. Que ce soit par un mécanisme septique ou aseptique, la nécrose pulpaire présente comme dénominateur commun son étiologie inflammatoire.

La présence de circulations collatérales défectueuses ainsi que la rigidité des parois dentinaires entourant l'espace pulpaire ne permettant plus une élimination adéquate des

fluides inflammatoires, la destruction progressive de la pulpe dentaire par des mécanismes de pression devient alors inévitable jusqu'à ce que l'ensemble du tissu pulpaire soit nécrosé.

Dans le cas des nécroses septiques, la pulpe dentaire représente un écosystème de prolifération idéal pour la flore microbienne à l'origine de l'inflammation pulpaire.

Tout d'abord la pulpe dentaire apporte les substrats nécessaires à la multiplication des bactéries. Ensuite, au fur et à mesure de la progression de la pathologie pulpaire, la diminution du potentiel de réduction de l'oxygène favorise le développement des bactéries anaérobies strictes qui, à la défaveur du tissu pulpaire, possède un très grand pouvoir protéolytique et organolytique.

D'autres mécanismes aseptiques peuvent également être à l'origine de la nécrose ou de la dégénérescence de la pulpe dentaire.

Alors que la dégénérescence est souvent associée à un vieillissement physiologique de l'organe pulpaire, d'autres étiologies comme les traumatismes, les troubles occlusaux ou les résorptions peuvent occasionner, à plus ou moins long terme, la nécrose de la pulpe dentaire (28).

Quelque que soit l'étiologie, la nécrose de l'organe pulpaire indiquera systématiquement le traitement endodontique afin d'éliminer les tissus nécrotiques et de supprimer toute source d'infection pouvant s'étendre au tissu osseux (29).

2.3.4 Pathologie péri-apicale

D'un point de vue anatomique, il existe une communication physiologique entre l'endodonte, et l'environnement osseux du maxillaire ou de la mandibule par l'intermédiaire du ou des foramens apicaux de chaque dent. Il est relativement facile de comprendre qu'à partir du moment où le système endodontique est ouvert dans la cavité buccale, il devient alors une porte d'entrée pour les bactéries depuis la cavité buccale, qui est un milieu septique, vers l'os sous-jacent ; ceci est responsable d'une réaction inflammatoire qui entraîne à terme une lésion péri-apicale d'origine endodontique (29).

Le but primaire du traitement endodontique sera de fermer cette porte d'entrée, afin que les bactéries de la cavité buccale ne puissent atteindre le parodonte profond.

2.4 Prise en charge de la douleur endodontique

Les douleurs aiguës d'origine endodontique seront réduites essentiellement grâce à la thérapeutique endodontique, traitement de choix pour des pathologies pulpaires ou périapicales d'origine inflammatoire ou traumatiques. Cette procédure peut être accompagnée d'un traitement antalgique approprié.

La préparation, la désinfection et l'obturation sont les trois grandes étapes du traitement endodontique définie par Schilder.

La mise en forme ou préparation, réalisée de nos jours, préférentiellement avec une instrumentation mécanisée, est la première étape de cette triade et est indispensable pour permettre les suivantes.

La désinfection réalisée, selon les recommandations actuelles, avec une solution d'hypochlorite de sodium dont la concentration peut varier entre 2,5 et 5%, n'est réellement efficace qu'au terme de la mise en forme. La fin de la préparation correspond au moment où la solution d'irrigation peut-être en contact avec le maximum de surface dentinaire du réseau endodontique, et peut se rapprocher le plus possible de la portion apicale de la lumière canalaire.

Une fois les canaux désinfectés, vient le temps de l'obturation dont l'objectif principal reste de pérenniser l'antiseptie obtenue par les deux étapes précédentes. Pour atteindre cet objectif, l'obturation canalaire devra se rapprocher le plus possible de la définition donnée par l'American Association of Endodontists à savoir : « une obturation complète et tridimensionnelle de l'ensemble du système canalaire, aussi près que possible de la jonction cémento-dentinaire sans dépassement important ou sous obturation ».

La qualité du traitement endodontique détermine la santé de la région péri-apicale. Comme dit précédemment, les 3 étapes de la triade de Schilder sont intimement liées, puisque la mise en forme correcte du réseau canalaire autorise la désinfection de l'endodonte qui pourra par la suite être obturée de manière tridimensionnelle et étanche (30).

La dernière étape du traitement endodontique, consistant en une obturation tridimensionnelle du canal, préviendra tout passage de bactéries depuis la cavité buccale vers le parodonte profond.

2.5 Douleur per-opératoire et difficultés d'anesthésie

Avant toute instrumentation de l'organe dentaire, le praticien devra réaliser une anesthésie efficace, lui permettant de bénéficier d'un silence opératoire.

Le succès de l'anesthésie est défini par l'absence de douleur ou par la présence d'une douleur très légère n'empêchant pas le praticien de réaliser le traitement endodontique. Or, chez un grand nombre de patients, notamment ceux qui présentent une pulpite irréversible sur les molaires mandibulaires, le clinicien est confronté à une absence de silence opératoire malgré l'utilisation de différentes techniques d'infiltrations locales ou loco-régionales (31).

2.5.1 Mécanismes d'action de l'anesthésie

Comme expliqué précédemment, la douleur comme toute autre message nerveux, est véhiculée le long d'une fibre nerveuse par l'inversion de la polarité de part et d'autre de cette même fibre nerveuse. Cette inversion de polarité est principalement provoquée par l'ouverture de différents types de canaux sodiques, à la suite de divers stimuli. Parmi les canaux sodiques certains sont chimio-dépendants alors que d'autres sont tension ou voltage-dépendants.

L'ouverture de ces canaux sodiques entraîne alors une entrée massive de sodium, chargé positivement, à l'intérieur de la cellule nerveuse provoquant une inversion de polarité. Cette inversion de polarité au niveau de la membrane nerveuse va ensuite permettre l'acheminement du message douloureux jusqu'au cerveau.

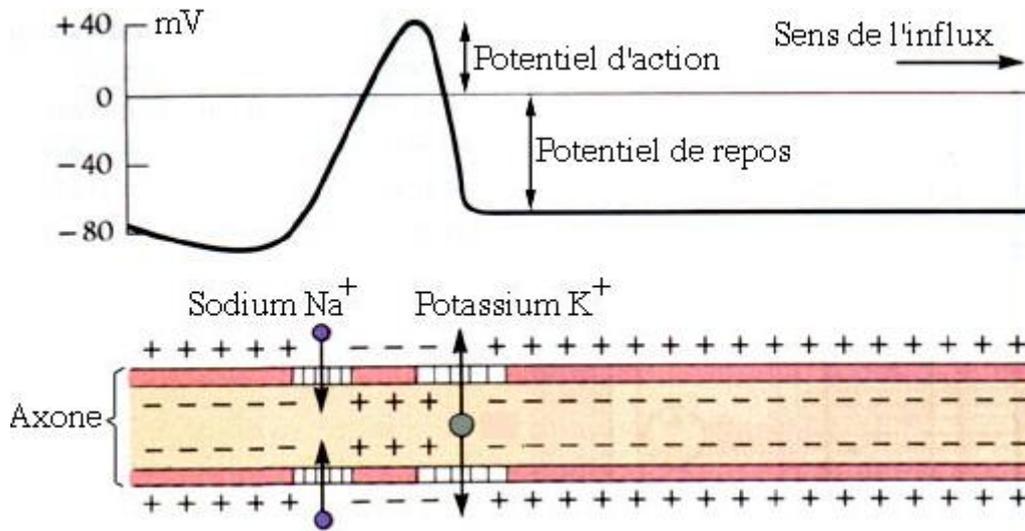


Figure 7. Échanges ioniques au travers de la membrane d'une cellule nerveuses à l'origine d'une dépolarisation d'après le site de l'afblum (32)

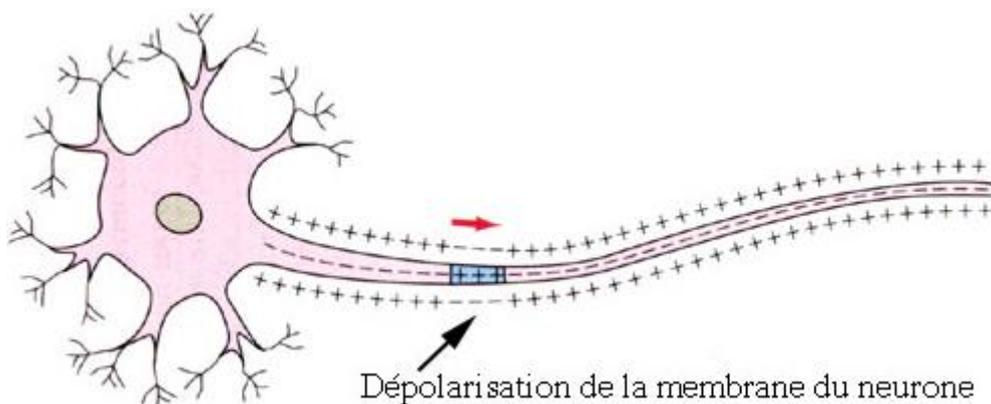


Figure 8. Propagation du potentiel d'action et donc de l'influx nerveux le long de la membrane d'un neurone d'après le site de l'afblum (32)

L'objectif de l'anesthésie locale est de bloquer la dépolarisation de la membrane nerveuse en inhibant l'entrée de sodium dans la cellule nerveuse via deux mécanismes :

- Un accroissement de la membrane de la cellule nerveuse créant une barrière physique au passage des ions sodium.
- Un blocage des canaux sodiques par fixation des molécules anesthésiques sur les récepteurs de ces canaux empêchant par la suite leurs ouvertures (33).

2.5.2 Hypothèses concernant l'échec de l'anesthésie loco-régionale en endodontie

Différentes études ont permis de mettre en évidence que le taux de succès de l'anesthésie tronculaire lorsqu'une molaire mandibulaire souffre de pulpite irréversible est compris entre 23 et 57% (31).

Pour expliquer ce faible taux de réussite, différentes hypothèses ont été émises, comme l'anticipation anxieuse et la peur du patient, une erreur de technique opératoire ou encore

les innervations accessoires des différents nerfs présents dans la région des molaires mandibulaires.

Une des premières raisons qui pourraient expliquer un échec de l'anesthésie, notamment pour les molaires mandibulaires, est la difficulté de l'opérateur à venir déposer la solution anesthésique au bon endroit pour réussir un bloc tronculaire lorsque la solution anesthésique vient se répandre dans l'espace ptérygo-mandibulaire (33).

La variabilité anatomique de chaque individu peut également être source d'échec puisque des divergences dans la disposition et dans l'étendue de certains nerfs (nerf buccal et nerf mylo-hyoïdien) peuvent entraîner une anesthésie incomplète des molaires mandibulaires (14).

L'administration répétée de molécule anesthésique pourrait entraîner une sensibilité ultérieure amoindrie aux mêmes molécules par un phénomène de tolérance des récepteurs aussi connu sous le nom de tachyphylaxie (33).

Une infection sur le site d'administration de l'anesthésie, donnant lieu à une acidose inflammatoire et modifiant en conséquence le pH tissulaire, peut occasionner une difficulté dans l'obtention du silence opératoire. Le rapport pH/pKa étant modifié, les molécules anesthésiques ne peuvent plus franchir, avec la même efficacité, la membrane nerveuse pour interagir avec leurs récepteurs et entraîner un blocage de la conduction nerveuse (33).

Face à des algies importantes comme dans les douleurs dentaires, les neurones centraux peuvent faire l'objet d'une sensibilisation et d'une excitabilité exacerbée. Le complexe sensitif du trijumeau peut ainsi être sujet à une augmentation du taux de Glutamate et de Substance P en lien avec une stimulation excessive des nocicepteurs. Ce phénomène, qui porte le nom de sensibilisation centrale, peut se conclure par des processus d'hyperalgésie et d'allodynie sources d'échecs anesthésiques chez les patients présentant une symptomatologie douloureuse (14).

Un autre mécanisme pouvant être à l'origine des échecs anesthésiques pour les molaires mandibulaires sujettes à des pulpites irréversibles concerne les terminaisons nerveuses en elles-mêmes. La production de substance P et de bradykinine au niveau des tissus enflammés aboutit à une augmentation de l'excitabilité nerveuse des nocicepteurs source d'allodynie. L'augmentation de la production de Nerve Growth Factor (NGF) entraîne une augmentation du champ récepteur de chaque neurone. Cette augmentation de la zone de captation des stimuli externes serait-elle aussi liée à l'augmentation de la production de médiateurs inflammatoires. L'augmentation de l'activité des canaux sodiques résistants aux molécules anesthésiques ou canaux tétrodotoxine (TTX) résistants, encore une fois associée à la production de molécule inflammatoire (ici prostaglandine E2), est un autre facteur d'échecs anesthésiques. La concentration en molécule anesthésique nécessaire au blocage de ces canaux se doit alors d'être quatre fois supérieure à la concentration pour des canaux sodiques non TTX résistants (14).

2.6 Douleur post-opératoire

Une autre difficulté rencontrée par le praticien est la prévention et le traitement de douleur post-opératoire. Les douleurs postopératoires d'origine endodontique sont associées à une

réaction inflammatoire aiguë se développant dans l'espace péri-radulaire, en lien avec la pathologie initiale ou avec des manœuvres procédurales lors de la thérapeutique endodontique. (34)

Différents irritants provenant du système canalaire, qu'ils soient mécaniques, chimiques ou microbiens sont à l'origine de cette réaction inflammatoire.

L'élimination du tissu pulpaire enflammé peut s'accompagner de douleurs postopératoires. Les procédures inhérentes au traitement endodontique pourront être à l'origine d'une agression mécanique, chimique ou bactérienne des tissus péri-radulaires occasionnant des douleurs postopératoires d'origine endodontique. (34)

Les douleurs post-opératoires présentent une incidence variable entre les études et concernent de 1,5 % (34) à un peu moins de 50 % des patients (35), selon les critères d'évaluation de la douleur. Les douleurs postopératoires d'origine endodontique s'expriment avec une intensité légère à modérée la plupart du temps. Plus rarement, les patients peuvent être exposés à des douleurs sévères, certaines se manifestant sous la forme de flare-up (34). Certains auteurs ont rapporté que près de 43% des dents étaient symptomatiques après traitement avec des douleurs intenses et très intenses (insupportables) pour environ 2% d'entre elles. Ces douleurs post-opératoires se retrouvent indépendamment du diagnostic pulpaire ou péri-apical initial, sans différence significative entre pulpite aiguë, pulpite chronique, pulpe nécrosée et pathologie péri-apicale. Même s'il est possible d'observer des douleurs postopératoires chez des patients présentant des diagnostics initiaux différents, leurs incidences semblent pouvoir varier en fonction du diagnostic initial (35).

Il semblerait que la sévérité des douleurs avant une thérapeutique endodontique soit un facteur prédictif de l'ampleur des douleurs survenant à la suite de cette thérapeutique (35) (36). Dans l'étude de *Sadaf et Ahmad* en 2014, plus de 80% des douleurs post-opératoires ont été enregistrées sur des dents qui étaient symptomatiques avant traitement.

Malgré un taux d'incidence variable en fonction des études, l'importance du nombre de patients exposés aux douleurs postopératoires d'origine endodontique justifie la recherche de méthodes alternatives, permettant au patient de se soustraire à ces complications postopératoires.

3 La cryothérapie : principes, mécanismes d'action et domaines d'application

3.1 Origines de la cryothérapie

Le terme cryothérapie fait référence à l'abaissement de la température des tissus à des fins thérapeutiques.

Si l'on se réfère à l'origine du mot « cryothérapie » il faut retourner à son origine grecque : « cryos » se traduisant par « froid » et « therapias » se traduisant par guérir. Le mot « cryothérapie » pourrait donc se traduire de la manière suivante : « guérir par le froid » (37).

Dès 2500 avant notre ère, les Égyptiens eurent recours à de basse température dans le but de traiter des blessures et de lutter contre l'inflammation.

Un peu plus tard, en Grèce antique, Hippocrate avait lui aussi recours à la cryothérapie et recommandait son utilisation localement, ou sur l'ensemble du corps, dans un objectif thérapeutique (38).

Ce n'est qu'à la fin du 19^{ème} siècle que des physiciens donnèrent une application chirurgicale à la cryothérapie en traitant des pathologies de la peau à l'aide d'air liquide ou de dioxyde de carbone solidifié. Mais ce n'est que peu de temps après, en 1908, que naquit le terme de « cryothérapie », lorsque Pursey eut recours à de très basse température pour traiter des lésions cutanées (39). En 1961, l'ère moderne de la cryochirurgie commença avec la création, par Irvin Cooper, d'un appareil dit « cryochirurgical » utilisant de l'azote liquide (40).

Depuis, l'effet bénéfique postopératoire de la cryothérapie contre l'augmentation de volume tissulaire a été décrit à maintes reprises, de même que son effet positif sur l'œdème, l'inflammation et la douleur postopératoire.

3.2 Les Modes d'application de la cryothérapie

La cryothérapie présente différents modes d'application allant de méthodes relativement simples et accessibles à tous comme, les poches de glaces, les poches de gel, les bains d'eau glacée ou même les compresses froides, pour aller jusqu'au refroidissement continu assisté mécaniquement.

Ces différents modes d'application ayant tous le même but : diminuer la quantité de chaleur présente dans les tissus car il est admis que les enzymes responsables de l'inflammation voient leurs activités croître parallèlement à l'augmentation de la température tissulaire (41).

Différentes preuves physiologiques et cliniques ont également permis de mettre en évidence que l'application de froid, quelle que soit la méthode, permet de diminuer la vitesse de conduction nerveuse, l'hémorragie, l'inflammation locale, les douleurs ainsi que les spasmes musculaires (6).

Toutefois, selon la littérature, toutes les méthodes ne se valent pas et certaines ont prouvé leur supériorité dans le domaine de la cryothérapie. C'est le cas de l'hilothérapie, qui correspond à un masque facial permettant une application de froid à une température régulée.

Cette thérapeutique utilise un masque en polyuréthane préfabriqué à la forme du visage, permettant de faire circuler un courant d'eau fraîche et stérile à proximité de la peau, dans le but de fournir aux patients la possibilité de disposer d'une cryothérapie régulée en postopératoire.

Il s'est avéré que l'hilothérapie permettait une diminution plus grande des douleurs et du gonflement dans la période postopératoire immédiate par rapport à une application de froid conventionnelle, avec également une tolérance plus grande des patients vis-à-vis de cette thérapeutique. (42)

3.3 Processus physiologique de la cryothérapie

Bien que le mécanisme de la cryothérapie ne semble pas encore totalement élucidé, une analgésie induite par le froid, ainsi qu'une diminution de l'inflammation et du stress oxydatif, semblent être à l'origine d'une atténuation des symptômes douloureux et inflammatoires, en plus d'une accélération de la vitesse de récupération. (23)

Ces mécanismes sont, à titre de comparaison, les mêmes que ceux qui sont utilisés après un exercice physique pour optimiser la vitesse de récupération (43)

Pour vraiment comprendre quels sont les bénéfices de la cryothérapie, il convient de mettre à jour les mécanismes qui entrent en jeu et qui permettent un abaissement de la perception douloureuse et de l'inflammation tissulaire.

3.3.1 Rôle sur le métabolisme cellulaire

Comme dit précédemment l'application de froid résulte en une « extraction » de la chaleur des tissus, aboutissant à une diminution de la température.

La diminution de la température résulte en une augmentation de la vasoconstriction qui permet une limitation de l'œdème, ainsi que le ralentissement du métabolisme cellulaire. (41)

Le ralentissement du métabolisme cellulaire réduit la demande en oxygène des cellules, et de ce fait, limite la production de radicaux libres au niveau tissulaire. (23)

La diminution de la production de radicaux libres permet de limiter la dégénérescence cellulaire et par conséquent d'accélérer le processus de cicatrisation tissulaire.

3.3.2 Rôle sur le système sympathique

Il est normal de se demander comment la cryothérapie intervient sur l'intensité du message douloureux.

En association avec les processus précédemment décrits, le stimulus froid provoque une réduction de la conduction nerveuse ainsi que diminution de la libération d'acétylcholine (43). L'abaissement de la concentration en acétylcholine entraîne une diminution de la stimulation du système nerveux parasympathique au profit du système nerveux sympathique.

La stimulation du système sympathique provoque à la fois une libération de noradrénaline (neuromédiateur du système sympathique) libérée des terminaisons nerveuses périphériques et des noyaux du tronc cérébral, ainsi qu'une vasoconstriction induite par le froid. (43)

Ces effets pourraient tous deux avoir un impact significatif sur la douleur en générale, et plus particulièrement sur les douleurs musculaires et articulaires.

3.3.2.1 La noradrénaline

La noradrénaline aurait montré un effet analgésique lors d'injections intra rachidiennes chez le rat, ainsi que lors d'injections épidurales chez l'homme d'un agoniste des récepteurs adrénergiques : récepteurs cibles de cette même hormone.

La noradrénaline circulante atteint la moelle épinière via les artères spinales postérieures alimentant, par exemple, la substance grise, qui constitue une voie de passage de la douleur afférente de la peau.

Ainsi l'augmentation de la production de noradrénaline induite par le froid, pourrait être impliquée dans les mécanismes de réduction de la douleur au niveau de la moelle épinière (43).

3.3.2.2 Stress oxydatif et effet antioxydant

Plusieurs études ont rapporté que l'exposition au froid induirait une diminution du stress oxydatif et / ou une augmentation des capacités tampons anti-oxydantes, ainsi qu'une diminution des processus inflammatoires. Ces deux effets peuvent être expliqués par une production et une libération plus faible de substances pro-inflammatoires et / ou une production et une libération plus élevées de composés anti-inflammatoires (43).

3.3.3 Modification du message nerveux nociceptif

La cryothérapie est à l'origine de différents effets métaboliques pouvant expliquer une diminution de la perception douloureuse par le patient. Ces effets métaboliques peuvent être complétés par un effet sur les thermorécepteurs.

Une application locale de froid sur la peau altère le seuil d'excitation des nocicepteurs et aboutit, par ce mécanisme, à une diminution de la sensation douloureuse. Outre les nocicepteurs, d'autres récepteurs sont impliqués dans la transmission du message douloureux : les thermorécepteurs qui, en plus d'être sensibles à la douleur, sont également sensibles à la température.

Une activation de ces thermorécepteurs par l'application de cryothérapie permettrait de bloquer le message douloureux et, par conséquent, de diminuer la sensation douloureuse ressentie par le patient (11).

Lorsque la température locale descend en dessous de 14 ° C, la transmission de l'influx nerveux le long des neurones sensoriels et autonomes est bloquée. Ce blocage de la conduction nerveuse sera donc à l'origine d'une réduction de la symptomatologie douloureuse.

Ce phénomène est appelé la « neuropraxie induite par le froid » (44).

3.3.4 Effet sur le tissu pulpaire

Dans la pulpe dentaire, les récepteurs vanilloïdes sensibles à la capsaïcine de type 1 (ou TRPV1), qui sont des récepteurs impliqués dans les mécanismes nociceptifs, voient leurs activités croître parallèlement à l'inflammation du tissu pulpaire.

Ces thermorécepteurs, comme leur nom l'indique, sont des récepteurs sensibles aux variations de température, avec en plus une sensibilité aux variations de pH. Cette sensibilité thermique est responsable d'un blocage de l'activation des récepteurs lorsque la température tissulaire diminue d'une dizaine de degré (passage de 37 à 26° C).

Logiquement l'utilisation de la cryothérapie entraîne un abaissement de la température tissulaire.

Nous comprenons alors aisément que le recours à la cryothérapie, en entraînant une diminution de la température tissulaire, permet un abaissement de la perception douloureuse par le patient sujet à des douleurs endodontiques (45).

3.4 Effets bénéfiques et indésirables de la cryothérapie

Ainsi la cryothérapie correspond à l'application dans un but thérapeutique, de toutes substances sur le corps humain qui permet l'évacuation de chaleur du corps, résultant en un abaissement de la température corporelle.

La cryothérapie, outre son effet local, permet un effet systémique au niveau de la moelle épinière, par différents mécanismes neurologiques et vasculaires.

Par exemple, un traitement topique local permettant une diminution de la température de la peau et des tissus sous cutanées sur une profondeur de 2 à 4 cm, provoque un abaissement des seuils d'activation des nocicepteurs et de la vitesse de conduction du message douloureux. Tout ceci résultant en un effet anesthésique local appelé «neuropraxie induite par le froid». Cet effet est également à l'origine d'une vasodilatation et d'une paresthésie locale, et a pour conséquence une réduction de la symptomatologie douloureuse (23).

Malgré les nombreux effets bénéfiques de la cryothérapie, il reste important de souligner que différents effets indésirables ont pu se manifester au cours du temps (23) (39) (46).

Ainsi, une attention toute particulière doit être observée lorsque la cryothérapie est utilisée à proximité des terminaisons nerveuses superficielles, d'autant plus si celle-ci est combinée à une compression des tissus. Après un traitement par cryothérapie, différentes lésions nerveuses pouvant aboutir à des neuropathies ont été décrites dans la littérature (23).

Dans le cadre du sport, par exemple, des cas de paralysie nerveuse après application de froid prolongée ont été répertoriés (46) . Pour éviter ce type de complications, il est recommandé de ne pas utiliser la cryothérapie pour une durée excédant vingt minutes (46) (47).

D'autres effets secondaires ont également été rapporté parmi lesquels on retrouve : des problèmes cardiovasculaires (bradycardie), des phénomènes de Raynaud, des urticaires induites par le froid, des engelures ainsi que des ralentissements de la cicatrisation tissulaire secondaire au ralentissement du métabolisme cellulaire induit par la cryothérapie (23) (39) (46).

Diverses contre-indications à la cryothérapie ont ainsi pu être mises en évidence, comme l'insuffisance cardiaque, ou un diabète déséquilibré (23).

Par ailleurs, la cryothérapie devrait être contre-indiquée chez les patients intolérants ou hypersensibles au froid, ainsi que chez les patients souffrant de problèmes circulatoires ou vasculaires (48).

Malgré ces quelques effets secondaires et contre-indications qui doivent tout de même être pris en compte, la balance bénéfique risque demeure en faveur de la cryothérapie.

3.5 Les applications dans le domaine sportif et médical

3.5.1 Cryothérapie et sport

Après un effort musculaire, de nombreux sportifs ont recours à la cryothérapie pour accélérer le processus de récupération.

Pour cela, il est commun d'appliquer, par différents mécanismes, du froid sur le groupe musculaire concerné par l'effort précédemment réalisé.

Le processus à l'origine du refroidissement de la peau et des muscles, pendant et après la période d'exposition au froid, peut également entraîner plusieurs effets métaboliques (48).

La réduction de l'activité enzymatique et du métabolisme, ainsi que la vasoconstriction périphérique induites par le froid, sont alors à l'origine d'une réduction : du flux sanguin, de la réponse inflammatoire et de la formation possible d'un œdème.

Après l'ischémie induite par l'exercice physique, ces différents processus de la cryothérapie limitent la dégradation des protéines, à l'origine d'une importante amélioration de la récupération.

Un autre des effets notables de la cryothérapie à l'origine d'une meilleure récupération après l'effort, serait sa capacité à améliorer la qualité du sommeil (43).

Par ces différents mécanismes, la cryothérapie permet donc une diminution de l'intensité de la douleur ainsi que des conséquences néfastes des blessures tissulaires. Il semble

maintenant intéressant pour nous d'explorer ses différentes applications dans le domaine médical.

3.5.2 Orthopédie et traumatologie

De nos jours, la cryothérapie est utilisée dans de nombreuses branches de la médecine. Parmi les domaines concernés, nous pouvons par exemple citer de manière non exhaustive : l'orthopédie, la traumatologie, la physiothérapie, la chirurgie maxillo-faciale ainsi que la chirurgie plastique (38).

Il est désormais admis que la cryothérapie est un traitement accessible et populaire, que ce soit pour le médecin, ou directement par le patient au domicile.

Lors d'un problème musculo-articulaire ou dans les tendinopathies, il est relativement courant pour une personne lambda d'appliquer de la glace sur les conseils de son médecin voire de son propre chef.

Bien que les modalités d'utilisation puissent différer lors d'une application au domicile, ou lors d'une consultation en milieu de santé, le recours à la cryothérapie dans le processus de guérison a prouvé son efficacité.

Que ce soit à court terme comme à long terme, en appliquant du froid, nous donnons à l'organisme un moyen pour accélérer son rétablissement. Cependant, l'objectif de son utilisation ne sera pas le même selon que nous ayons une utilisation sur une courte ou une longue période.

Immédiatement après la blessure, la cryothérapie est principalement utilisée pour ralentir le métabolisme, minimisant ainsi les lésions hypoxiques secondaires et le degré de lésion tissulaire.

Néanmoins, lors d'une utilisation dans un objectif de réadaptation, donc sur le long terme, la cryothérapie sera essentiellement utilisée dans le but de minimiser les douleurs (47).

La médecine du sport représente probablement l'application la plus répandue de la cryothérapie. Le froid est utilisé pour réduire le temps de récupération, que ce soit après des blessures aiguës, ou dans le traitement des blessures chroniques.

La cryothérapie trouve également son indication dans le cadre des troubles musculo squelettiques avec de bons résultats cliniques, que ce soit pour les douleurs aiguës, ou pour le traitement des blessures dites « de fatigue ».

L'utilisation de la cryothérapie lors d'une blessure ligamentaire permettrait de diminuer le délai de cicatrisation de plusieurs jours, limitant la période d'invalidité à une dizaine de jours, contre deux semaines avec un bandage conventionnel.

L'aspect temporel a également une place prépondérante, car une application précoce de froid lors d'une blessure ligamentaire localisée à la cheville diminuerait de 15 jours le délai avant une récupération complète et le retour à une activité normale, par rapport à la même thérapeutique appliquée plus tardivement.

Dans le cadre d'une activité sportive, il est fréquemment conseillé de procéder à des étirements réguliers pour augmenter la souplesse musculaire et articulaire. Les étirements

permettent également de limiter la survenue des courbatures, qui ne sont autres que des microlésions musculaires, et dont l'expression clinique correspond à un muscle dur et fatigué.

Plusieurs études ont permis de mettre en évidence que l'association entre des étirements et la cryothérapie améliore la relaxation musculaire en comparaison à une séance d'étirement seul ou associée à de la chaleur.

L'association entre le froid et un étirement statique semble également intéressante et plus efficace que les autres traitements pour limiter la survenue de courbatures.

Il a été montré que la cryothérapie permettait de réduire les douleurs postopératoires après une chirurgie reconstructrice, notamment des articulations. L'efficacité de cette thérapeutique est toutefois corrélée à l'abaissement de la température des tissus superficiels et profonds elle-même fonction de la température initiale, de la méthode, et de la durée d'application (48).

3.5.3 Rhumatologie

Les pathologies rhumatismales représentent un champ d'application de la cryothérapie en tant que traitement symptomatique étant donné ses effets : analgésiques, anti-inflammatoires, vaso-constricteurs, anti-oxydatifs et myorelaxants.

L'expérimentation de la cryothérapie dans ce domaine ne se limite pas aux pathologies inflammatoires articulaires (telles que la spondylarthrite ankylosante ou la polyarthrite rhumatoïde), mais également aux pathologies articulaires douloureuses comme l'ostéoarthrite, la fibromyalgie, la capsulite ou encore aux lésions musculaires (49).

Du point de vue chirurgical, les interventions comme les arthroplasties du genou ont montré des bénéfices et des résultats très intéressants, sur le long terme, pour les patients ayant fait l'objet de ces interventions.

Cependant, au niveau des symptômes postopératoires, nous retrouvons fréquemment : douleurs, gonflement et inflammation.

Dans le but de réduire les suites opératoires, différentes thérapeutiques ont été proposées, parmi celles-ci la cryothérapie s'est avérée très efficace pour diminuer les douleurs et les gonflements, ainsi que pour accélérer la récupération.

L'abaissement de la température résultant de l'utilisation de la cryothérapie affecte probablement l'environnement interne de l'articulation et a des effets anti-inflammatoires.

Ces effets anti-inflammatoires ont été démontrés par une corrélation positive avec une augmentation des marqueurs d'abaissement de la température et une diminution de ceux de l'inflammation.

L'utilisation de la cryothérapie pourrait ainsi aider à accélérer la récupération, et par conséquent, le retour à une fonction physiologique précoce au niveau du site opératoire.

Les effets analgésiques de la cryothérapie peuvent également aider à minimiser le recours à toutes sortes de médication, comme celle des opioïdes, qui peuvent être associés à de nombreux effets secondaires potentiels comme la dépendance (50).

La rhumatologie est donc une discipline où la cryothérapie présente un large éventail d'applications avec une efficacité sur diverses pathologies permettant de la recommander sans avoir de doute sur son bénéfice thérapeutique.

3.5.4 Psychiatrie

L'utilisation de la cryothérapie en complément d'un traitement psychotrope conventionnel permettrait d'obtenir plus rapidement des résultats positifs sur l'humeur et l'anxiété des patients atteints de troubles affectifs et émotionnels.

Une amélioration significativement plus rapide des symptômes sur des traitements de courte durée serait permise par la cryothérapie, permettant de limiter la durée de recours aux médicaments psychothérapeutiques chez les patients atteints de troubles anxieux et dépressifs (51).

D'autres études mettent en avant les bénéfices de la natation hivernale en eau libre glacée. Cette pratique relativement courante dans les pays nordiques et que nous pouvons apparenter à une méthode d'application de la cryothérapie sur l'ensemble du corps, permet de diminuer tension et fatigue ainsi que d'améliorer la mémoire et l'humeur.

D'après la littérature, il apparaît que les sujets se prêtant à cette activité se sentent eux-mêmes en meilleure forme et moins mélancoliques par rapport aux groupes de patients témoins, permettant de conforter les résultats positifs rapportés par les études dans le domaine psychiatrique (52).

3.5.5 Gynécologie

La gynécologie est une discipline où la douleur fait partie intégrante de l'exercice médical, notamment au moment de l'accouchement et des douleurs post-partum également appelées douleurs périnéales.

Différentes méthodes ont été utilisées avec pour objectif de diminuer les douleurs après l'accouchement. Par sa capacité à contracter les vaisseaux sanguins, réduire les saignements et supprimer la stimulation des terminaisons nerveuses, la cryothérapie a notamment été utilisée pour réguler les saignements, les œdèmes et la douleur immédiatement après la naissance de l'enfant.

Sur la base de cette hypothèse diverses études ont permis de mettre en évidence que la cryothérapie commencée dans les 24 heures post-partum, quel que soit son mode d'application, permettait de réduire les douleurs périnéales dans les jours suivant l'accouchement (53).

3.5.6 Dermatologie et esthétique

Les verrues cutanées, causées par un groupe spécifique de papilloma virus humain, sont une des indications de la cryothérapie.

Les verrues vulgaires reflètent la manifestation clinique la plus fréquente des verrues cutanées.

La cryothérapie à l'aide d'azote liquide représente un des traitements les plus efficaces et élimine les verrues en gelant les tissus infectés, bien que cela puisse nécessiter plusieurs applications, à quelques semaines d'intervalle, en cas d'échec lors de la première utilisation (54).

Bien qu'utilisée depuis plusieurs millénaires, la cryothérapie reste au centre de la recherche pour le développement de traitement novateur comme c'est le cas en chirurgie esthétique.

La présence de cicatrices qu'elles soient hypertrophiques ou chéloïdes demeurent une préoccupation constante pour les patients y étant sujets, pour laquelle les cliniciens restent le plus souvent sans remèdes réellement efficaces.

Pour répondre à la demande des patients, de nouvelles modalités de traitement apparaissent dont fait partie la cryothérapie, malgré quelques effets indésirables se limitant à un inconfort ou des effets réversibles (douleur, récurrence et dépigmentation).

La cryothérapie intra lésionnelle, permettrait une bonne diminution de la dimension des cicatrices, et pourrait de ce fait s'inscrire comme un traitement à part entière des cicatrices hypertrophiques ou chéloïdes (55).

3.6 Les applications en chirurgie orale

3.6.1 Amélioration des suites opératoires

Après une intervention de chirurgie orale, il est fréquent pour les praticiens de conseiller l'application de poche de glace ou de gel en regard du site opératoire, dans le but de limiter les suites post chirurgicales.

L'ablation des troisièmes molaires mandibulaires, et plus généralement, l'ablation de n'importe quelle entité dentaire, est l'une des procédures les plus courantes effectuées par les chirurgiens-dentistes. Ce type d'intervention peut être indiqué à des fins prophylactiques, ou pour traiter des pathologies infectieuses ou inflammatoires, ou encore par défaut de place au sein de l'arcade dentaire ou pour l'optimisation de l'occlusion dentaire (44).

Même si les motivations peuvent être différentes, les avulsions dentaires, et particulièrement les avulsions des troisièmes molaires ou dents de sagesse, sont fréquemment suivies de douleurs postopératoires et de gonflements qui peuvent altérer la qualité de vie des patients (56).

Pour gérer les complications postopératoires, le clinicien à fréquemment recours à une médication antalgique. En chirurgie orale, les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) représentent l'une des classes médicamenteuses les plus largement prescrites, et ceci dans le but de diminuer, voire de supprimer, les douleurs postopératoires.

Récemment, afin de réduire les effets indésirables liés à ces médications, les chirurgiens-dentistes se sont intéressés à d'autres alternatives thérapeutiques, parmi lesquelles la cryothérapie, pour limiter la douleur postopératoire et favoriser la cicatrisation du site opératoire (57).

3.6.2 Hilothérapie

Diverses techniques ont été référencées pour réduire les suites opératoires telles que le gonflement du visage et la douleur après une intervention de chirurgie orale.

Les patients peuvent avoir recours à de simples poches de glace ou de gel comme au refroidissement assisté mécaniquement avec des masques faciaux.

Les masques faciaux, portant l'appellation de hilothérapie, présentent une efficacité légèrement augmentée en comparaison avec les autres modes d'application au regard du bénéfice thérapeutique (42).

La hilothérapie présente toutefois un inconvénient majeur qui n'est autre que son accessibilité, car son coût ainsi que la difficulté de mise en œuvre en font une thérapeutique moins accessible pour les patients.

Au vu de ces éléments, la hilothérapie ne peut malheureusement pas se concevoir comme une thérapeutique facilement accessible au plus grand nombre (58).

3.6.3 Balance Bénéfice/Risque de la cryothérapie en post-opératoire chirurgical

Après une extraction dentaire, l'inconfort postopératoire associé au processus inflammatoire qui affecte les patients, est une préoccupation constante pour les patients eux-mêmes mais également pour les chirurgiens-dentistes.

Pour limiter la survenue de complications postopératoires, les praticiens ont souvent recours à la cryothérapie comme thérapeutique immédiate après l'intervention. Bien qu'elle soit largement répandue, les données scientifiques sont encore limitées pour étayer l'efficacité de cette thérapeutique.

Cette procédure a été appliquée à l'origine en raison de la croyance que la zone hyperémique chaude causée par l'inflammation locale était nocive, et que cette zone devait être refroidie pour réduire les séquelles et l'inconfort possibles.

Même si, après une chirurgie des tissus mous, la thérapie par le froid correspond à l'une des pratiques les plus anciennes, documentée depuis la Grèce antique par Hippocrate (460–377 avant JC), il existe aujourd'hui des controverses dans la littérature concernant l'utilisation de la cryothérapie (39) (44).

Certaines études mettent également en avant le fait que, malgré les croyances selon lesquelles la cryothérapie serait simple, peu coûteuse et sans risque après une intervention de chirurgie orale, elle peut présenter des inconvénients, parmi lesquels la paralysie nerveuse après une application de froid prolongée (47).

En réponse à cette controverse, il a été démontré qu'aucune modalité d'approche postopératoire ne permet à elle seule de prévenir les complications sans effets secondaires. Pour répondre aux détracteurs invoquant une certaine nocivité de cette méthode, beaucoup d'études se sont intéressées aux effets bénéfiques et indésirables de cette thérapeutique (44).

La cryothérapie présente un réel bénéfice thérapeutique, notamment grâce à la neuropraxie induite par le froid (décrite plus haut), et serait responsable de diminution de la douleur postopératoire observée dans de nombreuses études (23).

Plusieurs études en sont arrivées à la conclusion que la cryothérapie permettait de limiter les suites opératoires (douleur, œdème, inflammation...), et que celle-ci n'était associée que très rarement à des effets indésirables (39).

Dans le cas où des effets indésirables viendraient tout de même à survenir, ils ne donneraient pas lieu à des séquelles irréversibles chez les patients (59).

Cependant, il paraît également important de mettre en avant le caractère précoce de la cryothérapie lors d'une avulsion dentaire. Cette thérapeutique a en effet montré son efficacité dans la période postopératoire immédiate. La cryothérapie ne peut donc s'apparenter, en ce qui concerne la chirurgie orale, qu'à une thérapeutique immédiate et à court terme (44).

3.6.4 Précautions d'emploi

Bien qu'elle soit largement répandue, très peu de patients savent réellement comment bien appliquer cette thérapeutique.

À la suite de l'intervention, la durée et par extension la méthode d'application doivent être expliquées au patient. Il semblerait donc qu'une application intermittente et de courte durée soit plus efficace pour diminuer les suites postopératoires par rapport à une application de longue durée (58).

L'application de glace durant une période trop importante peut effectivement s'avérer nocive, car cette application prolongée peut provoquer une vasoconstriction continue, une ischémie ou une thrombose capillaire entraînant une nécrose tissulaire (60).

Il ne faudra donc pas réaliser une application d'une durée supérieure à vingt minutes, et privilégier un renouvellement de cette application après une pause d'environ une heure. Prolonger celle-ci dans le temps est donc déconseillée.

En conclusion, l'application de glace sur le site extra-oral de la chirurgie est simple et encouragée par de nombreux cliniciens après une extraction dentaire (60).

Bien que la sévérité des suites opératoires soit liée à différents facteurs exogènes et endogènes (âge, sexe, condition physique, indice de masse corporelle, tabagisme, hygiène bucco-dentaire, degré d'impaction, morphologie radiculaire, durée de la chirurgie et expérience du chirurgien), il apparaît qu'une application intermittente et à court de terme de froid en regard du site opératoire permette une diminution de la douleur, de l'œdème et du trismus après la chirurgie (58).

La cryothérapie, comme toutes thérapeutiques, présente donc des avantages et des inconvénients, mais en opposant les bénéfices aux risques, la balance semble toutefois pencher en faveur de son utilisation.

La cryothérapie est donc utile dans de nombreuses spécialités médicales. Cependant, en chirurgie dentaire, cette thérapeutique s'est longtemps limitée au domaine chirurgical. Il

s'avère que depuis peu, son application en endodontie a permis de voir émerger un espoir dans l'amélioration de la prise en charge des douleurs d'origine endodontique.

4 La cryothérapie en endodontie : intérêt en pré- et per-opératoires dans l'aménagement du silence opératoire

La douleur est un des motifs de consultation les plus fréquents en odontologie et plus spécifiquement en endodontie.

Le rôle du chirurgien-dentiste va être de recevoir le patient et de lui prodiguer les soins adéquats permettant la sédation des symptômes douloureux, sans compromettre l'avenir de l'organe dentaire à l'origine de la douleur.

Le clinicien devra dans un premier temps comprendre le processus biologique à l'origine de la douleur. Cela lui permettra par la suite de prendre les mesures nécessaires et adaptées à la suppression de la symptomatologie douloureuse pour le patient.

L'origine de la douleur devra alors être identifiée à partir de l'anamnèse, d'un examen clinique et radiographique (61).

Avant toute instrumentation de l'endodonte, notamment lorsqu'il y a une inflammation du tissu pulpaire, l'anesthésie doit garantir le silence opératoire ; à cette condition, le praticien pourra entreprendre la thérapeutique endodontique.

4.1 Problématique de l'échec et de l'inconfort de l'anesthésie en endodontie

Nous avons évoqué précédemment le problème d'échec anesthésique ; il s'avère que les molaires mandibulaires présentant une pulpite irréversible sont malheureusement bien souvent la source de difficulté opératoire pour le praticien.

4.1.1 Échec anesthésique des molaires mandibulaires

La corticale osseuse en regard des molaires mandibulaires présente l'obstacle anatomique le plus courant à la diffusion de la molécule anesthésique.

Lorsque la situation clinique nécessite une anesthésie des molaires mandibulaires, le praticien aura le plus souvent recours à une anesthésie loco-régionale avec injection à l'épine de Spix, afin de s'affranchir de cette barrière que constitue la corticale osseuse. Or, cette technique dans ce contexte clinique présente un faible taux de succès. Dans un contexte d'inflammation pulpaire, le taux de succès de l'anesthésie des molaires mandibulaires serait divisé par huit (45).

4.1.2 Inconfort de l'infiltration locale palatine

Les dents localisées au niveau du maxillaire postérieur souffrant de pathologies endodontiques, nécessitent fréquemment une injection palatine en plus de l'injection para-apicale vestibulaire.

Malgré l'amélioration des techniques anesthésiques, les injections palatines demeurent des procédures relativement douloureuses pour une grande majorité de patients (62).

4.1.3 Anxiété liée à l'infiltration

La notion d'urgence endodontique doit être rattachée à la notion de douleur. Lors de la prise en charge d'un patient présentant des douleurs endodontiques, il conviendra de prendre le patient dans sa globalité et de ne pas se limiter à l'acte d'urgence.

Lors d'un traitement dentaire, l'anxiété est un facteur non négligeable qui peut être à l'origine d'une modification de la perception douloureuse par l'individu. Il en est de même dans la période pré-interventionnelle avec le phénomène d'anticipation anxieuse.

L'anxiété entraîne une diminution du seuil de la douleur. Or, beaucoup de patients ont peur et certains sont phobiques vis-à-vis de l'anesthésie ou des soins dentaires en général.

Il est désormais communément admis que la réalisation d'une anesthésie en utilisant une aiguille est une source de stress chez certains patients (45)

4.2 Tentatives d'amélioration

Pour remédier à cette absence de silence opératoire, différentes techniques ont été envisagées au fil du temps, notamment pour améliorer le taux de succès de l'anesthésie tronculaire pour les molaires mandibulaires, avec un contexte inflammatoire.

4.2.1 Acupuncture

L'utilisation de l'acupuncture en préopératoire avant de réaliser l'anesthésie tronculaire, permettrait une augmentation significative de l'efficacité de celle-ci (63).

Malheureusement cette thérapeutique présente le problème de la difficulté de mise en œuvre et la nécessité pour le praticien d'une formation à l'acupuncture.

4.2.2 Quantité de solution injectée

Parmi les nombreuses études portant sur l'amélioration de l'efficacité de l'anesthésie tronculaire, certaines ont évalué la nécessité d'augmenter la quantité de la solution anesthésique.

Injecter automatiquement une deuxième cartouche d'anesthésie de 1,8ml (à la même concentration en vasoconstricteur) avant de débiter l'acte thérapeutique a été proposée pour diminuer les échecs anesthésiques.

Certaines études concluent à une augmentation du taux de réussite de l'anesthésie avec une deuxième cartouche injectée, et ceci, sans aucune autre modification des conditions dans lesquelles l'anesthésie est réalisée (64).

À l'inverse, d'autres études sont en contradiction avec les résultats précédents.

Cette solution n'est pas partagée par tous dans la littérature, car certaines études en arrivent à la conclusion que même si le nerf alvéolaire inférieur était potentiellement exposé à une plus grande quantité de solution anesthésique, il n'en résultait pas pour autant une meilleure efficacité de l'anesthésie (31).

Il existe cependant un consensus sur le fait qu'il faille limiter autant que possible le nombre d'injections afin de diminuer le risque de toxicité pour le patient (65).

4.2.3 Associer différentes méthodes d'injections

Pour augmenter le taux de succès de l'anesthésie loco-régionale à l'épine de Spix, il a été proposé de cumuler différents types de techniques anesthésiques (66).

Une injection vestibulaire en regard de la dent causale ou une injection intra-ligamentaire sont utilisées en complément de l'anesthésie tronculaire, avant de commencer le geste opératoire.

Le cumul de plusieurs techniques anesthésiques s'est révélé efficace pour limiter les échecs anesthésiques. Cette efficacité est significativement augmentée avec l'injection intra-ligamentaire et l'injection para-apicale, mais sans différence significative entre les 2 types d'infiltration.

Malheureusement, particulièrement dans le cas de l'anesthésie intra-ligamentaire, il ne faut pas oublier les inconvénients inhérents à cette technique. Le risque de créer une bactériémie au sein du ligament parodontal, la douleur à l'injection, ainsi que les suites opératoires souvent douloureuses liées à l'inflammation desmodontale, sont des complications qu'il convient de prendre en compte et qui justifient une limitation du recours à ce type d'anesthésie (66).

4.2.4 Molécule anesthésique

Une modification de la molécule anesthésique a été proposée pour améliorer l'efficacité de l'anesthésie des molaires mandibulaires sujettes à des pulpites irréversibles (67).

Au niveau des molécules anesthésiques les plus couramment utilisées en chirurgie dentaire nous retrouvons la lidocaïne, l'articaïne et la mépivacaïne.

Bien que la lidocaïne soit très largement répandue, l'articaïne présente l'avantage de fournir une analgésie plus rapide ainsi qu'une durée d'action prolongée dans le temps. Ces caractéristiques semblent être en lien avec ses propriétés lipophiles, lui permettant un franchissement facilité de la membrane nerveuse ainsi que de la corticale osseuse (66).

Même si ses propriétés semblent en faveur d'une augmentation de l'efficacité anesthésique en cas de pulpite irréversible sur des molaires mandibulaires pour l'articaïne, il s'avère que cette molécule présente des taux de succès similaires à ceux de la lidocaïne lors d'une anesthésie loco-régionale à l'épine de Spix (67).

La mépivacaïne, une autre molécule anesthésique, présente un pKa ou constante d'ionisation de 7,6 alors que celle de la lidocaïne s'élève à 7,9.

Cette caractéristique permet à la mépivacaïne d'être présente en plus grande quantité sous sa forme libre dans un milieu acide comme dans un tissu inflammatoire. Par conséquent, une plus grande quantité de cette solution traverserait la membrane de la fibre nerveuse pour bloquer le message nerveux à l'origine de la douleur, en cas de pulpite irréversible.

Lorsque le milieu est plus acide, la Mèpivacaine permet donc une augmentation du taux de succès de l'anesthésie tronculaire par rapport à la même anesthésie réalisée avec la lidocaïne (65).

4.2.5 Vasoconstricteurs

Les vasoconstricteurs permettent d'améliorer l'efficacité des molécules anesthésiques. La vasoconstriction induite par ces molécules permet de prolonger la présence de la molécule anesthésique sur le lieu d'injection et par conséquent de prolonger sa durée d'action (68).

Les vasoconstricteurs, en ralentissant le débit sanguin présentent comme autre avantage de limiter le saignement, autorisant une meilleure visibilité et améliorant le confort opératoire du praticien (68).

En aidant à la concentration de la molécule anesthésique sur le lieu de l'injection, les vasoconstricteurs limitent également la toxicité systémique des molécules anesthésiantes (68).

L'augmentation de leur concentration permet d'augmenter la durée de l'effet anesthésique.

4.2.6 Prémédication anti-inflammatoire

Pour expliquer le faible taux de réussite de l'anesthésie loco-régionale des molaires mandibulaires atteintes de pulpite irréversible, différentes hypothèses ont été émises : l'anticipation anxieuse et la peur du patient, une erreur de technique opératoire ou encore les innervations accessoires des différents nerfs présents dans la région des molaires mandibulaires.

Au fil du temps, les praticiens ont utilisé différentes approches pour augmenter ce taux de réussite, comme le recours à une médication pré-anesthésique à l'aide d'anti-inflammatoire non stéroïdien. D'après l'étude de *Shantiaee et al en 2017*, il semblerait que l'utilisation de ce type de médication avant l'anesthésie permettrait une augmentation significative du taux de succès de celle-ci (69).

Malheureusement, malgré un taux de succès augmenté, l'emploi de médicament anti-inflammatoire non stéroïdien ne permet pas d'obtenir un succès anesthésique chez 100% des patients, sans oublier les nombreux effets indésirables inhérent à cette classe médicamenteuse avec par exemple, la perturbation du tractus gastro-intestinal.

Concernant l'apport des AINS dans l'optimisation de l'efficacité de l'anesthésie, des résultats contradictoires peuvent être observés dans la littérature. Certains auteurs, comme *Noguera-Gonzalez et al en 2013*, retrouvent, à l'instar de *Shantiaee et al*, un taux de succès amélioré pour l'anesthésie du nerf alvéolaire inférieur. Ce taux pourrait même être multiplié par 2 lors d'une administration d'ibuprofène une heure avant la réalisation de l'anesthésie (70). À l'inverse, d'autres auteurs comme *Oleson et al en 2010*, n'ont pas réussi à mettre en évidence de différence significative entre des patients ayant fait l'objet d'une prémédication à base d'ibuprofène et des patients ayant reçu un placebo (71).

Les différences de protocoles, et notamment au niveau de la molécule anesthésique utilisée, pourraient expliquer l'hétérogénéité des résultats (70). La revue de littérature de *Li C et al en*

2012 conforte, elle aussi, l'idée qu'une prémédication à l'aide d'AINS pourrait améliorer le succès de l'anesthésie du nerf alvéolaire inférieur (72).

Toutefois, le recours à une médication préopératoire systématique chez les patients présentant une molaire mandibulaire atteinte de pulpite irréversible ne fait, à l'heure actuelle, toujours pas partie des recommandations.

4.3 La cryothérapie comme thérapeutique complémentaire

Pour éviter le recours aux médicaments de manière abusive, des techniques alternatives ont été recherchées. C'est alors poser la question de savoir si la cryothérapie par ses effets métaboliques pourrait potentialiser l'efficacité de l'anesthésie tronculaire et réduire l'inconfort de l'infiltration palatine.

4.3.1 Réduire la douleur de l'injection dans la muqueuse palatine

Une multitude de fibres nerveuses sont localisées au niveau du palais, et, comme dit précédemment, la cryothérapie a depuis longtemps été utilisée pour diminuer l'intensité de la perception douloureuse par la diminution de la vitesse de conduction nerveuse ; cette diminution de la conduction nerveuse est proportionnelle à celle de la température, et ceci, quel que soit le type de fibre nerveuse.

Le refroidissement topique pourrait donc représenter une aide thérapeutique pour diminuer l'inconfort et ainsi permettre une meilleure acceptation des injections palatines (62).

4.3.2 Optimiser l'efficacité de l'anesthésie tronculaire : deux protocoles ont été proposés

4.3.2.1 Protocole de Topçuoğlu HS et al en 2019 (4)

Ces auteurs ont évalué l'efficacité de la cryothérapie en utilisant une petite poche de glace enveloppée dans une gaze stérile placée en intra-buccal, au niveau de la face vestibulaire de la dent nécessitant un traitement endodontique.

La durée d'application est de cinq minutes. Le traitement endodontique est commencé 15 minutes après la réalisation de l'anesthésie tronculaire, chez les patients présentant un engourdissement de la lèvre et ayant deux réponses négatives successives au test électrique pulpaire (4).

Un échec anesthésique est défini par une douleur modérée à importante et par conséquent, par l'impossibilité de poursuivre le geste thérapeutique.

Les résultats montrent qu'il y avait des échecs anesthésiques chez les patients ayant fait l'objet d'une application de froid comme chez les patients contrôle. Néanmoins, le taux de réussite de l'anesthésie tronculaire du nerf alvéolaire inférieur s'est montré significativement plus élevé chez les patients ayant bénéficié de la cryothérapie en préopératoire.

L'augmentation de l'efficacité de l'anesthésie du nerf alvéolaire inférieur est liée à l'effet anesthésique local déclenché par cette thérapeutique.

Différents mécanismes pourraient être à l'origine de cet effet anesthésique : l'abaissement de la vitesse de conduction nerveuse, la diminution de la libération des médiateurs responsables de la transmission du message douloureux, ainsi que la modification du seuil d'activation des nocicepteurs.

Malheureusement, malgré un taux de succès augmenté, l'application de froid en préopératoire, n'a pas permis d'obtenir un succès total de l'anesthésie tronculaire.

Au vu de ces résultats, le recours à la cryothérapie après la réalisation d'une anesthésie du nerf alvéolaire inférieur pourrait, à l'avenir, représenter une solution simple et peu coûteuse pour augmenter le taux de succès de cette anesthésie, notamment chez les patients sujets à des pulpites irréversibles symptomatiques (4).

La prudence reste pour autant de mise, car à ce jour, cette étude demeure la seule à étudier l'application de la cryothérapie à l'aide d'une poche de glace dans cette indication. L'impossibilité de réaliser l'étude en double aveugle, ainsi que l'absence de considération de l'état psychologique des patients sont de potentielles sources de confusion pouvant fausser l'interprétation des résultats, nous obligeant à appréhender ces derniers avec précaution et justifiant la nécessité d'études complémentaires (73).

L'absence d'information concernant la comparabilité des deux groupes est un facteur supplémentaire nous empêchant de considérer les résultats comme reproductibles, fiables et exempt de biais (73).

4.3.2.2 Protocole de Koteeswaran et al en 2019 (45)

Koteeswaran et ses collaborateurs se sont également intéressés à l'application de la cryothérapie dans un objectif d'amélioration de l'efficacité de l'anesthésie tronculaire.

Le protocole de cette étude diffère de celui de la précédente par de nombreux aspects. L'application de froid a eu lieu à deux moments distincts et par deux méthodes différentes.

Alors que *Topçuoğlu HS et al* avaient pris le parti d'une application intra buccale, *Koteeswaran et al* ont opté pour une application réservée à l'organe dentaire.

La cryothérapie dans cette étude a consisté en deux applications différentes : une application de dix secondes par face (vestibulaire, occlusale et linguale) à l'aide d'une boulette de coton préalablement refroidi au moyen de l'Endolce®, et une seconde application de quatre minutes à l'aide d'un bâtonnet de glace au contact de la pulpe.

Une évaluation de la douleur par les patients a lieu à la suite de chacune de ces applications (45).

L'étude de *Koteeswaran et al* s'est différenciée de celle de *Topçuoğlu HS et al* non seulement par la méthode, mais également par les résultats. Elle porte également sur des sujets présentant une pulpite au niveau de molaires mandibulaires.

La première évaluation eut lieu à la suite de l'aménagement de la cavité d'accès. Comparés aux patients n'ayant pas eu de traitement complémentaire, les patients qui ont bénéficié d'une application de froid de dix secondes n'ont pas eu un meilleur de taux de succès de l'anesthésie tronculaire.

La seconde évaluation a eu lieu après pulpectomie. L'application à l'aide d'un bâtonnet de glace au contact de la chambre pulpaire avant la pulpectomie a permis une optimisation de l'efficacité de l'anesthésie tronculaire en comparaison au groupe contrôle. Cette optimisation de l'anesthésie s'est manifestée par la suite par une diminution de la douleur ressentie (45).

4.3.2.3 Synthèse des résultats concernant l'efficacité anesthésique

Les différences observées au niveau des résultats de ces 2 études pourraient s'expliquer par les différences de mise en œuvre. Une application de dix secondes au contact de l'organe dentaire non trépané, et donc à distance de la pulpe, ne semble pas autoriser une activation des processus physiologiques permettant les bénéfices thérapeutiques inhérents à la cryothérapie.

Une application de quatre minutes pour l'étude de *Koteeswaran et al* (45), et de cinq minutes pour l'étude de *Topçuoğlu HS et al* (4), semblent permettre une amélioration du taux de succès de l'anesthésie tronculaire, et ce, malgré des méthodes d'application différentes.

Une application de froid d'une durée suffisante diminuerait significativement la température de l'organe dentaire et autoriserait l'application des lois de Van't Hoff, selon lesquelles une diminution de 10°C serait suffisante pour entraîner un ralentissement du métabolisme tissulaire (45).

Au vu des résultats de ces deux études, la cryothérapie pourrait constituer un complément à la technique d'anesthésie conventionnelle dans le traitement endodontique des molaires mandibulaires avec une symptomatologie pulpaire inflammatoire exacerbée.

4.3.2.4 Apport dans la gestion de l'anxiété du patient

La cryothérapie, en augmentant le taux de succès de l'anesthésie tronculaire, permet d'éviter le recours à d'autres techniques anesthésiques. Le fait de limiter le nombre d'injections permet une diminution, ou du moins, permet de ne pas augmenter l'anxiété du patient. Le contrôle de l'anxiété du patient permet par la suite une diminution de la perception douloureuse.

Lorsque le patient se présente au cabinet avec des douleurs d'origine endodontique, celui-ci attend de l'acte thérapeutique une sédation de processus douloureux. Le niveau de compétence d'un praticien est bien souvent évalué par le patient selon sa capacité à obtenir une anesthésie efficace et donc à travailler en l'absence de douleurs.

En multipliant le nombre de techniques anesthésiques et donc le nombre d'injections, les praticiens s'exposent au risque d'augmenter l'anxiété du patient provoquant une diminution du taux de réussite de leurs anesthésies (45).

Tout praticien devra donc avoir à cœur de réaliser l'anesthésie la plus efficace possible tout en gérant l'état anxigène du patient.

La cryothérapie appliquée à la période pré opératoire en endodontie ne présente non pas un, mais de multiples avantages, qui permettront par la suite aux chirurgiens-dentistes d'améliorer les conditions de réalisation de la thérapeutique endodontique.

5 La cryothérapie en endodontie : application per-opératoire et irrigation avec une solution saline réfrigérée

5.1 Problématique des douleurs post-opératoires

La préparation et la désinfection des canaux radiculaires correspondent à la technique de choix pour remédier aux douleurs d'origines endodontiques. Il est vrai que, dans la grande majorité des cas, les douleurs sont amenées à disparaître après un traitement endodontique. Malheureusement, d'après la littérature, il s'avère que dans 1,4 à 45% des cas, les patients peuvent présenter des douleurs postopératoires après le traitement endodontique (74). Cette hétérogénéité au niveau de l'incidence des douleurs postopératoires en fonction des études peut s'expliquer par les différents critères d'évaluation utilisés. Ces douleurs sont devenues une préoccupation de tous les praticiens car aucune autre thérapeutique n'entraîne aussi fréquemment de douleurs postopératoires en dentisterie (75).

La douleur post-opératoire en endodontie est le résultat d'un processus inflammatoire ; celui-ci peut être physiologique, c'est-à-dire en lien avec la réparation tissulaire, ou alors pathologique, parmi lesquels les « flare-up » provoquant des douleurs postopératoires sévères avec une incidence de 1,58 % (74).

La douleur post-opératoire est, la plupart du temps, inflammatoire, aiguë et donc réversible avec un traitement adapté. Mais, dans certains cas, elle peut évoluer sur un mode chronique. La prévenir avant tout par le respect des bonnes pratiques durant la thérapeutique endodontique, mais aussi par l'identification des facteurs de risque (13) doit être une préoccupation constante du praticien.

5.1.1 Facteurs de risques des douleurs postopératoires d'origine endodontique

Divers facteurs peuvent être à l'origine de ces douleurs postopératoires comme l'intensité de la douleur préopératoire, l'instrumentation mécanique, les solutions chimiques désinfectantes ou les toxines microbiennes. Plusieurs auteurs ont étudié ces facteurs prédictifs de la douleur post-opératoire d'origine endodontique (76) (77) (78) (79) (36) (35).

Parmi ceux-ci, la douleur préopératoire est un facteur prédictif important des douleurs postopératoires après un traitement endodontique. L'intensité de la douleur est corrélée à l'intensité de la réaction inflammatoire, elle-même directement en lien avec l'importance de la lésion tissulaire. Il semblerait que la survenue de douleurs postopératoires soit particulièrement associée à la présence d'une symptomatologie préalable. Pour certains auteurs, ces douleurs post-opératoires ne sont pas dépendantes du diagnostic initial, sans différence significative entre pulpite aiguë, pulpite chronique, pulpe nécrosée et pathologie péri-apicale (35).

Pour d'autres, les douleurs post-opératoires surviendraient préférentiellement lorsque celle-ci ne présente pas de lésion péri-radulaire visible radiographiquement. En effet, *Siqueira et al en 2002* ont supposé que l'absence de résorption osseuse péri-radulaire pouvait être liée

à un cantonnement plus grand de la pression associée à l'inflammation provoquant une augmentation des douleurs postopératoires (34).

Malgré des divergences dans la littérature, il semblerait qu'il existe bien une corrélation positive entre la présence de douleurs préopératoires et la survenue de douleurs postopératoires à la suite du traitement endodontique (80) (35).

Les douleurs préopératoires sont non seulement un indicateur de la survenue de douleurs postopératoires, mais celles-ci sont également un indicateur de l'intensité des douleurs postopératoires.

Il semblerait que la sévérité des douleurs avant une thérapeutique endodontique soit un facteur prédictif de l'ampleur des douleurs survenant à la suite de cette thérapeutique (36).

5.1.2 Prise en charge des douleurs postopératoires d'origine endodontique

Pour tenter de solutionner le problème, les praticiens eurent recours à diverses procédures comme la mise en place d'une médication intra-canalair, la réduction occlusale ou encore la prescription d'une médication postopératoire par voie systémique.

Parmi les médicaments administrés pour limiter les douleurs postopératoires, les anti-inflammatoires non stéroïdiens demeurent une des classes médicamenteuses les plus prescrites. Outre les nombreux effets indésirables associés à leurs utilisations, l'étude de *V.Nagendrababu et al* de 2019 a récemment mis en avant le faible niveau de preuve de l'efficacité de certaines molécules dans cette indication (81).

Pour résoudre le problème des douleurs postopératoires d'origine endodontique, les praticiens ont donc cherché d'autres alternatives. La cryothérapie semble être une méthode complémentaire prometteuse pour réduire l'incidence et l'intensité des douleurs postopératoires.

5.2 Problématiques liées à l'application de la cryothérapie en endodontie

5.2.1 Problématiques liées à l'organe dentaire

Pour déterminer le temps d'exposition optimale à la cryothérapie, il faut s'intéresser à l'anatomie du site d'application. L'efficacité de la cryothérapie dépend de la température du tissu cible. Plus la zone d'application se trouvera à distance du tissu cible et moins la température du tissu cible diminue pour se rapprocher de celle de la source de la cryothérapie. Nous comprenons aisément que l'efficacité de la cryothérapie sera conditionnée par la présence et l'épaisseur des tissus (notamment musculaires et adipeux) séparant le site d'application des tissus cibles (6).

L'organe dentaire présente une grande diversité de tissus avec des propriétés physiques et chimiques différentes. L'émail et la dentine, assimilable aux tissus durs de la dent, se comportent comme des isolants thermiques, à l'inverse du tissu pulpaire qui est thermosensible.

L'augmentation du temps d'exposition aux stimuli thermique entraîne, comme dans les autres organes du corps humains, une plus grande variation de température de l'organe dentaire (82).

Au niveau du ligament alvéolo-dentaire, les différences d'épaisseur et de minéralisation de la dentine peuvent être à l'origine d'une transmission différente des variations thermiques entre les parties coronaires et apicales de la racine.

La dentine cervicale sera moins encline à la diffusion thermique et par conséquent, réduira l'efficacité de la cryothérapie. Cela s'explique par l'association de tubuli dentinaires plus larges et présents en plus grande proportion.

À l'inverse, la portion apicale présente des caractéristiques anatomiques plus compatibles avec l'utilisation de la cryothérapie. Une minéralisation et une densité plus importante de la dentine, associée à une concentration plus faible des tubuli dentinaires, permettra une meilleure conduction thermique du froid inhérent à la cryothérapie (6).

Au niveau des différences anatomiques entre la partie coronaire et apicale des canaux, il conviendra également de prendre en compte les canaux accessoires qui pourront eux-aussi avoir un impact sur la thermoconduction. Ces derniers sont présents en proportion plus importante au niveau du tiers apical d'une même dent, et les molaires semblent être les dents les plus exposées à ce type de variation du système endodontique (83).

Malheureusement, et malgré la parfaite connaissance de l'histologie à la fois de la dent et de son environnement proche, aucun protocole n'est à ce jour validé pour une application de la cryothérapie à l'entité dentaire.

Par ailleurs, il semblerait que dans les tissus indemnes de muscle et de graisse, ou du moins dans lesquels les tissus adipeux et musculaires sont présents en faible quantité, une durée d'application comprise entre trois et cinq minutes serait suffisante pour atteindre le seuil d'efficacité de la cryothérapie.

L'espace séparant la pulpe du ligament parodontal répondant aux critères précédemment cités, il semblerait que l'abaissement de la température de la surface radiculaire observée sur une durée supérieure ou égale à 4 minutes dans l'étude de *Vera et al*, serait en adéquation avec une application thérapeutique de la cryothérapie (6).

5.2.2 Problématique liée à l'extension de l'inflammation

Les douleurs post-opératoires sont liées à un processus inflammatoire qui peut toucher différents tissus, pulpaire, ligamentaire ou osseux. Ainsi, l'inflammation peut être circonscrite à l'espace endodontique ou atteindre l'espace péri-apical.

Lors de pathologie endodontique inflammatoire de type parodontite apicale aiguë ou parodontite apicale chronique, l'inflammation s'étend jusqu'au niveau du péri-apex. Étant donné la localisation de l'inflammation, pour produire un effet anti-inflammatoire, il est primordial que le refroidissement atteigne la zone apicale.

Lors de précédentes études se rapportant à la cryothérapie, une vasoconstriction avait pu être observée après seulement 2 à 3 minutes d'application cutanée. Cette vasoconstriction

est dans ce cas le reflet de l'activation du système sympathique en réponse à la cryothérapie (84).

Même si ces résultats laissent supposer que la durée pendant laquelle la température de la surface radiculaire est diminuée serait suffisante pour obtenir les effets métaboliques inhérents à la cryothérapie, certains auteurs se sont interrogés sur d'autres moyens pour refroidir la surface radiculaire de la dent et surtout pour refroidir la portion apicale de l'endodonte et le péri-apex, grâce à un accès intra canalaire (73) (74). *Vera et al en 2015*, ont cherché à valider un protocole d'irrigation intra canalaire visant à diminuer la température de la surface radiculaire pour rendre applicable la cryothérapie au domaine de l'endodontie (85).

5.2.3 Problématique liée à l'irrigation endo canalaire

La présence du parodonte autour des racines permet d'assimiler l'endodonte à un système fermé. La présence d'un système fermé conduit à la formation d'une poche de gaz dans la zone apicale. Celle-ci s'oppose à la pénétration des solutions d'irrigation dans le tiers apical (76). De ce constat, des systèmes d'irrigation ont été proposés.

Plusieurs études ont permis de mettre en évidence que le système d'irrigation à pression apicale négative permettait de créer un flux de solution d'irrigation jusqu'à la longueur de travail (86). Différentes études ont ainsi permis de mettre en évidence que le système de pression négative permettait une amélioration de la désinfection du système endodontique, en particulier dans le dernier millimètre, par rapport à l'irrigation passive classique (79).

L'utilisation de l'EndoVac® dans l'étude de *Vera et al* trouve donc sa justification dans la nécessité d'atteindre les derniers millimètres apicaux des canaux préparés (85) (81).

5.2.4 Problématique en endodontie : diminuer la température de la surface radiculaire et de la portion apicale

La température de 2,5°C pourrait potentiellement permettre l'inactivation des fibres A δ et des fibres C, respectivement inactivées lorsque la température corporelle descend en dessous de 7°C pour les fibres A δ , et en dessous de 3°C pour les fibres C (87).

La température de 2,5°C serait également potentiellement assez basse pour permettre une diminution suffisante de la température de la surface radiculaire assimilée, *in-vivo*, à la température corporelle. Les effets bénéfiques maximum de la cryothérapie étant obtenue à partir d'une température inférieure ou égale à 16°C, une irrigation avec une solution suffisamment froide pourrait permettre d'atteindre cet objectif (85).

Vera et al en 2015 ont réussi à montrer qu'en utilisant un protocole d'irrigation approprié, ils étaient en mesure de diminuer la température de la surface radiculaire d'approximativement 15°C et pour une durée minimale de 4 minutes.

Pour obtenir une diminution de la température de la surface radiculaire, un volume de 20 ml de solution saline réfrigérée à 2,5°C a été utilisé en irrigation intracanal, grâce à l'appareil EndoVac® associé à un insert réfrigéré.

Le système EndoVac® est un système d'irrigation relativement récent fonctionnant grâce à un système de pression négative. Il consiste à amener une canule au plus près de la constriction apicale pour aspirer la solution d'irrigation dans les derniers millimètres du canal radiculaire. Ce système pallie l'absence de flux de solution d'irrigation dans la zone apicale (88).

La phase d'irrigation consiste en la diffusion de la solution à l'intérieur du système radiculaire de dent mono canalaire à l'aide du système Endovac®, et ceci pour une durée égale à 5 minutes.

Le résultat permet d'observer une diminution suffisante de la température de la surface radiculaire sur les quatre derniers millimètres apicaux pour potentiellement produire un effet anti inflammatoire (85).

Après avoir montré qu'une diminution de la température de la surface radiculaire par le biais de l'irrigation était possible, différentes études se sont intéressées à l'application clinique de cette découverte dans la thérapeutique endodontique.

5.3 Cryothérapie et pathologie de la pulpe vitale

5.3.1 Cryothérapie dans la pulpite réversible

Dans la pulpite réversible, une contre-indication au traitement endodontique et donc au protocole d'irrigation à l'aide d'une solution saline réfrigérée n'exclue pas le recours à la cryothérapie.

Bahcall et al en 2019 ont évalué l'application de la cryothérapie dans le cadre du coiffage pulpaire direct comme indirect (89).

Leur étude, qui a donc porté sur des dents affectées de lésions carieuses profondes, de pulpite réversible ou irréversible, a permis de mettre en évidence une réduction des douleurs postopératoires après un coiffage pulpaire.

La cryothérapie aurait permis, non seulement une diminution des douleurs postopératoires, mais également une facilitation dans le processus d'hémostase en raison de ces propriétés vasoconstrictrices.

Des études complémentaires restent néanmoins nécessaires pour déterminer réellement l'implication de la cryothérapie dans les résultats constatés par les auteurs. Toutefois, il apparaît que dans la thérapeutique de la pulpe vitale, l'association de la cryothérapie, de l'irrigation avec une solution chélatante et des matériaux biocéramiques permettrait de diminuer les douleurs postopératoires. Outre l'aspect nociceptif, les dents ayant fait l'objet de cette approche thérapeutique apparaissent également asymptomatiques, vitales et fonctionnelles après une période de 12 à 18 mois (83).

5.3.2 Cryothérapie dans la pulpite irréversible

5.3.2.1 Les différentes études

Le tableau ci-dessous récapitule les données relatives aux sept études différentes s'intéressant à l'application de la cryothérapie pour la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique sur des dents initialement vitales.

Tableau 1. Les différents paramètres inhérents aux études concernant l'utilisation de la cryothérapie sur les pulpes initialement vitales

Paramètres / Études	Keskin et al	Bazaid et al	Al-Nawhali et al	Jain et al	Vieyra et al	Alharti et al	Gundodgu et al
Diagnostic initial	Pulpite irréversible asymptomatique; Pulpite irréversible symptomatique avec ou sans PA	Pulpite irréversible avec ou sans PA associée	Pulpite irréversible ou exposition pulpaire	Pulpite irréversible avec PA symptomatique ou asymptomatique ou avec un environnement périradriculaire sain	Pulpite irréversible sans radioclarité apicale à la radiographie	Pulpite irréversible asymptomatique sans pathologie péri-apicale	Pulpite irréversible avec PA symptomatique
Dents concernées (pulpes vitales)	Dents maxillaire ou mandibulaire (n = 170)	Dents avec édification apicale complète et indemne de résorption (n = 36)	Dents monoradiculées (n = 75) à l'exception des dents antérieures mandibulaires	1ère molaire mandibulaire mature n = 60	Toutes les dents (112 dents maxillaires + 118 dents mandibulaires)	Dents maxillaire ou mandibulaire monocanalaire	Molaires maxillaires ou mandibulaires
Nombre de séance	1 séance	2 séances	1 séance	2 séances	1 séance	1 séance	1 séance
Évaluation postopératoire	24 et 48h postopératoire	24 et 48h postopératoire	6, 12, 24, 48h + 1 semaine postopératoire	6, 24 et 48h postopératoire	24, 48 et 72h postopératoire	6, 24 et 48h postopératoire	24h, 72h, 5 jours et 1 semaine postopératoire
Irrigation avec une solution saline réfrigérée	5 ml de solution à 2,5° administré à l'aide d'une aiguille Navitip de 31G à 2mm de la longueur de travail pendant 5min	Solution à 2,5°C administrée pendant 2min avec aiguille à sortie latérale	Solution entre 2 et 4°C administrée pendant 5min avec système Endovac®	5 ml de solution à 2,5°C administrée pendant 1min avec aiguille à sortie latérale de 28G	Groupe A : 5ml d'EDTA + 10ml de solution à 4°C Groupe B : 5 ml d'EDTA + 10 ml de solution à 2,5°C Solutions administrées avec Endovac®	Irrigation avec 10 ml d'une solution saline réfrigérée à 2,5°C pendant 5min	Intracanalair : irrigation avec 20ml de solution à 2,5°C pendant 5min ; Intraoral : poche de glace contre la face vestibulaire de la dent sélectionnée ; Extraoral : poche de glace contre la joue
Patients	170 patients âgés de 19 à 63 ans	36 patients âgés de 18 à 40 ans, en bonne santé, sans prise d'antalgiques ou anti-inflammatoire	62 patients âgés de 20 à 46 ans, en bonne santé, sans prise de médicaments, absence de parodontopathie et sans pathologies chroniques	60 patients âgés de 18 à 25 ans en bonne santé	129 femmes et 111 hommes âgés de 18 à 65 ans, sans prise de médicaments	105 patients âgés de 18 à 50 ans en bonne santé	100 patients de plus de 18 ans avec douleur préopératoire EVA > 6/10

En comparant les données relatives à ces différentes études, et bien que ce tableau récapitulatif ne soit pas exhaustif, nous ne pouvons-nous empêcher de remarquer une certaine hétérogénéité au niveau de l'architecture des différentes études.

5.3.2.2 Résultats

5.3.2.2.1 Keskin et al

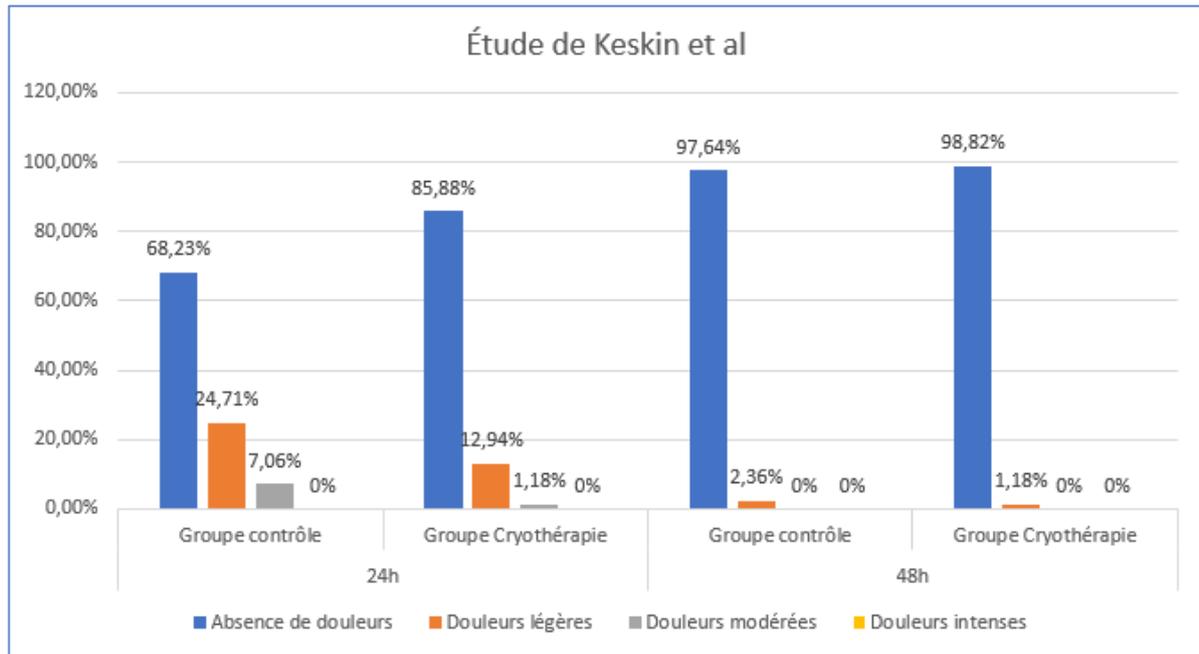


Figure 9. Résultats obtenus par Keskin et al dans leur étude

Keskin et al en 2017, se sont intéressés à l'application de la cryothérapie pour la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique, chez des patients atteints de pulpite irréversible, associée ou non à une parodontite apicale symptomatique ou non (11).

Les résultats de cette étude ont permis aux auteurs de conclure à une différence significative entre le groupe contrôle (irrigation avec une solution saline à température ambiante), et le groupe expérimental (irrigation avec solution saline à 2,5°C).

Les patients du groupe expérimental présentaient significativement moins de douleurs postopératoires à 24h que les patients du groupe témoin : l'intensité de leurs douleurs postopératoires, évaluée au moyen de l'Échelle Visuelle Analogique, étaient moins importante.

Néanmoins, à partir de 48 heures post-opératoires, les deux groupes ont montré une réduction significative de l'intensité des douleurs ne permettant plus d'observer une différence entre les deux groupes.

5.3.2.2.2 Bazaid et al

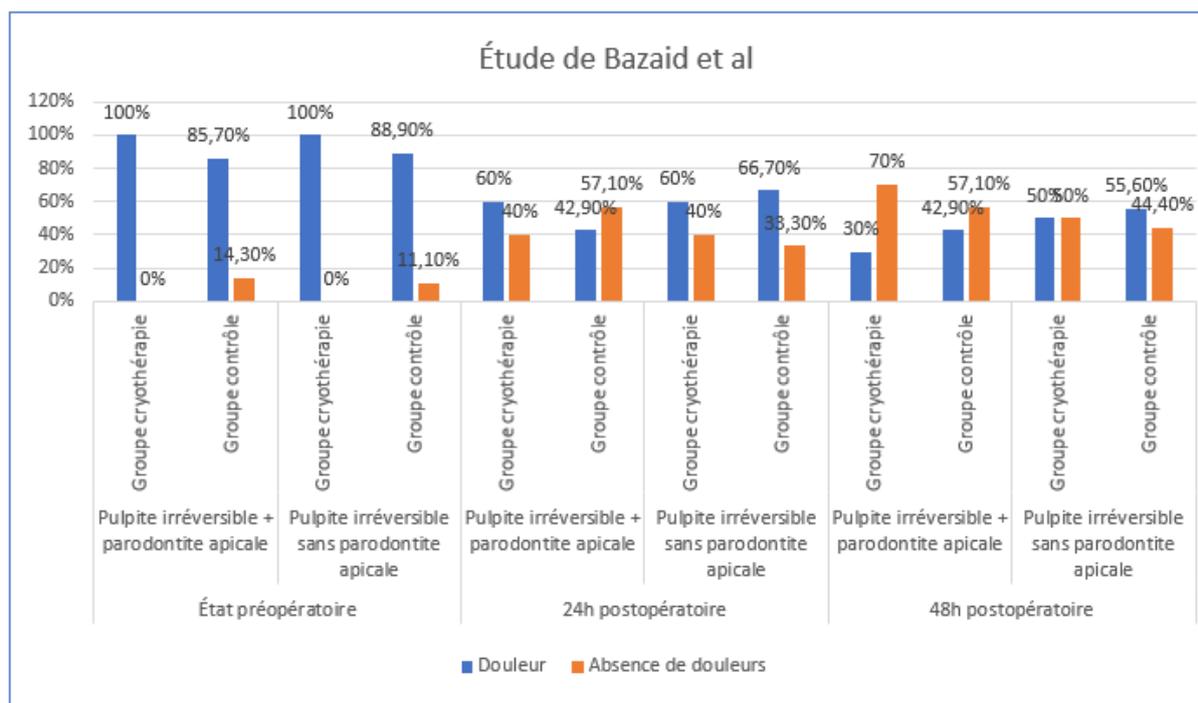


Figure 10. Résultats obtenus par Bazaid et al dans leur étude

À la différence de l'étude précédente, *Bazaid et al* en 2018 ont différencié les patients en fonction du diagnostic initial dans les résultats de leur étude. En plus de différencier les patients en fonction de la présence ou non d'une pathologie péri-apicale, les auteurs ont également pris en considération la présence ou non de douleurs préopératoires (90)

À partir des données obtenues au terme de cette étude, et malgré le faible nombre de patients inclus (n=36), les auteurs en sont venus à la conclusion que la cryothérapie permettait de diminuer de manière significative les douleurs postopératoires d'origine endodontique, uniquement chez les patients pour lesquels la pulpite irréversible était associée à une parodontite apicale.

Du point de vue temporel, les résultats observés chez les patients atteints de pulpite irréversible associée à une parodontite apicale étaient, toujours selon les auteurs, valable à 24h postopératoire comme à 48h postopératoire.

5.3.2.2.3 Al Nahlawi et al

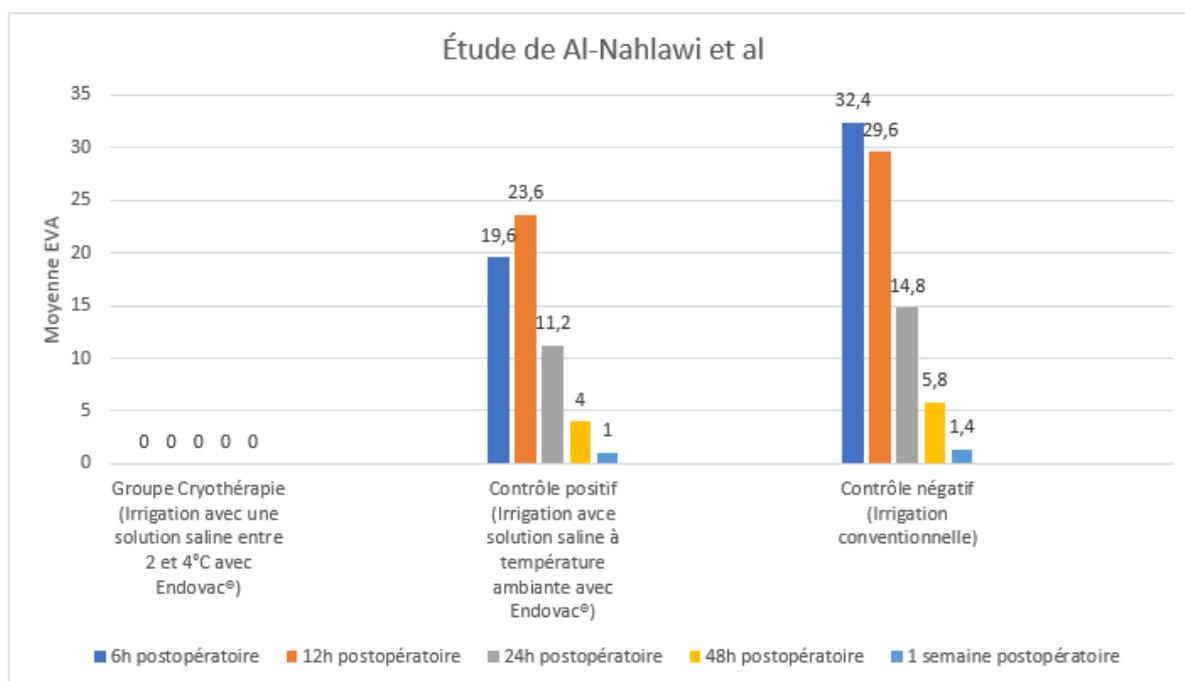


Figure 11. Résultats obtenus par Al-Nahlawi et al dans leur étude

Plusieurs éléments différencient cette étude, des deux autres citées précédemment. Tout d'abord une évaluation postopératoire de la douleur via l'échelle visuelle analogique (EVA) a bien été réalisée à 24h et 48h postopératoire, mais celle-ci a également été réalisée à 6h, 12h ainsi qu'à une semaine postopératoire. Ensuite, les auteurs ont eu recours, comme dans l'étude de Vera et al, à un système de pression négative à la fois pour le groupe expérimental, ainsi que pour le contrôle positif (irrigation avec une solution saline à température ambiante proche de 25°C).

Un nombre total de 75 dents et 62 patients ont été inclus dans cette étude. Les auteurs ont conclu que la cryothérapie associée à une irrigation par pression négative permettrait la suppression des douleurs postopératoires d'origine endodontique, puisqu'aucune douleur n'a été relevée dans le groupe expérimental, et ceci quelle que soit la période postopératoire (91).

Les résultats ont également permis aux auteurs de conclure que l'irrigation avec un système de pression négative permettait de réduire l'intensité des douleurs postopératoires immédiates, soit six heures après le traitement endodontique.

5.3.2.2.4 Jain et al

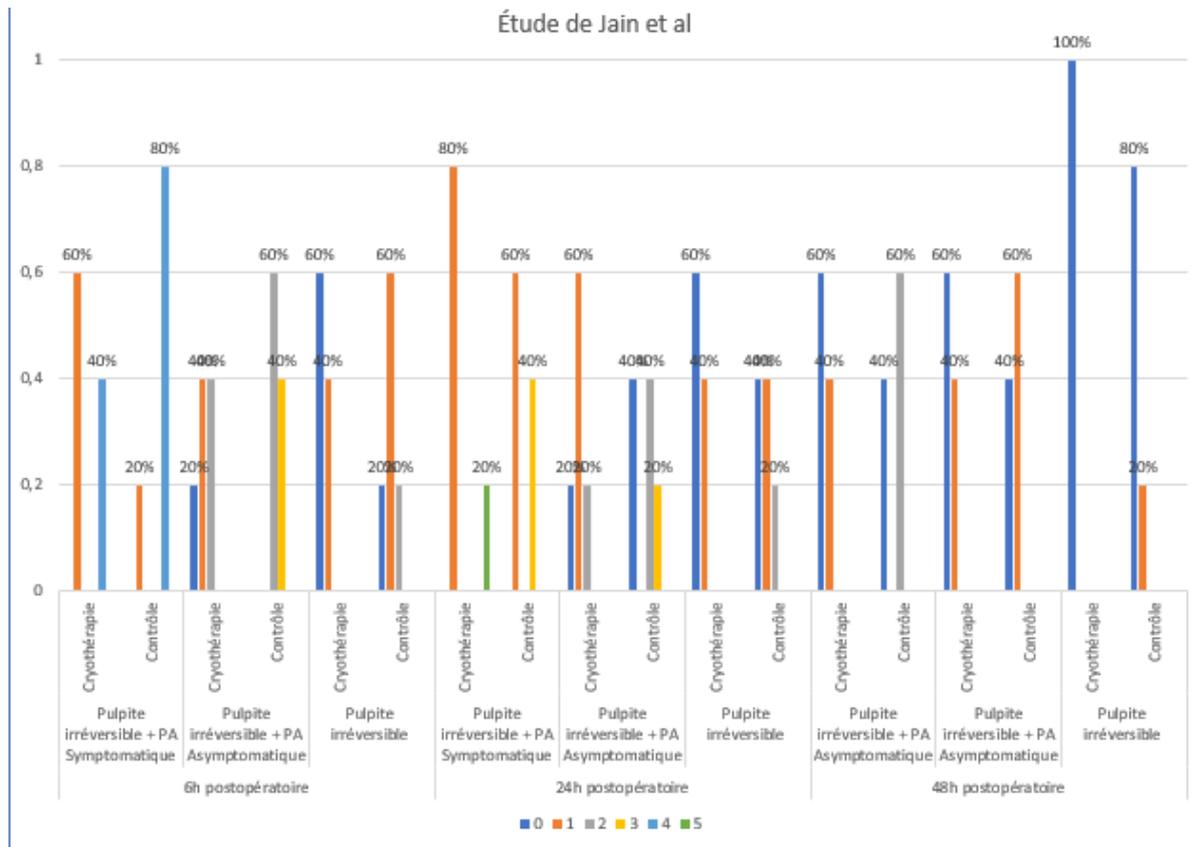


Figure 12. Résultats de l'étude de Jain et al

À l'instar de l'étude de *Bazaid et al*, les auteurs se sont appliqués à différencier les patients en fonction du diagnostic initial. L'évaluation postopératoire de la douleur au moyen d'une EVA a eu lieu à différents temps postopératoires : à 6h, 24h et 48h.

Au départ, 60 patients ont été inclus dans cette étude, mais après constitution des différents groupes, un échantillon de seulement 10 patients constituait chaque groupe. Malgré la taille réduite des groupes, *Jain et al* ont conclu que l'application de la cryothérapie chez des patients atteints de pulpite irréversible associée à une parodontite apicale symptomatique permettait de réduire de manière significative les douleurs post-opératoires (92).

Ce constat a également pu être observé chez les patients atteints de pulpite irréversible associée à une parodontite apicale asymptomatique, mais uniquement dans les six premières heures qui ont suivi le traitement endodontique.

Les résultats de cette étude ne semblent cependant pas en faveur d'une utilisation de la cryothérapie pour limiter les douleurs postopératoires chez des patients atteints de pulpite irréversible sans pathologie péri-apicale, en raison de l'absence de différence significative avec le groupe témoin.

5.3.2.2.5 Vieyra et al

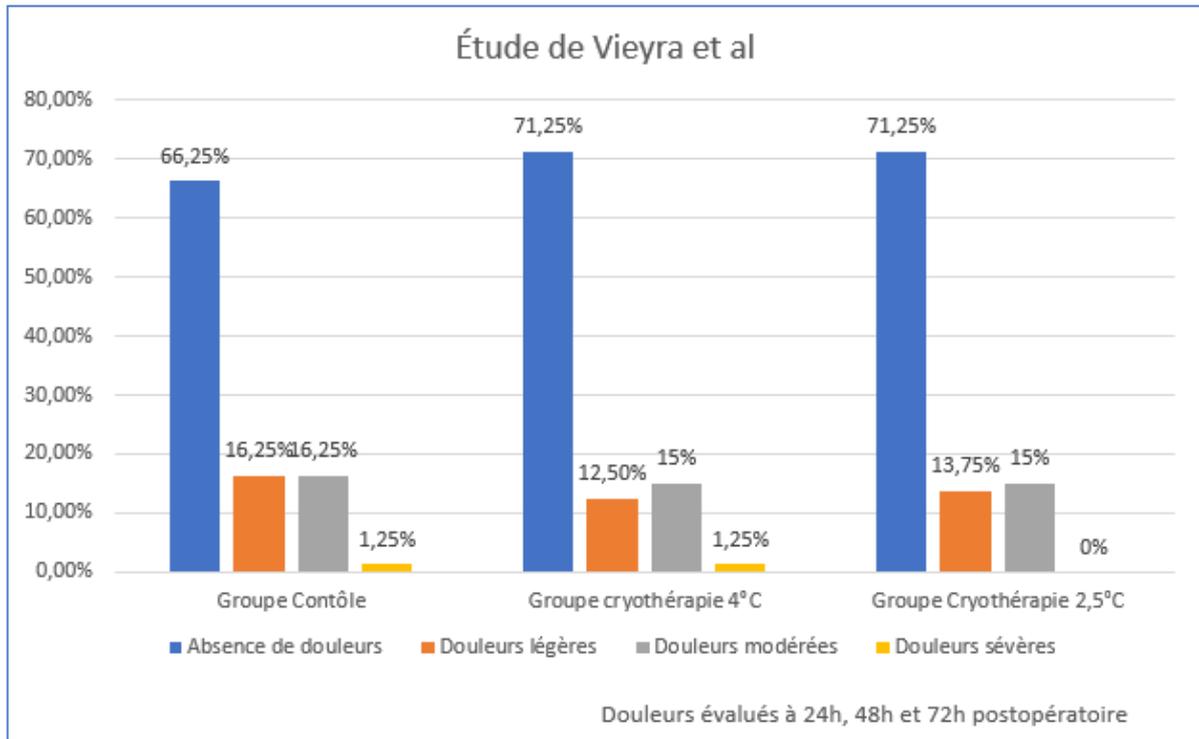


Figure 13. Résultats de l'étude de Vieyra et al

Vieyra et al en 2019 se sont intéressés uniquement aux patients sujets à une pulpite irréversible indemne de signe radiographique de pathologie péri-apicale.

Dans les deux groupes bénéficiant de la cryothérapie, les cliniciens ont eu recours à un système de pression négative garantissant une irrigation jusqu'au derniers millimètres apicaux de la préparation.

L'inclusion de 240 patients dans l'étude a permis aux auteurs de conclure que l'utilisation de la cryothérapie sur des dents initialement vitales serait une aide pour diminuer l'incidence des douleurs postopératoires après un traitement endodontique. Selon eux, la cryothérapie permettrait également de limiter le recours à une médication postopératoire après un traitement endodontique chez des patients présentant une pulpite irréversible (93).

5.3.2.2.6 Alharti et al

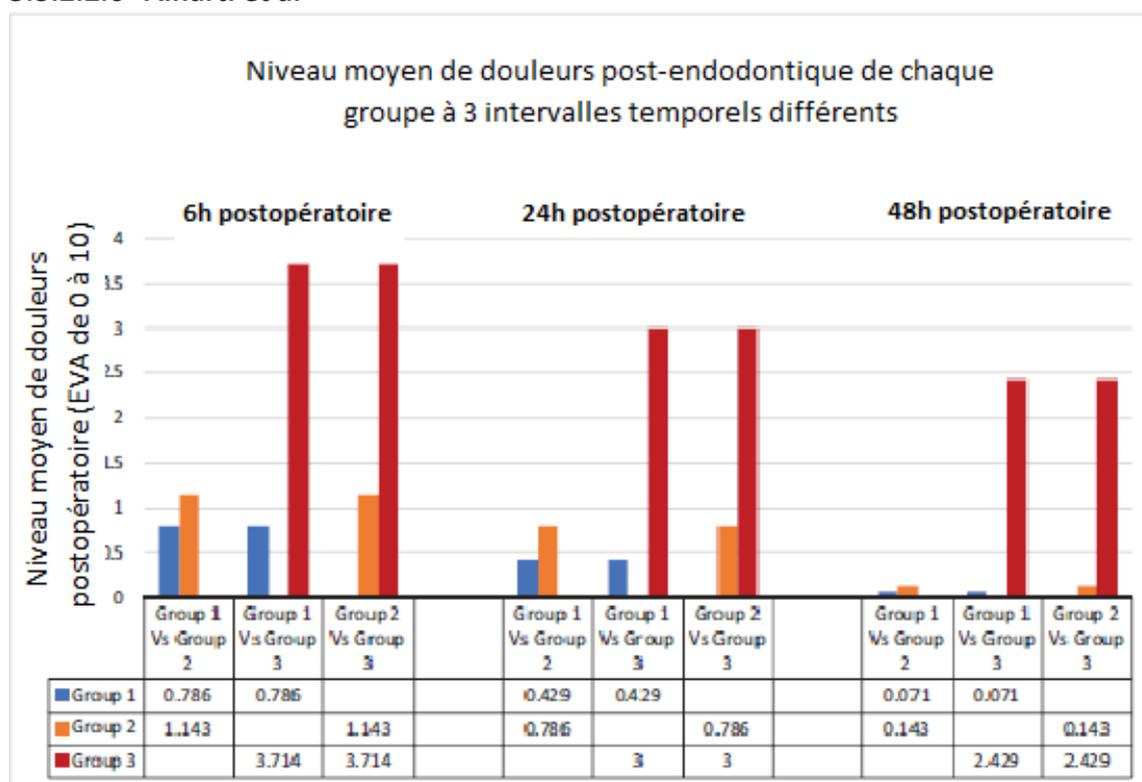


Figure 14. Graphique issue de l'étude de Alharti et al montrant la moyenne des résultats du niveau de douleur post endodontique (94)

Les auteurs dans cette étude ont choisi de ne s'intéresser qu'aux dents nécessitant un traitement endodontique réalisable en une seule séance et ne présentant aucune pathologie péri-apicale initiale, ni de douleurs préopératoires. Alharti et al en 2019 ont avancé l'argument que la douleur préopératoire et la présence d'une pathologie péri-apicale étaient deux sources significatives de douleurs postopératoires. Étant donné que les douleurs sont le principal motif de consultation en endodontie, les auteurs ont ainsi fait le choix de s'intéresser à un échantillon potentiellement non représentatif de la population. Ce choix au moment de l'inclusion des patients pourrait être à l'origine d'une différence entre les résultats observés dans cette étude et ceux observés dans d'autres études ou dans la population générale (94).

Au terme de cette étude, et contrairement aux précédentes études, les auteurs en sont venus à la conclusion que la cryothérapie ne présentait pas de bénéfice thérapeutique significatif et que l'irrigation, avec une solution saline réfrigérée ou non, permettait une diminution des douleurs postopératoires.

Toutefois, Alharti et al n'ont pas évalué l'efficacité de la cryothérapie lors d'une inflammation des tissus péri-apicaux, situation dans laquelle la cryothérapie trouve, selon les autres études, sa justification.

5.3.2.2.7 Gundogdu et al

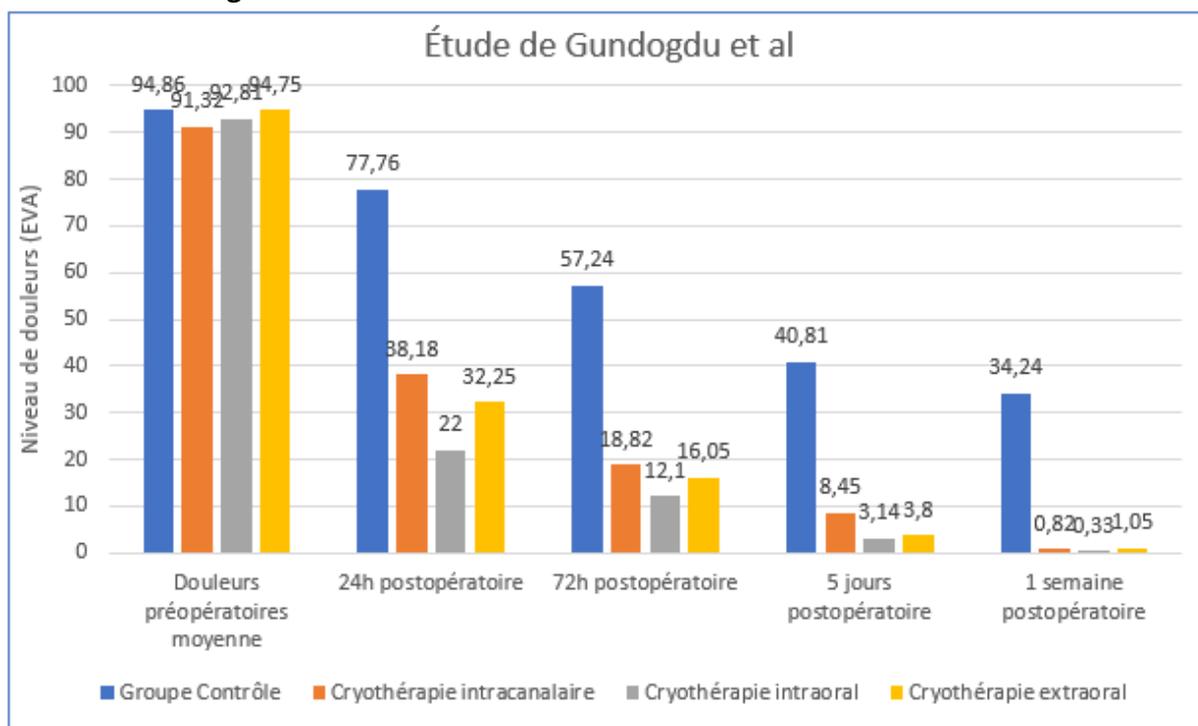


Figure 15. Histogramme présentant la douleur pré et postopératoire moyenne ressentis par les différents groupes de patients inclus dans l'étude de Gundogdu et al

L'étude de Gundogdu et al de 2018 s'est différenciée des précédentes car elle a, non seulement exploré l'efficacité de la cryothérapie intra-canaulaire, mais aussi celle de deux autres modes d'application de la cryothérapie.

Quatre groupes différents ont été constitués : un groupe contrôle, un groupe cryothérapie intra-canaulaire, un groupe cryothérapie intra-orale et un groupe cryothérapie extra-orale. Les 3 groupes ayant eu recours à la cryothérapie ont présenté une diminution significative du niveau de douleurs postopératoire en comparaison au groupe contrôle.

Le niveau de douleur à la percussion ainsi que le recours aux antalgiques ont également été évalués dans cette étude. Comme pour l'intensité des douleurs postopératoires, les douleurs à la percussion et le recours aux antalgiques étaient plus importants dans le groupe contrôle que dans les groupes ayant eu recours à la cryothérapie.

Peu de différences ont été retrouvées entre les trois groupes ayant eu recours à la cryothérapie. Toutefois, les auteurs ont pu observer une utilisation significativement plus importante d'antalgique dans le groupe extra-oral par rapport au groupe intra-oral (38).

Ces résultats semblent être en accord avec ceux obtenus par Yadav et al en 2020, qui se sont également intéressés à l'apport de la cryothérapie pour la diminution des douleurs postopératoires, via ces 3 modes d'applications. Malgré les limites de l'étude, les auteurs ont enregistré un moindre recours aux médicaments postopératoires. Yadav et al, de la même façon que Gundogdu et al, ont pu conclure à une diminution des douleurs postopératoires chez les patients ayant bénéficié de la cryothérapie, quel que soit son mode d'application (95).

Durre Sadaf en 2019 a souligné la possibilité de surestimation de l'efficacité de la cryothérapie dans la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique, et la nécessité d'études complémentaires. Pour autant, les résultats de l'étude de *Gundogdu et al* semble indiquer que la cryothérapie apparaît comme une solution simple, sans effets indésirables majeurs, et efficace dans la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique (96).

5.3.2.2.8 Étude de Shri-Nandhini et al

5.3.2.2.8.1 Construction

Les auteurs, dans cette étude, se sont d'abord attachés à confirmer les résultats obtenus par *Vera et al* dans leurs études sur la diminution de la température de la surface radiculaire à l'aide d'une solution saline réfrigérée. Dans un second temps, *Shri-Nandhini et al* ont extrapolés les résultats de leur étude in-vitro pour valider une potentielle application clinique de la cryothérapie dans la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique (97).

Tableau 2. Caractéristiques de l'étude ex-vivo de Shri-Nandhini et al

Étude ex-vivo	
Paramètres	Application
Types de dents	20 Prémolaires mandibulaires monoradiculées et monocanalaire
Préparation	Diamètre 30/100 conicité 6%
Irrigation	NaOCl 3 % + EDTA 17 % avec système de pression négative Endovac [®]
Mesure de la température	Thermomètre digital sur les 4mm apicaux
Protocole cryothérapie	Irrigation avec solution saline à 2,5°C pendant 5 min avec Endovac [®]

Tableau 3. Caractéristiques de l'étude in-Vivo de Shri-Nandhini et al

Étude in-vivo	
Paramètres	Application
Patients	40 patients âgés de 20 à 50 ans en bonne santé sans recours à une médication préopératoire
Diagnostic initial	Pulpite irréversible avec tissus apicaux normaux ou pathologie périapicale symptomatique
Types de dents	Prémolaires mandibulaires monoradiculées et monocanalaire
Anesthésie	Lidocaïne 1/80000 en bloc tronculaire
Préparation	Protaper Next X3 diamètre 30/100 conicité 6%
Irrigation finale	NaOCl 3 % + EDTA 17% avec système Endovac [®]
Protocole cryothérapie	Irrigation pendant 5 min avec une solution saline à 2,5°C avec système Endovac [®]
Obturation	Cône de Gutta Perscha de 30/100+ ciment Oxyde de Zinc Eugéno
Évaluation postopératoire	Évaluation à 6h, 12h, 24h, 48h, 4 jours, 7 jours postopératoire à l'aide de l'EVA
Exclusion	Patients présentant des douleurs postopératoires sévères ou usant d'une médication postopératoire

Nous retrouvons dans cette étude les mêmes facteurs de limitation déjà évoqués dans les précédentes études : le faible nombre de patients ainsi que l'absence de distinction des

patients en fonction du diagnostic initial. De plus, les douleurs préopératoires sévères étant un facteur prédictif de douleurs postopératoires, l'exclusion des patients présentant ce type de symptomatologie ou usant de médication postopératoire représente une source de biais potentielle pouvant fausser l'interprétation des résultats.

5.3.2.2.8.2 Résultats

Les résultats de l'étude *ex-vivo* paraissent être en accord avec ceux de l'étude de *Vera et al* (85) montrant une diminution significative et suffisante de la température de la surface radiculaire pour espérer bénéficier, *in-vivo*, des effets physiologiques bénéfiques de la cryothérapie sur les tissus inflammatoires. L'irrigation avec une solution saline réfrigérée à 2,5°C pendant 5 minutes entraînerait une diminution de la température d'au moins 10°C, permettant d'atteindre une température moyenne sur les 4 mm apicaux de 8,7°C chez le groupe expérimental, contre 19,2°C chez le groupe contrôle (irrigation avec une solution saline à température ambiante).

La principale limitation de cette étude est son caractère *ex-vivo* puisque la température moyenne de la surface radiculaire avant irrigation était de 21,1°C, alors que la température physiologique du corps humain avoisine les 37°C. Toutefois, cette étude permet de confirmer les hypothèses concernant la faisabilité et le bénéfice de la cryothérapie en endodontie.

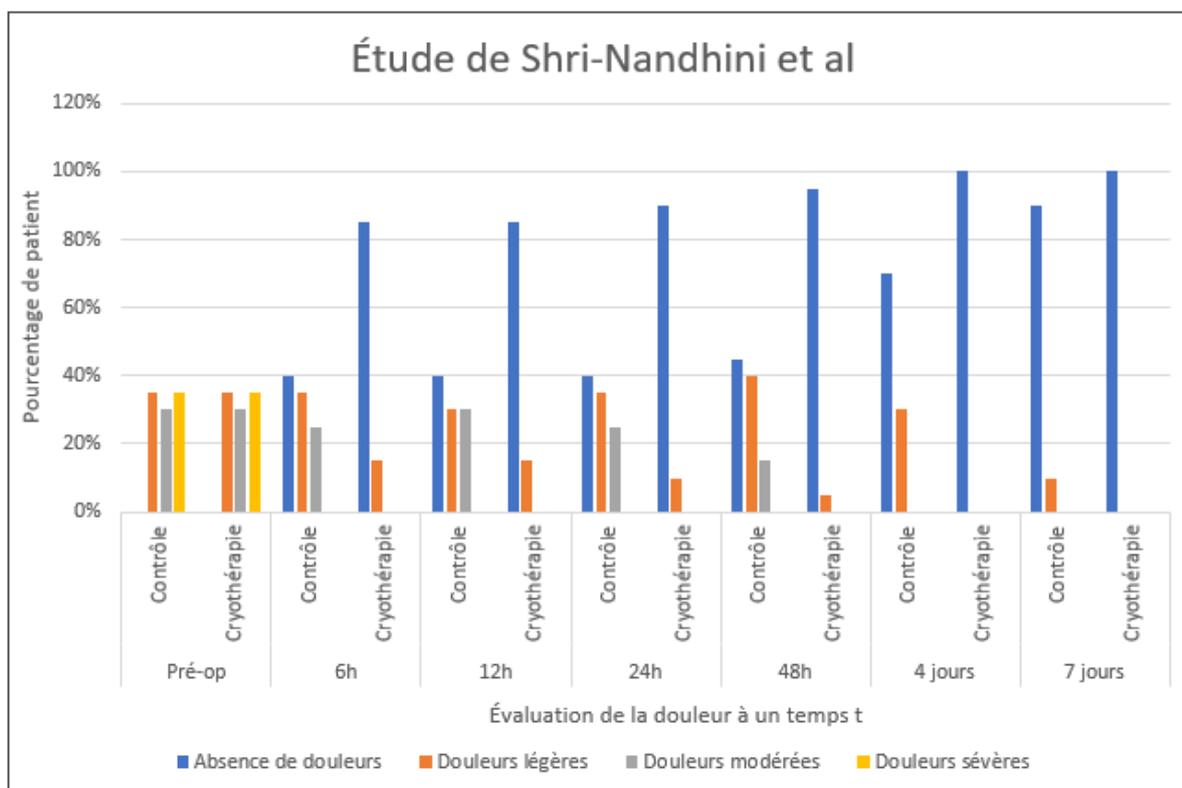


Figure 16. Résultats de l'étude *in-vivo* de Shri-Nandhini et al

Les auteurs ont pu conclure qu'il existe une relation de cause à effet entre le temps et la diminution des douleurs postopératoires, que ce soit pour le groupe expérimental comme pour le groupe témoin. Ainsi, au fur et à mesure que le délai vis-à-vis du traitement endodontique augmente, les douleurs postopératoires diminuent dans les 2 groupes.

L'intensité de la douleur postopératoire n'était pas, pour autant, identique dans les deux groupes. Le groupe expérimental a présenté une réduction significativement plus importante de la douleur postopératoire par rapport au groupe témoin, et ceci quel que soit le moment d'évaluation de la douleur, excepté au septième jour postopératoire.

L'association des études *in-vitro* et *in-vivo* a permis aux auteurs de conclure que la cryothérapie appliquée à l'endodontie permettait une réduction significative de la température de la surface radiculaire, et que cette réduction était assortie d'un affaiblissement significatif des douleurs postopératoires (97).

5.3.2.2.9 Étude de Nandakumar et al

5.3.2.2.9.1 Construction

L'étude menée par *Nandakumar et al* en 2020, même si son objectif reste identique à ceux des études précédentes, présente un protocole d'irrigation différent. Pour évaluer l'efficacité de la cryothérapie dans la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique, les auteurs ont eu recours, non pas à une solution saline réfrigérée, mais directement à une solution d'hypochlorite de sodium réfrigérée (98).

Tableau 4.Caractéristiques de l'étude de Nandakumar et al

Paramètres	Protocole
Patients	64 patients âgés de 18 à 70 ans, en bonne santé, présentant des douleurs modérées à sévères.
Diagnostic initial	Pulpite irréversible ou parodontite apicale aiguë mais sans radioclarité péri-apicale
Type de dents	Prémolaires pluriradiculées et Molaires mandibulaires ou maxillaires
Anesthésie	Anesthésie locale
Préparation	Système ProTaper Gold jusqu'au F3 diamètre 25/100 conicité 6%
Protocole d'irrigation groupe expérimental	Irrigation avec une solution de NaOCl à 3% maintenue entre 2 et 4°C puis solution saline à température ambiante
Technique d'obturation	Condensation latérale à froid dans la même séance
Évaluation postopératoire	Évaluation à 6h, 24h et 48h après la fin du traitement endodontique

L'analyse du protocole de cette étude met en exergue certaines limites : tout d'abord, le nombre de patients à 32 par groupe expérimental, mais également l'absence de distinction entre les patients présentant une pulpite irréversible et ceux présentant une parodontite apicale aiguë, l'absence d'information sur le protocole anesthésique ou sur la prise d'une quelconque médication avant le traitement endodontique. Bien que ces différents éléments soient potentiellement responsables de biais dans l'analyse des résultats et doivent être pris en considération, cette étude est intéressante car, à notre connaissance, elle est la seule à utiliser l'hypochlorite de sodium comme solution réfrigérée.

5.3.2.2.9.2 Résultats

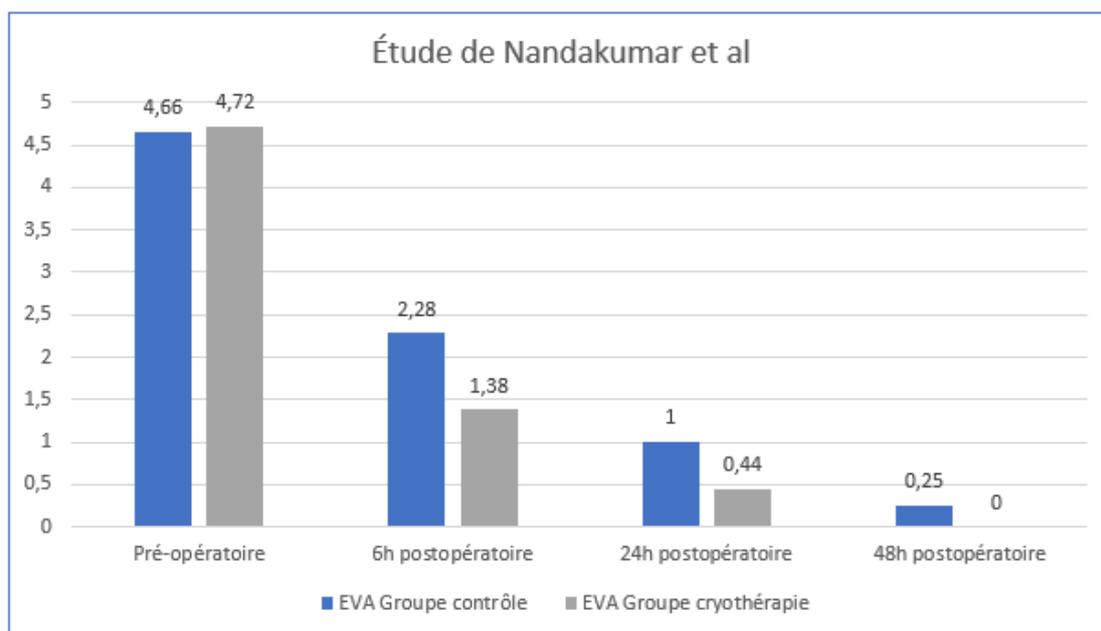


Figure 17. Résultats de l'étude de Nankadumar et al

Ses résultats semblent en accord avec ceux des études citées auparavant : l'application de la cryothérapie en endodontie permettrait une diminution significative des douleurs postopératoires.

Au cours de cette étude, les auteurs ont également pu constater que les patients sujets à la cryothérapie consommaient significativement moins d'analgiques à la suite du traitement endodontique. La cryothérapie permettrait une limitation des douleurs postopératoires à un niveau supportable pour le patient (98).

Les facteurs de limitation de cette étude, auxquels s'ajoutent l'exclusion des patients souffrant de douleurs postopératoires sévères, demeurent un obstacle à l'extrapolation des résultats. De plus, on peut s'interroger sur l'efficacité de l'hypochlorite de sodium refroidi. En effet, le réchauffement de la solution d'hypochlorite de sodium semble optimiser ses propriétés organolytiques et antiseptiques à l'encontre de la bactérie *multirésistante E. faecalis* (99). L'utilisation d'une solution d'hypochlorite de sodium réfrigérée est donc source de paradoxe, car même si cela permettrait une diminution des douleurs postopératoires, la moindre efficacité de la solution vis-à-vis de l'objectif antiseptique inhérent à tout traitement endodontique pourrait représenter un réel obstacle à l'utilisation de l'hypochlorite de sodium à basse température.

5.3.2.3 Conclusion

Les études présentées ci-dessus se sont toutes intéressées à l'application de la cryothérapie pour diminuer l'incidence et la sévérité des douleurs postopératoires à la suite d'un traitement endodontique. L'efficacité de la cryothérapie concernait des dents qui initialement présentaient une pulpite, mais les différents auteurs ont inclus également des dents avec un diagnostic de pulpe vivante associé à des images d'inflammation péri-apicale.

Les protocoles avec lesquels ces études ont été réalisées présentent une certaine hétérogénéité. Malgré ces divergences, toutes ces études semblent s'accorder sur le fait que, l'utilisation de la cryothérapie dans le cadre d'un traitement endodontique chez des patients atteints d'une pulpite irréversible associée à une pathologie des tissus péri-apicaux, serait efficace sur les douleurs postopératoires. En effet, que ce soit au niveau de l'incidence comme au niveau de l'intensité des douleurs postopératoires d'origine endodontique, la cryothérapie permettrait une diminution de ces 2 paramètres.

Alors que l'efficacité de la cryothérapie chez les patients présentant une pathologie péri-apicale semble faire consensus, nous ne pouvons pas en dire autant pour les dents indemnes de pathologie des tissus péri-apicaux.

Bien que certaines études, comme celle de *Al-Nahlawi et al* (91), préconisent l'utilisation de la cryothérapie pour limiter les douleurs postopératoires d'origine endodontique même en l'absence de pathologie péri-apicale. D'autres études, comme celle de *Vieyra et al* (93), ne semblent pas en faveur d'une utilisation de la cryothérapie pour cette indication, car celle-ci ne produirait pas de bénéfice thérapeutique significatif.

Cette divergence entre les études pourrait très probablement s'expliquer par le manque d'harmonisation au niveau des protocoles cliniques ainsi qu'au niveau des critères de sélection des patients, mais aussi par la grande hétérogénéité concernant le nombre de patients inclus dans chaque étude.

L'étude de *Gundogdu et al* (38) a également fait émerger une nouvelle question, puisque même si cette étude est en accord avec les autres concernant la diminution des douleurs postopératoires chez les patients présentant une pathologie péri-apicale, différentes méthodes d'application de la cryothérapie furent utilisées. Dans cette étude où les auteurs ont eu recours à 3 méthodes d'applications différentes pour la cryothérapie (intra-canaulaire ; intraoral et extraoral), les résultats ne semblent pas indiquer de différence significative d'efficacité entre les différentes méthodes. Même si des études complémentaires seraient nécessaires pour confirmer ces résultats, l'effcience des différentes techniques reste à comparer sans certitude que la méthode intra-canaulaire soit la plus simple à mettre en œuvre.

Concernant l'aspect temporel, comme semble le confirmer la revue de littérature de *Sadaf D et al*, les différentes études semblent s'accorder sur l'efficacité précoce de la cryothérapie en postopératoire. En d'autres termes, les preuves scientifiques semblent soutenir que la cryothérapie présenterait un bénéfice thérapeutique uniquement dans les 24h suivant le traitement endodontique et non à 48 ou 72h post-traitement (75).

5.4 Cryothérapie et pathologie de la pulpe nécrosée

Selon certains auteurs, la nécrose pulpaire et les pathologies périapicales seraient une des conditions favorisant l'apparition de douleurs postopératoires après un traitement endodontique. La cryothérapie semblerait être une thérapeutique efficace pour préserver le patient des douleurs postopératoires et de leurs conséquences négatives (6).

L'efficacité de la cryothérapie dans la réduction des douleurs postopératoires chez les patients présentant des dents nécrosées et atteintes de parodontite apicale symptomatique a été réalisée par *Vera et al* en 2018 (6). Cette étude a été réalisée avec des patients présentant des douleurs préopératoires sévères.

5.4.1 Construction de l'étude de *Vera et al*

Tableau 5. Paramètres de l'étude de *Vera et al* (6)

Paramètres / Études	<i>Vera et al</i>
Patients	186 patients âgés de 18 à 60 ans
Statut pulpaire / Péri-apicale	Nécrose pulpaire avec parodontite apicale symptomatique
Type de dents	Dents monoradiculées monocanaliaires
Douleurs préopératoires	EVA > 7/10
Nombre de séances	Obturation en 2 séances
Protocole d'irrigation	NaOCl 5,25% + EDTA 17% + activation US
Protocole cryothérapie	20 ml de solution saline à 2,5°C administré avec Endovac pendant 5min
Méthode d'évaluation de la douleur	EVA à 6, 24 et 72h postopératoire

Dans le but de potentialiser la représentativité de leur étude, *Vera et al* ont donc inclus dans leur étude uniquement les patients présentant un fort risque de présenter des douleurs postopératoires. Ainsi, seuls les patients présentant une dent nécrosée avec une pathologie péri-apicale symptomatique et des douleurs préopératoires sévères ont pu participer à cette étude.

5.4.2 Résultats

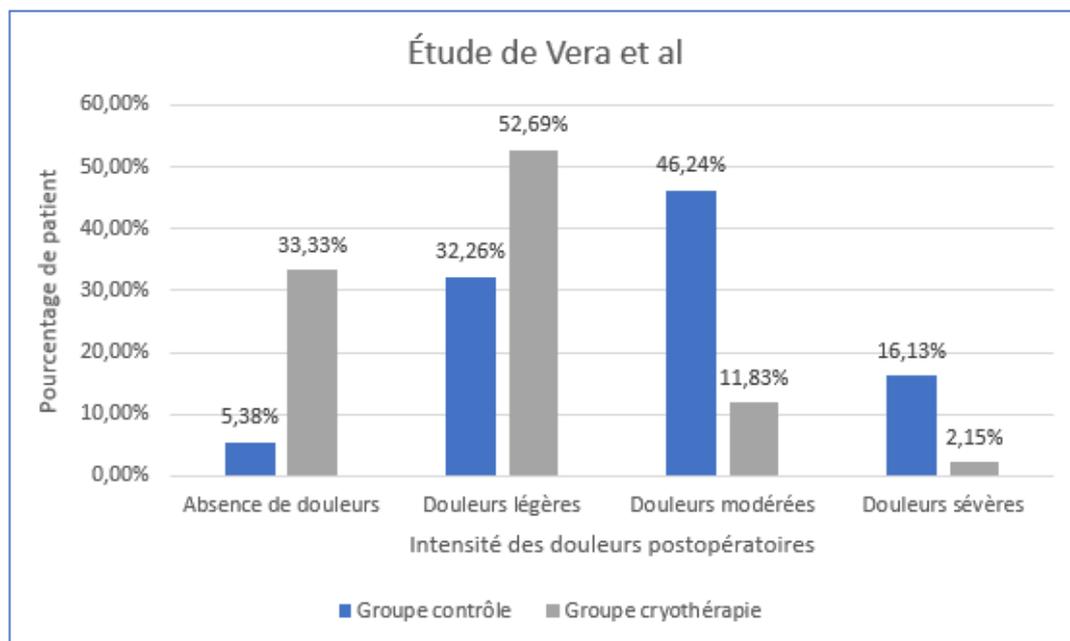


Figure 18. Résultats obtenus par Vera et al à la suite de leur étude

Selon les résultats de cette étude, l'utilisation de la cryothérapie dans la prévention des douleurs postopératoires en endodontie présenterait divers avantages. La cryothérapie permettrait une diminution à la fois de l'incidence et de l'intensité des douleurs postopératoires. En corrélation avec les résultats précédents, cette thérapeutique permettrait une diminution du recours aux antalgiques.

5.4.3 Discussion

Vera et al dans leur étude sur l'efficacité de la cryothérapie dans la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique (6) ne se sont intéressés, à la différence des études cités précédemment, qu'aux dents nécrosés avec une pathologie péri-apicale symptomatique. Cette étude a permis de confirmer les hypothèses émises par les auteurs lors de leur étude sur la diminution de la température de la surface radiculaire au moyen d'une irrigation avec une solution saline réfrigérée (85). Vera et al, lors de cette précédente étude, avait mis en évidence une diminution suffisante de la température de la surface radiculaire pour entraîner un effet anti-inflammatoire local et permettre une diminution de l'inflammation et des douleurs postopératoires après un traitement endodontique.

Les conclusions de l'étude clinique, réalisée *in vivo*, semblent être en accord et confirment les résultats de l'étude précédente réalisée sur des dents *ex-vivo*. Il apparaît que l'utilisation de la cryothérapie, par différents mécanismes physiologiques, s'accompagne d'une diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique.

Les résultats de cette étude ont été analysés et confirmés par celle de Brignardello-Petersen de 2018 (100), dans laquelle l'auteur relève une probabilité de biais peu élevée. Outre, l'analyse des biais potentiels, cette étude a renforcé l'idée selon laquelle la cryothérapie pourrait permettre, sur des dents nécrosées et présentant un diagnostic de parodontite

apicale aiguë, une diminution à la fois de l'intensité, mais aussi de la durée des douleurs postopératoires d'origine endodontique (100).

En concordance avec les études précédentes, la cryothérapie apparaît efficace uniquement dans la période postopératoire précoce, soit dans les 24 heures suivant le traitement endodontique. Au-delà, les groupes contrôles et expérimentaux ne présentent pas de différences significatives concernant l'intensité des douleurs postopératoires (100).

5.5 Cryothérapie durant la thérapeutique endodontique : Synthèse

Plusieurs études se sont intéressées à l'application de la cryothérapie dans la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique.

L'ensemble de ces études expérimentales n'ont pu s'affranchir de tous les biais, pouvant rendre difficile l'interprétation des résultats.

L'impossibilité de réaliser l'étude en double aveugle, doit par exemple être prise en compte. Par la sensation de refroidissement des tissus, les patients exposés à la cryothérapie savaient automatiquement qu'ils appartenaient au groupe expérimental. En ayant cette information, les patients peuvent être soumis à un biais de mesure, provoquant une potentielle surestimation de l'efficacité réelle de la cryothérapie (96).

Un consensus a néanmoins pu se dégager après analyse des résultats des différentes études. La majorité des études semblent s'accorder sur le fait que lors d'un traitement endodontique chez des patients présentant une pathologie péri-apicale symptomatique, la cryothérapie apparaît comme bénéfique dans la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique (37).

Dans le cas d'une pulpite irréversible sans pathologie péri-apicale, l'inflammation est strictement confinée à l'espace canalaire. La pulpectomie, se caractérisant par la suppression de la totalité du tissu inflammatoire, se conclut généralement par une sédation du processus douloureux. Logiquement, l'absence de tissu inflammatoire résiduel permettra naturellement la disparition rapide des symptômes nociceptifs et la cryothérapie semble alors inutile sur les douleurs post-endodontiques dans ce cas précis (37). La cryothérapie semble avoir un intérêt dès lors que le processus inflammatoire déborde dans l'espace péri-apical.

Un autre consensus qui semble ressortir des différentes études est que la cryothérapie n'a d'intérêt en post-opératoire que sur les premières 24 heures. La méta-analyse de *Sadaf D et al* de 2020 montre une diminution significative des douleurs à 6h et 24h postopératoire chez les patients bénéficiant de la cryothérapie. Toutefois, à partir de 48h, la méta-analyse ne retrouve plus de différence significative entre les différents groupes, ne permettant plus de conclure à une efficacité réelle de la cryothérapie au-delà de 24h postopératoire (75).

Un faible nombre d'études ont pris le parti d'analyser le recours à une médication postopératoire. Il apparaît logiquement que la cryothérapie diminuerait non seulement la douleur mais également le recours à une médication postopératoire (75).

À la suite de l'étude de *Vera et al* montrant l'efficacité de la cryothérapie pour la diminution de la température de la surface radiculaire (85), plusieurs auteurs se sont donc intéressés à l'application de la cryothérapie en endodontie. Par leurs études, ces auteurs ont permis de mettre en évidence de multiples bénéfices thérapeutiques.

Malheureusement, plusieurs éléments restent à déterminer comme la température et la durée d'application nécessaire, l'apport du système de pression négative dans cette indication en comparaison à l'irrigation conventionnelle, mais aussi les conséquences sur la réussite à long terme des traitements endodontiques (75).

La revue de littérature et méta analyse de *Monteiro et al*, bien qu'en accord avec tous les points précédents, souligne également la difficulté d'évaluation des biais potentiels du fait du manque d'informations sur les conditions de réalisation des différentes études.

À l'instar des études précédentes, les auteurs arrivent à la conclusion qu'à la suite d'un traitement endodontique, la cryothérapie entraînerait une diminution des douleurs postopératoires sur les premières heures. Un faible niveau de preuve de certains de ces résultats conduit les auteurs à recommander des études complémentaires avec une meilleure définition des conditions de réalisation, afin de confirmer les résultats des études précédentes (101).

Gupta et al en 2021, ont réalisé une méta-analyse et une revue de littérature avec pour objectif de mettre en évidence le rôle de la cryothérapie dans la diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique (102).

Comme pour les études de *Fayyad et al* (37) et de *Monteiro et al* (101), les auteurs en sont venus à la conclusion que la cryothérapie serait associée à une diminution de l'intensité des douleurs à la suite d'un traitement endodontique. Cependant, même si *Gupta et al* ne retrouvent qu'un faible risque de biais dans les études analysées, les auteurs concluent néanmoins que des études complémentaires restent nécessaires pour confirmer l'efficacité de la cryothérapie dans la diminution des douleurs postopératoires à la suite d'une thérapeutique endodontique (102).

6 La Cryothérapie en endodontie chirurgicale : application en postopératoire

6.1 Chirurgie endodontique et cryothérapie

Une fois l'intervention terminée, les suites opératoires courantes sont les douleurs post-opératoires et/ ou les gonflements. Par ailleurs, il n'est pas rare que certains patients soient exposés à un certain nombre de complications pouvant présenter un caractère plus ou moins grave. Un saignement abondant ou ininterrompu ou encore une infection sont quelques-uns des nombreux désagréments potentiels risquant de survenir dans la période postopératoire (103).

Il est aujourd'hui admis que l'information du patient présente un caractère fondamental dans la prévention des séquelles postopératoires. En l'absence d'une information claire et exhaustive, le praticien prend le risque d'exposer son patient à des complications, d'accroître son anxiété et sa perception douloureuse.

Pour se prémunir de toutes complications, le praticien devra fixer avec précision la conduite du patient dans les jours suivant la chirurgie endodontique. Les consignes postopératoires, énoncées oralement et rappelées de manière manuscrite, seront essentielles afin de ne pas perturber la cicatrisation précoce, que ce soient des tissus durs comme des tissus mous adjacents au site d'intervention (103).

6.2 Complications postopératoires

6.2.1 Saignement postopératoire

Dans la majorité des cas après une chirurgie endodontique, la période postopératoire se caractérise par des saignements ponctuels et de faible intensité. Une manifestation hémorragique plus importante nécessitera une réintervention de l'opérateur, car potentiellement liée à la perte des fils de sutures voire à la mobilisation du lambeau (104).

Le goût ainsi que la présence de sang mélangé à la salive pourront renforcer jusqu'à fausser l'impression d'hémorragie perçue par le patient, réaffirmant la nécessité d'une information sur les suites postopératoires (103).

En cas de saignement, une compression locale du lambeau antérieurement et ou postérieurement à la réalisation des points de sutures permettrait de réduire le saignement et devrait donc accompagner chaque microchirurgie (103).

6.2.1.1 Infection postopératoire

L'endodontie chirurgicale répond au même impératif d'antisepsie que l'endodontie conventionnelle. Cependant, l'environnement stérile lors de l'intervention chirurgicale explique la faible incidence des infections postopératoires. L'antibiothérapie préventive, du fait du caractère exceptionnel des infections post chirurgicales, ne se justifie donc pas systématiquement et devra être adaptée au cas par cas (103).

Les infections post-opératoires sont peu fréquentes malgré l'immense diversité du microbiote oral. La résistance tissulaire de la cavité buccale vis-à-vis des microorganismes est le principal facteur expliquant la faible incidence d'épisodes infectieux à la suite d'une chirurgie endodontique (103).

Néanmoins, le non-respect du principe d'asepsie inhérent à l'endodontie, peut occasionner la contamination du site opératoire par des microorganismes exogènes potentiellement nuisibles pouvant se conclure, à terme, par une infection postopératoire.

La gestion des tissus mous a été annoncée comme un facteur déterminant dans la cicatrisation postopératoire, ce que vient confirmer la corrélation entre la qualité des sutures et le risque de survenue d'infection à la suite de l'intervention. L'absence de coaptation correcte au niveau des bords du lambeau peut aboutir à un afflux trop important de microorganismes pour pouvoir être contenu par les défenses de l'hôte. Le déséquilibre entre les microorganismes et les défenses de l'hôte représente un autre facteur pouvant expliquer la survenue d'infection postopératoire (103).

Le microbiote oral étant rarement impliqué dans la survenue d'infection consécutivement à une chirurgie endodontique, la responsabilité du praticien peut donc fréquemment être engagée lors de la manifestation de ce type d'effet indésirable. Le chirurgien doit informer le patient que si une infection postopératoire doit se déclarer, elle surviendra dans un délai de 36 à 48h après la chirurgie (103).

Une infection postopératoire en chirurgie endodontique se manifestera par des symptômes infectieux classiques à savoir : un gonflement et une douleur locale présentant une évolution croissante. D'autres symptômes peuvent s'associer, comme la fièvre ou une lymphadénopathie. Quelques soit le nombre de ces symptômes, ils pourront bien souvent être dissipés par un traitement antibiotique classique à base de pénicilline (103).

6.2.2 Suites postopératoires

6.2.2.1 Gonflement postopératoire

Une intervention chirurgicale ne peut malheureusement pas se dissocier de certains effets secondaires parmi lesquels il est fréquent d'observer une dilatation des tissus portant le nom d'œdème. Cet épaissement tissulaire résultant de la déperdition sanguine dans les tissus environnant et de la réponse inflammatoire occasionnée par l'acte chirurgical sont corrélés à l'importance des dommages tissulaires engendrés par l'intervention (105).

Le volume tissulaire sera en général maximal dans un délai de 48 heures suivant l'intervention. Malgré son caractère physiologique, l'œdème après une intervention de chirurgie endodontique ne prend pas nécessairement des dimensions imposantes puisque plus de la moitié des patients présenteraient des gonflements modérés voire absents (105).

Diverses études se sont intéressées à l'association entre les caractéristiques propres aux individus et la survenue d'œdème postopératoire. Il s'avère que pour beaucoup de ces paramètres, comme l'âge ou le sexe, n'ont pas de lien démontré statistiquement avec le gonflement postopératoire, même si certains auteurs mettent en avant l'existence d'une telle relation (106). À l'inverse certains paramètres semblent plus pertinents : il existerait

une association entre une hygiène orale déficiente et l'augmentation de l'incidence des gonflements postopératoires (105).

La localisation des dents revêt également une importance non négligeable puisque le secteur antérieur maxillaire serait associé à une augmentation de la sévérité des œdèmes postopératoires (106).

Les saignements et gonflements de faibles intensités sont fréquents et font partie des suites normales attribuables à l'intervention de chirurgie endodontique et ne doivent en aucun cas inquiéter le patient comme le praticien (103).

6.2.2.2 Douleurs postopératoires

La douleur est associée au pronostic des chirurgies endodontiques. Il apparaît que le taux de réussite de cet acte chirurgical est inversement proportionnel avec l'augmentation des douleurs préopératoires (107). Toutefois, il convient de rappeler que les douleurs consécutives à une intervention de microchirurgie endodontique ne sont généralement pas intolérables pour les patients (103).

Un acte chirurgical quel qu'il soit est toujours suivi d'une réaction de l'organisme à cette intervention. La douleur ainsi que l'inflammation sont probablement les effets secondaires se manifestant le plus fréquemment à la suite de toute procédure chirurgicale. Il existe un lien de cause à effet entre l'importance du délabrement tissulaire et l'intensité des douleurs postopératoires (105).

6.2.2.2.1 Facteurs associés

6.2.2.2.1.1 Taille de l'ostéotomie

L'évolution de la chirurgie endodontique traditionnelle vers la microchirurgie a entraîné la limitation du délabrement tissulaire (108).

Une diminution de la taille de l'ostéotomie a eu pour conséquence, outre l'accélération de la vitesse de cicatrisation, une atténuation des douleurs postopératoires. Il existe en effet une corrélation entre la taille de l'ostéotomie et l'intensité des douleurs à la suite d'une intervention.

La taille du séquestre osseux est liée au nombre de dents concernées par la chirurgie endodontique ; si l'ostéotomie est étendue, cela occasionnera une exacerbation des douleurs post-chirurgicales (109).

6.2.2.2.1.2 Temporalité des douleurs postopératoires

L'intensité des douleurs postopératoires demeure dépendante du temps. La période pendant laquelle les patients sont confrontés aux douleurs les plus intenses correspond aux 48h qui suivent l'intervention (109).

Les douleurs post chirurgicales sont en général attendues et précoces. Des douleurs persistantes au-delà de cette période ne seront pas considérées, quant à elles, comme physiologiques ; elles devront faire l'objet d'une recherche étiologique (104).

Malgré des divergences entre les études, il apparaît que l'intensité des douleurs post chirurgicales atteint son paroxysme dans la journée concomitante à l'intervention, et que ces mêmes douleurs commencent à diminuer 24 heures après l'intervention. Plus précisément, il s'avère que, selon le ressenti des patients et conformément aux résultats observés lors de chirurgie de dents de sagesse incluses ou lors de chirurgie implantaire, la douleur atteindrait son niveau maximal à six heures postopératoires (105).

Par la suite, les douleurs présenteraient une atténuation pouvant être qualifiée d'importante au début, pour ensuite poursuivre une décroissance progressive, jusqu'à disparaître au bout de six à sept jours (110).

À la suite d'une intervention de chirurgie endodontique, la période postopératoire immédiate se caractérise donc par des douleurs qui nécessitent généralement la prise d'antalgiques. Même si, dans les jours qui suivent, la douleur post-opératoire et la consommation de médicaments diminuent, le praticien a l'obligation d'informer le patient de la survenue potentielle de ce type de douleurs (110).

6.2.2.2.1.3 Gestion des tissus mous

Il existe une relation de cause à effet entre le type de lambeau et l'apparition de douleurs post-opératoires. Un lambeau de forme trapézoïdale serait associé à une exacerbation de ces douleurs (109).

La coaptation des berges du lambeau à la suite de l'intervention présente également une importance non négligeable. En présence de hiatus ou d'une adaptation inadéquate du lambeau, l'exposition plus importante du site opératoire aux bactéries de l'écosystème buccal, augmente la susceptibilité aux infections et par conséquent aux douleurs postopératoires (103).

Une gestion optimale des tissus mous permet une optimisation du processus de cicatrisation, et donc, potentiellement, des douleurs postopératoires moins fréquentes et moins longues (111).

6.2.2.2.1.4 Sexe et âge

Bien que certaines études ne semblent pas retrouver de corrélation entre le sexe et l'incidence ou la sévérité des douleurs postopératoires (110) (109), d'autres retrouvent une corrélation entre l'âge, le sexe et les douleurs postopératoires (106). Les femmes ainsi que les patients jeunes seraient plus susceptibles de développer des douleurs aggravées à la suite d'une intervention de chirurgie endodontique (106). L'existence d'une corrélation entre le sexe et l'intensité des douleurs postopératoires semble cohérent avec les conclusions d'études portant sur d'autres chirurgies : cette association entre le sexe féminin et des douleurs plus sévères a bien été rapportée (106).

6.2.2.2.1.5 Hygiène orale

Dans tous les domaines de la dentisterie, l'hygiène bucco-dentaire revêt un caractère fondamental, et la chirurgie endodontique ne fait pas exception à cette règle. À la suite de

l'intervention, une hygiène orale de qualité serait associée à une diminution plus importante des douleurs postopératoires (109).

La motivation à l'hygiène bucco-dentaire avant et après l'intervention ne doit pas être négligée par le praticien et doit faire partie intégrante du traitement. Les patients se présentant le jour de l'opération avec une hygiène bucco-dentaire satisfaisante seraient soumis à des douleurs postopératoires d'intensité moindre (112). Le praticien devra s'assurer avant l'intervention que les méthodes d'hygiène orale sont maîtrisées afin d'assurer au patient un minimum d'inconfort à la suite de l'intervention.

6.2.2.2.1.6 Symptomatologie préopératoire

La douleur après chirurgie endodontique serait corrélée à celle ressentie en préopératoire. La présence de douleur avant la chirurgie serait un des facteurs prédictifs de la survenue de douleurs postopératoires (105). Toutefois, cette association fait débat dans la littérature car son existence n'a pas été démontrée dans toutes les études (109).

Cependant, l'absence de consensus ne nous permet pas d'exclure une potentielle relation entre douleurs préopératoires et douleurs postopératoires, particulièrement chez les patients souffrant d'une infection aiguë dans la période préopératoire (110).

6.2.3 Application de la cryothérapie à la chirurgie

6.2.3.1 Application à la chirurgie orale

La cryothérapie est utilisée depuis de nombreuses années dans divers domaines de la médecine. La chirurgie orale et plus spécifiquement, les avulsions de dents de sagesse incluses, ne font pas exception et il est commun de recommander au patient une application de froid dans les heures suivant l'intervention. Afin d'identifier les bénéfices inhérents à la cryothérapie dans le cadre d'avulsion de dents de sagesse incluses, diverses études se sont intéressées à cette pratique.

Laureano Filho et al (113) ont réalisé une étude en 2005 chez des patients présentant des dents de sagesse incluses et nécessitant une avulsion. Un côté a été choisi aléatoirement pour bénéficier d'une application de froid à la suite de l'extraction.

Les résultats ont permis de conclure que, le recours à la cryothérapie dans la période postopératoire permettait de diminuer l'intensité des complications postopératoires que sont la douleur et le gonflement. La cryothérapie n'a cependant montré aucun effet vis-à-vis du trismus pouvant se manifester à la suite de l'intervention.

Les résultats de cette étude montrent que la cryothérapie semble être un moyen simple et peu coûteux pour améliorer le confort post-opératoire des patients bénéficiant d'une avulsion de dent de sagesse incluse (113).

6.2.3.2 Application à la chirurgie endodontique

Pour limiter l'incidence et la sévérité des suites postopératoires telles que les douleurs ou les gonflements, des consignes simples peuvent être prescrites aux patients. L'arrêt ou du moins la réduction du tabagisme, l'éviction de toute source de chaleur du site opératoire, le

maintien d'une hygiène bucco-dentaire optimale au moyen d'un matériel adapté font parties des recommandations à donner au patient et qui sont relativement simples à mettre en œuvre.

L'application en douceur d'une poche de glace en regard du site opératoire, que nous pouvons assimiler à de la cryothérapie, représente une thérapeutique simple et efficace pour réduire le risque de complications postopératoires. Une application intermittente n'excédant pas 20 minutes peut ainsi être recommandée au patient, notamment dans le but de réduire les douleurs postopératoires (104).

La cryothérapie, en provoquant l'abaissement de la température tissulaire, est à l'origine d'une vasoconstriction. La réduction de la circulation sanguine permet un effet bénéfique vis-à-vis des douleurs postopératoires.

L'effet rebond, associé aux vasoconstricteurs contenus au sein des solutions anesthésiques, est souvent à l'origine de douleurs après chirurgie endodontique. L'effet rebond, pouvant survenir après disparition des effets de la solution anesthésique, correspond à une perception augmentée de la symptomatologie par rapport à celle perçue avant l'administration de la solution anesthésique (114). En perturbant le flux sanguin et en s'opposant à l'effet rebond lié à l'arrêt de la vasoconstriction locale, la cryothérapie représente donc une aide non négligeable dans la gestion des douleurs consécutives à une chirurgie endodontique (37).

L'application d'une poche de glace, plus communément utilisée et recommandée a posteriori de l'extraction d'une dent de sagesse, peut et doit être recommandée dans le cadre des soins postopératoires faisant suite à une chirurgie endodontique (115).

La chirurgie péri-apicale présente de nombreux points communs avec les traitements endodontiques conventionnels, et parmi ceux-ci, nous retrouvons le caractère précoce des douleurs postopératoires. La précocité des douleurs postopératoires fait écho à la précocité des effets bénéfiques inhérents à la cryothérapie. Ainsi, les recommandations pourront consister en une application intermittente sur la première journée suivant l'intervention (115).

Pour plus de précision, l'application de froid en regard du site opératoire ne devra en aucun cas concerner la totalité de la journée suivant l'intervention. Une application d'une durée supérieure à 8 heures représente un obstacle au processus de cicatrisation. Cet obstacle n'est en réalité que la conséquence d'une perturbation prolongée de la circulation sanguine. La vasoconstriction induite par la cryothérapie s'opposera à la réaction inflammatoire qui, après plusieurs heures, sera nécessaire aux tissus pour initier leurs cicatrisations (103).

Gutman dans son étude sur les soins postérieurs à une chirurgie endodontique, confirment l'efficacité d'une application intermittente dans les heures suivant le traitement chirurgical. Le caractère préjudiciable d'une application continue est également mis en avant, car là où une application intermittente entraînera une vasoconstriction, une application continue déclenche des mécanismes physiologiques différents. Ces seconds mécanismes aboutissent à une augmentation du flux sanguin et donc à une potentialisation de l'effet rebond (103).

La chirurgie endodontique, à l'inverse des traitements endodontiques conventionnels, a recours depuis bon nombre d'années à la cryothérapie dans le cadre des soins

postopératoires. Plus facile à mettre en œuvre dans le cadre de la chirurgie, la cryothérapie grâce au processus physiologique qu'elle induit permet une limitation non seulement de l'intensité des douleurs postopératoires, mais également des suites postopératoires au sens large.

Le confort du patient, non seulement au cours de l'acte chirurgical, mais également durant la période postopératoire, demeure une préoccupation constante des praticiens. La cryothérapie, par son efficacité et par sa simplicité de mise en œuvre, doit faire partie intégrante du traitement afin de favoriser le bien être du patient.

7 Perspectives

7.1 La cryothérapie : une alternative thérapeutique

Encore aujourd'hui, et malgré l'amélioration constante de l'instrumentation associée à cette discipline, l'endodontie est assimilée par les patients à la douleur (38). Au fil du temps, diverses solutions furent expérimentées dans le but de réduire les douleurs à la suite d'un traitement endodontique. Bien que les anti-inflammatoires non stéroïdiens semblent avoir montré une certaine efficacité dans cette indication, la fréquence des effets indésirables associée à cette classe médicamenteuse a poussé la recherche vers d'autres méthodes alternatives (6).

La cryothérapie, bien qu'utilisée depuis de nombreuses années dans différents domaines de la médecine, a récemment trouvé une potentielle application dans la limitation des douleurs postopératoires d'origine endodontique. Dans cette optique, différentes études ont réussi à montrer que la cryothérapie, par ses conséquences sur le métabolisme, permettrait une diminution significative de l'intensité des douleurs postopératoires immédiates liées au traitement endodontique (75).

Par un amoindrissement de la sévérité des douleurs postopératoires, la cryothérapie permet également de répondre à un objectif, toujours plus croissant, de limitation du recours aux médicaments analgésiques (75).

Récemment, une étude a entrepris de comparer l'efficacité de différentes techniques pour une diminution des douleurs postopératoires d'origine endodontique. Il en est ressorti que, malgré la différence de processus métaboliques en cause, les AINS et la cryothérapie semblent aussi efficaces pour réduire l'intensité des symptômes douloureux à la suite d'un traitement endodontique initial, sur des molaires présentant un diagnostic de parodontite apicale aiguë (116). La cryothérapie, ne possédant pas les effets indésirables associés à l'utilisation de cette classe médicamenteuse, pourrait donc représenter une meilleure thérapeutique antalgique pour limiter les douleurs postopératoires.

L'irrigation avec une solution saline réfrigérée au cours du traitement endodontique permettrait de réduire les douleurs postopératoires précoces, particulièrement chez les patients présentant une parodontite apicale symptomatique. L'avantage de l'utilisation de la cryothérapie dans cette indication est double : elle réduit les symptômes post-opératoires et évite les effets indésirables inhérents aux Anti Inflammatoires Non Stéroïdiens. Il reste néanmoins nécessaire de s'interroger sur la réelle innocuité de la cryothérapie dans le domaine de l'endodontie.

7.2 La cryothérapie : un facteur de risque pour l'organe dentaire

Parmi les différents tissus qui composent l'organe dentaire, la dentine représente celui qui occupe le volume le plus important. Dans le passé, différentes expériences ont permis de mettre en évidence que les propriétés mécaniques de la dentine sont modifiées par les changements de température. De ce constat, *Keskin C et al* en 2019 se sont intéressés aux effets que pouvait avoir une irrigation avec une solution saline réfrigérée sur les propriétés mécaniques de la dentine (117).

Pour comprendre l'effet que peut avoir une irrigation avec une solution saline à 2,5°C il est nécessaire de prendre en compte la structure de l'organe dentaire. L'absence d'interposition d'émail entre la solution réfrigérée et la dentine, ainsi que la différence de géométrie des tubulis dentinaires entre la surface externe et la surface interne, sont deux facteurs pouvant favoriser une exacerbation du stress thermique. Les auteurs concluent que la cryothérapie endocanalaire au cours du traitement endodontique diminue de manière significative la résistance à la fracture verticale de l'organe dentaire (117).

Néanmoins, même si la température corporelle fut simulée au cours de l'étude, il n'en demeure pas moins que cela ne correspond pas aux conditions réelles d'utilisation. Le fait de ne pas connaître l'âge des dents utilisées, facteur pourtant essentiel car influençant la résistance à la fracture, représente un biais non négligeable pouvant fausser l'interprétation des résultats (117).

Même si les résultats de cette étude sont insuffisants pour certifier une association entre la cryothérapie intra-canalaire et une augmentation du risque de fracture de l'organe dentaire, des études complémentaires sont nécessaires pour renseigner la balance bénéfice risque associée à ce type de thérapeutique.

7.3 La cryothérapie à l'heure du Covid-19

Étant donné les résultats observés au cours des différentes études, la cryothérapie pourrait permettre de s'émanciper, ou du moins de réduire, le recours à diverses médications.

Il reste important de garder à l'esprit que les douleurs d'origines dentaires, en raison de leurs intensités et de leurs répercussions sur la qualité de vie, demeurent un motif fréquent d'automédication en l'absence de prise en charge. Il apparaît même que les douleurs dentaires seraient le motif principal de mésusage du paracétamol et des hospitalisations pour intoxication à cet antalgique (118).

Les AINS peuvent être utilisés pour des douleurs odontologiques, en automédication ou avec une prescription du chirurgien-dentiste.

Bien que moins risqués lorsqu'ils sont utilisés avec les recommandations d'un professionnel de santé, de nombreux risques associés à cette classe médicamenteuse sont à prendre en considération.

Bon nombre de maladies présentent des interactions avec les AINS, parmi lesquelles l'asthme, les ulcères gastro-duodénaux ou encore l'hypertension artérielle non équilibrée. Outre les maladies, certains médicaments sont également sujets à des interactions comme la Warfarine®. Il ne faut pas non plus oublier le risque de malformation foetale chez la femme enceinte (119).

Au début de la pandémie du Covid-19, les AINS ont également été suspectés d'augmenter la susceptibilité des patients à développer des formes graves d'infection au virus. Avec le recul, il semblerait que les AINS ne favorisent ni la transmission du virus, ni les hospitalisations ou les complications respiratoires (120). Toutefois, et même si cette classe médicamenteuse ne semble pas potentialiser les effets du Covid-19, étant donné les nombreuses interactions et effets indésirables associés aux AINS, il demeure nécessaire de limiter leur utilisation.

7.4 Conclusion

La cryothérapie est utilisée depuis des centaines pour ne pas dire des milliers d'années. Elle trouve aujourd'hui une application dans divers domaines de l'endodontie. Bien qu'utilisée depuis plusieurs années dans le cadre de la chirurgie endodontique, ce n'est que récemment que la cryothérapie a trouvé une application au sein des traitements endodontiques conventionnels.

Au vu des résultats des différentes études qui ont traité du sujet, il semblerait que le recours à la cryothérapie sous différentes formes soit intéressant en endodontie : par application intraorale pour améliorer l'efficacité de l'anesthésie des molaires mandibulaires présentant une pulpite irréversible ; ou par l'irrigation endocanalaire avec une solution saline réfrigérée pour réduire les douleurs postopératoires précoces d'origine endodontique, chez des patients présentant une pathologie péri-apicale symptomatique. Néanmoins, divers points nécessitent davantage de précision comme la durée ou la méthode d'irrigation.

La cryothérapie par son historique ne peut être considérée comme une thérapeutique récente. Pour autant, les nouvelles applications envisagées dans le domaine en pleine révolution de l'endodontie, nous permettent de supposer que cette thérapeutique, pourtant ancestrale, peut et pourra encore être source d'innovation dans les prochaines années.

8 Bibliographie

1. Elizabeth A. Smith, J. Gordon Marshall, Shelley S. Selph, Dale R. Barker, Christine M. Sedgley. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs for managing postoperative endodontic pain in patients who present with preoperative pain: a systematic review and meta-analysis [Internet]. Vol. 43, Journal of endodontics. J Endod; 2017 [cité 11 oct 2020].
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239916306148?via%3Dihub>
2. Wong M, Lytle WR. A comparison of anxiety levels associated with root canal therapy and oral surgery treatment. J Endod. sept 1991;17(9):461-5.
3. Pain prevalence and severity before, during, and after root canal treatment: A Systematic Review | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. [cité 3 oct 2020]. Disponible sur:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0099239911000094?token=2CB6A3057EE86F2CAEC928ED189911CEAF47310F404408942E704D4B3326B174D819069BA6B71FDF776C566E9ECF9D37>
4. Topçuoğlu HS, Arslan H, Topçuoğlu G, Demirbuga S. The effect of cryotherapy application on the success rate of inferior alveolar nerve block in patients with symptomatic irreversible pulpitis. J Endod. août 2019;45(8):965-9.
5. Aggarwal V, Singla M, Rizvi A, Miglani S. Comparative evaluation of local infiltration of articaine, articaine plus ketorolac, and dexamethasone on anesthetic efficacy of inferior alveolar nerve block with lidocaine in patients with irreversible pulpitis. J Endod. 1 avr 2011;37(4):445-9.
6. Vera J, Ochoa J, Romero M, Vazquez-Carcaño M, Ramos-Gregorio CO, Aguilar RR, et al. Intracanal cryotherapy reduces postoperative pain in teeth with symptomatic apical periodontitis: a randomized multicenter clinical trial. J Endod. janv 2018;44(1):4-8.
7. Hargreaves K, Abbott PV. Drugs for pain management in dentistry. Aust Dent J. 2005;50(s2):S14-22.
8. Graham DJ, Campen D, Hui R, Spence M, Cheetham C, Levy G, et al. Risk of acute myocardial infarction and sudden cardiac death in patients treated with cyclo-oxygenase 2 selective and non-selective non-steroidal anti-inflammatory drugs: nested case-control study. Lancet (London) févr 2005;365(9458):475-81.
9. Peuhkuri, Nevala, Vapaatalo, Moilanen, Korpela. Ibuprofen augments gastrointestinal symptoms in lactose maldigesters during a lactose tolerance test. Aliment Pharmacol Ther. 1999;13(9):1227-33.
10. Vera J, Ochoa-Rivera J, Vazquez-Carcano M, Romero M, Arias A, Sleiman P. Effect of intracanal cryotherapy on reducing root surface temperature | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. [cité 8 oct 2020]. Disponible sur:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0099239915007505?token=39F62037CFCBE6BCB1064F08446ADA5C7A2F546BFC04BB2389DEEECB3FB65100A830BBF4EE316A73A5D4F1C360771D6>
11. Keskin C, Özdemir Ö, Uzun İ, Güler B. Effect of intracanal cryotherapy on pain after single-visit root canal treatment. Aust Endod J août 2017;43(2):83-8.
12. Khan J, Zusman T, Wang Q, Eliav E. Acute and chronic pain in orofacial trauma patients. J Endod. déc 2019;45(12S):S28-38.
13. F B, Descroix V, Boucher Y. Prévention et traitement de la douleur postopératoire en endodontie. Réal Clin 1 janv 2011;22:269-76.

14. Boucher Y (coordinateur). Les douleurs aiguës : prévenir et traiter. *Réalités Cliniques mars* 2021;32(1):1-79
15. Bae Y-C, Yoshida A. Morphological foundations of pain processing in dental pulp. *J Oral Sci.* 2020;62(2):126-30.
16. Y Sharav, E Leviner, A Tzukert, PA McGrath. The spatial distribution, intensity, and unpleasantness of acute dental pain. *Pain.* 1 déc 1984;20(4):363-70.
17. Baldé S. Les Urgences et la douleur en odontologie: prise en charge dans un service hospitalier d'odontologie évaluation statistique. 1983;150. Disponible sur: https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01732333/file/SCDPHA_TD_2007_BALDE_SAFIA.pdf
18. Bender IB. Pulpal pain diagnosis —a review. *J Endod.* 1 mars 2000;26(3):175-9.
19. Descroix V, Serrie A. Douleurs Orofaciales - Reuil Malmaison. Arnette / Editions CdP. 2013.
20. Dr Moussaïf D. Les névralgies faciales [Internet]. *Neuro Tanger.* 2020 [cité 21 nov 2021]. Disponible sur: <https://neurotanger.com/les-nevralgies-faciales/>
21. Sacerdote P, Levrini L. Peripheral mechanisms of dental pain: the role of substance P. *Mediators Inflamm.* 2012;2012:1-6.
22. Dallel R, Villanueva L, Woda A, Voisin D. Neurobiologie de la douleur trigéminal. *Med Sci mai* 2003;19(5):567-74.
23. Nadler SF, Weingand K, Kruse RJ. The physiologic basis and clinical applications of cryotherapy and thermotherapy for the pain practitioner. *painphysicianjournal.com* 2004;7(3):6.
24. Moayed M, Davis KD. Theories of pain: from specificity to gate control. *J Neurophysiol.* janv 2013;109(1):5-12.
25. Wikilivres. Neurosciences La douleur et la perception de la température — [Internet]. [cité 6 déc 2020]. Disponible sur: https://fr.wikibooks.org/wiki/Neurosciences/La_douleur_et_la_perception_de_la_temp%C3%A9rature
26. Simon S, Pertot PM Willy. Endodontie - Reuil Malmaison - Editions CdP. Initiatives Sante; 2012.
27. Zahran S, Witherden E, Mannocci F, Koller G. Characterization of root canal microbiota in teeth diagnosed with irreversible pulpitis. *J Endod.* mars 2021;47(3):415-23.
28. López-Marcos JF. Aetiology, classification and pathogenesis of pulp and periapical disease. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2004; 9 (Suppl.) : 58-62; 52-7.
29. Simon S. L'endodontie de A à Z Traitement et retraitement. Malakoff. CdP; 2018.
30. Machtou P. Etanchéité apicale versus étanchéité coronaire. *Réalités cliniques* 2004 Vol 1; 15:14.
31. Fowler S, Reader A. Is a volume of 3.6 mL better than 1.8 mL for inferior alveolar nerve blocks in patients with symptomatic irreversible pulpitis? *J Endod.* août 2013;39(8):970-2.
32. Afblum.be. Neurone et influx nerveux. [Internet]. [cité 13 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.afblum.be/bioafb/neurone/neurone.htm>
33. Hargreaves KM, Keiser K. Local anesthetic failure in endodontics: *Endod Top.* 2002;1(1):26-39.

34. Siqueira JF, Rôças IN, Favieri A, Machado AG, Gahyva SM, Oliveira JCM, et al. Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. *J Endod.* juin 2002;28(6):457-60.
35. Sadaf D, Ahmad MZ. Factors associated with postoperative pain in endodontic therapy. *Int J Biomed Sci.* déc 2014;10(4):243-7.
36. Mahmoud Torebinejad, James D. Kettering, James C. McGraw, Raleigh R. Cummings, Thomas G. Dwyer, and Timothy S. Tobias, Factors associated with endodontic interappointment emergencies of teeth with necrotic pulps. *J Endod.* janv 1988;14(5):261-6.
37. Fayyad DM, Abdelsalam N, Hashem N. Cryotherapy: a new paradigm of treatment in endodontics. *J Endod.* juill 2020;46(7):936-42.
38. Gundogdu EC, Arslan H. Effects of various cryotherapy applications on postoperative pain in molar teeth with symptomatic apical periodontitis: a preliminary randomized prospective clinical trial. *J Endod.* mars 2018;44(3):349-54.
39. Lewis C. A review of non-invasive treatment interventions for spinal deformities [Internet]. 2012 [cité 14 nov 2021]. Disponible sur: <https://openresearchlibrary.org/content/2d6d22d4-d464-48dd-a569-64a575393600>
40. Gage AA. Cryosurgical Societies: A historical note. *Cryobiology.* juin 1989;26(3):302-5.
41. Modabber A, Rana M, Ghassemi A, Gerressen M, Gellrich N-C, Hölzle F, et al. Three-dimensional evaluation of postoperative swelling in treatment of zygomatic bone fractures using two different cooling therapy methods: a randomized, observer-blind, prospective study. *Trials.* juill 2013;14(1):238.
42. Glass GE, Waterhouse N, Shakib K. Hilotherapy for the management of perioperative pain and swelling in facial surgery: a systematic review and meta-analysis. *Br J Oral Maxillofac Surg.* oct 2016;54(8):851-6.
43. Bouzigon R, Grappe F, Ravier G, Dugue B. Whole- and partial-body cryostimulation/cryotherapy: current technologies and practical applications. *J Therm Biol.* oct 2016;61:67-81.
44. Fernandes IA, Armond ACV, Falci SGM. The effectiveness of the cold therapy (cryotherapy) in the management of inflammatory parameters after removal of mandibular third molars: a meta-analysis. *Int Arch Otorhinolaryngol.* avr 2019;23(2):221-8.
45. Koteeswaran V, Ballal S, Natanasabapathy V, Kowsky D. Efficacy of Endo-Ice followed by intrapulpal ice application as an adjunct to inferior alveolar nerve block in patients with symptomatic irreversible pulpitis-a randomized controlled trial. *Clin Oral Investig.* sept 2019;23(9):3501-7.
46. Meeusen R, Lievens P. The use of cryotherapy in sports injuries. *Sports Med.* nov 1986;3(6):398-414.
47. Bleakley C, McDonough S, MacAuley D. The use of ice in the treatment of acute soft-tissue injury: a systematic review of randomized controlled trials. *Am J Sports Med* [Internet]. août 2017 [cité 21 oct 2020]; Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0363546503260757>
48. Swenson C, Swärd L, Karlsson J. Cryotherapy in sports medicine. *Scand J Med Sci Sports.* 1996;6(4):193-200.

49. Guillot X, Tordi N, Mourot L, Demougeot C, Dugué B, Prati C, et al. Cryotherapy in inflammatory rheumatic diseases: a systematic review. *Expert Rev Clin Immunol*. févr 2014;10(2):281-94.
50. Chughtai M, Sodhi N, Jawad M, Newman JM, Khlopa A, Bhave A, et al. Cryotherapy treatment after unicompartmental and total knee arthroplasty: a review. *J Arthroplasty*. déc 2017;32(12):3822-32.
51. Rymaszewska J, Ramsey D, Chładzińska-Kiejna S. Whole-body cryotherapy as adjunct treatment of depressive and anxiety disorders. *Arch Immunol Ther Exp (Warsz)*. févr 2008;56(1):63-8.
52. Huttunen P, Kokko L, Ylijokuri V. Winter swimming improves general well-being: *International Journal of Circumpolar Health*: Vol 63, No 2 [Internet]. [cité 23 oct 2020]. Disponible sur: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3402/ijch.v63i2.17700>
53. Kim H-J, An J-W, Lee Y, Shin Y-S. The effects of cryotherapy on perineal pain after childbirth: a systematic review and meta-analysis. *Midwifery*. 1 oct 2020;89:102788.
54. Mahmoudi H, Ghodsi SZ, Tavakolpour S, Daneshpazhooh M. Cryotherapy plus oral zinc sulfate versus cryotherapy plus placebo to treat common warts: a double blind, randomized, placebo-controlled trial. *Int J Womens Dermatol*. juin 2018;4(2):87-90.
55. O'Boyle CP, Shayan-Arani H, Hamada MW. Intralesional cryotherapy for hypertrophic scars and keloids: a review: *Scars Burns Heal* [Internet]. avr 2017 [cité 24 oct 2020]; Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2059513117702162>
56. Beech AN, Haworth S, Knevil GJ. Effect of a domiciliary facial cooling system on generic quality of life after removal of mandibular third molars. *Br J Oral Maxillofac Surg*. mai 2018;56(4):315-21.
57. John SS, Mohanty S, Chaudhary Z, Sharma P, Kumari S, Verma A. Comparative evaluation of low level laser therapy and cryotherapy in pain control and wound healing following orthodontic tooth extraction: a double blind study. *J Cranio-Maxillo-fac Surg*. mars 2020;48(3):251-60.
58. Larsen MK, Kofod T, Starch-Jensen T. Therapeutic efficacy of cryotherapy on facial swelling, pain, trismus and quality of life after surgical removal of mandibular third molars: a systematic review. *J Oral Rehabil*. juin 2019;46(6):563-73.
59. Bastian H, Sørholm B, Marker P, Eckerdal A. Comparative study of pain control by cryotherapy of exposed bone following extraction of wisdom teeth. *J Oral Sci*. sept 1998;40(3):109-13.
60. Cho H, Lynham AJ, Hsu E. Postoperative interventions to reduce inflammatory complications after third molar surgery: review of the current evidence. *Aust Dent J*. 2017;62(4):412-9.
61. Rosenberg PA. Clinical strategies for managing endodontic pain. *Endod Top*. nov 2002;3(1):78-92.
62. Topical ice: A precursor to palatal injections. *J Endod*. janv 1989;15(1):27-8.
63. Jalali S, Moradi Majd N, Torabi S, Habibi M, Homayouni H, Mohammadi N. The effect of acupuncture on the success of inferior alveolar nerve block for teeth with symptomatic irreversible pulpitis: a triple-blind randomized clinical trial. *J Endod*. sept 2015;41(9):1397-402.
64. Aggarwal V, Singla M, Miglani S, Kohli S, Singh S. Comparative evaluation of 1.8 mL and 3.6 mL of 2% Lidocaine with 1:200,000 Epinephrine for inferior alveolar nerve block in patients with irreversible pulpitis: a prospective, randomized single-blind study. *J Endod*. juin 2012;38(6):753-6.

65. Comparison of the anesthetic efficacy of mepivacaine and lidocaine in patients with irreversible pulpitis: a double-blind randomized clinical trial. *J Endod.* sept 2016;42(9):1314-9.
66. Shahi S, Rahimi S, Yavari HR, Ghasemi N, Ahmadi F. Success rate of 3 injection methods with articaine for mandibular first molars with symptomatic irreversible pulpitis: a consort randomized double-blind clinical trial. *J Endod.* oct 2018;44(10):1462-6.
67. Kung J, McDonagh M, Sedgley CM. Does articaine provide an advantage over lidocaine in patients with symptomatic irreversible pulpitis? A systematic review and meta-analysis. *J Endod.* nov 2015;41(11):1784-94.
68. Caviedes-Bucheli J, Rojas P, Escalona M, Estrada A, Sandoval C, Rivero C, et al. The effect of different vasoconstrictors and local anesthetic solutions on substance P expression in human dental pulp. *J Endod.* mai 2009;35(5):631-3.
69. Shantiaee Y, Javaheri S, Movahhedian A, Eslami S, Dianat O. Efficacy of preoperative ibuprofen and meloxicam on the success rate of inferior alveolar nerve block for teeth with irreversible pulpitis. *Int Dent J.* avr 2017;67(2):85-90.
70. Noguera-Gonzalez D, Cerda-Cristerna BI, Chavarria-Bolaños D, Flores-Reyes H, Pozos-Guillen A. Efficacy of preoperative ibuprofen on the success of inferior alveolar nerve block in patients with symptomatic irreversible pulpitis: a randomized clinical trial. *Int Endod J.* 2013;46(11):1056-62.
71. Oleson M, Drum M, Reader A, Nusstein J, Beck M. Effect of preoperative ibuprofen on the success of the inferior alveolar nerve block in patients with irreversible pulpitis. *J Endod.* mars 010;36(3):379-82.
72. Li C, Yang X, Ma X, Li L, Shi Z. Preoperative oral nonsteroidal anti-inflammatory drugs for the success of the inferior alveolar nerve block in irreversible pulpitis treatment: a systematic review and meta-analysis based on randomized controlled trials. *Quintessence Int (Berlin)* mars 2012;43:209-19.
73. Brignardello-Petersen R. Cryotherapy may increase the success rate of inferior alveolar nerve block in patients with symptomatic irreversible pulpitis who undergo endodontic treatment. *J Am Dent Assoc.* déc 2019;150(12):e221.
74. Imura N, Zuolo ML. Factors associated with endodontic flare-ups: a prospective study. *Int Endod J.* 1995;28(5):261-5.
75. Sadaf D, Ahmad MZ, Onakpoya IJ. Effectiveness of intracanal cryotherapy in root canal therapy: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Endod.* déc 2020;46(12):1811-1823.e1.
76. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *J Endod.* juill 2010;36(7):1216-21.
77. Arias A, Macorra JC de la, Hidalgo JJ, Azabal M. Predictive models of pain following root canal treatment: a prospective clinical study. *Int Endod J.* 2013;46(8):784-93.
78. Su Y, Wang C, Ye L. Healing rate and post-obturation pain of single- versus multiple-visit endodontic treatment for infected root canals: a systematic review. *J Endod.* févr 2011;37(2):125-32.
79. Hockett JL, Dommisch JK, Johnson JD, Cohenca N. Antimicrobial efficacy of two irrigation techniques in tapered and nontapered canal preparations: an in vitro study. *J Endod.* nov 2008;34(11):1374-7.

80. Genet JM, Wesselink PR, Thoden van Velzen SK. The incidence of preoperative and postoperative pain in endodontic therapy - *Int Endod J* 1986;19(5):221-229
81. Nagendrababu V, Pulikkotil SJ, Jinatongthai P, Veettil SK, Teerawattanapong N, Gutmann JL. Efficacy and safety of oral premedication on pain after nonsurgical root canal treatment: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *J Endod.* avr 2019;45(4):364-71.
82. Jeffrey IWM, Lawrenson B, Saunders EM, Longbottom C. Dentinal temperature transients caused by exposure to CO2 laser irradiation and possible pulpal damage. *J Dent.* févr 1990;18(1):31-6.
83. Xu T, Tay FR, Gutmann JL, Fan B, Fan W, Huang Z, et al. Micro-computed tomography assessment of apical accessory canal morphologies. *J Endod.* mai 2016;42(5):798-802.
84. MCGOWN HL. Effects of cold application on maximal isometric contraction. *Phys Ther.* mars 1967;47(3):185-92.
85. Vera J, Ochoa-Rivera J, Vazquez-Carcaño M, Romero M, Arias A, Sleiman P. Effect of intracanal cryotherapy on reducing root surface temperature. *J Endod.* nov 2015;41(11):1884-7.
86. Parente JM, Loushine RJ, Susin L, Gu L, Looney SW, Weller RN, et al. Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *Int Endod J.* 2010;43(11):1001-12.
87. Gurucharan I, Karthikeyan BS, Mahalaxmi S. Intracanal cryotherapy in endodontics. *Aust Endod J.* 2017;43(3):138-9.
88. Nielsen BA, Craig Baumgartner J. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod.* mai 2007;33(5):611-5.
89. Bahcall J, Johnson B, Xie Q, Baker M, Weeks S. How vital pulp cryotherapy can be used in the endodontic practice | *Endodontic Practice US* [Internet]. <https://endopracticeus.com>. [cité 13 mai 2021]. Disponible sur: <https://endopracticeus.com/introduction-to-vital-pulp-cryotherapy>
90. Bazaid DS, Kenawi LMM. The effect of intracanal cryotherapy in reducing postoperative pain in patients with irreversible pulpitis: a randomized control trial. *Int J Health Sci.* 2018;(2):6.
91. Al-Nahlawi T, Hatab TA, Alrazak MA, Al-Abdullah A. Effect of intracanal cryotherapy and negative irrigation technique on postendodontic pain. *J Contemp Dent Pract.* déc 2016;17(12):990-6.
92. Jain A, Davis D, Bahuguna R, Agrawal A, Singh S, Ramachandran R, et al. Role of cryotherapy in reducing postoperative pain in patients with irreversible pulpitis; an in-vivo study. *International Journal Dental and Medical Sciences Research (IJDMRS)* - ISSN : 2393-073X - Volume 2 issue 10 Oct 2018.
93. Vieyra JP, J Enriquez FJ, Acosta FO, Guardado JA. Reduction of postendodontic pain after one-visit root canal treatment using three irrigating regimens with different temperature. *Niger J Clin Pract.* janv 2019;22(1):34-40.
94. Alharthi AA, Aljoudi MH, Almaliki MN, Almalki MA, Sunbul MA. Effect of intra-canal cryotherapy on post-endodontic pain in single-visit RCT: A randomized controlled trial. *Saudi Dent J.* 1 juill 2019;31(3):330-5.
95. Yadav DSS. Evaluation of postoperative pain after various cryotherapy applications in teeth with chronic irreversible pulpitis : an *in vivo* study.. *Int J Med Sci Diagn Res* [Internet]. 28 févr 2020 [cité 13 mai 2021];4(2). Disponible sur: <http://www.ijmsdr.com/index.php/ijmsdr/article/view/533>

96. Sadaf D. Limited quality evidence suggests that application of cryotherapy may be helpful in reducing postoperative pain in root canal therapy in patients with symptomatic apical periodontitis. *J Evid-Based Dent Pract.* juin 2019;19(2):195-7.
97. Shri Nandhini Devi. Effect of cold saline solution as final irrigant on post operative pain after single visit root canal treatment: an in vivo study - Google Scholar [Internet]. [cité 8 mai 2021]. Disponible sur: http://repository-tnmgrmu.ac.in/9941/1/240402318shri_nandhini_devi.pdf
98. Nandakumar M, Nasim I. Effect of intracanal cryotreated sodium hypochlorite on postoperative pain after root canal treatment - A randomized controlled clinical trial. *J Conserv Dent.* 2020;23(2):131-6.
99. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod.* sept 2005;31(9):669-71.
100. Brignardello-Petersen R. Cold irrigation results in less severe pain after root canal treatment than conventional irrigation in teeth with symptomatic apical periodontitis, but the difference may be negligible after the first day. *J Am Dent Assoc.* févr 2018;149(2):e48.
101. Monteiro LPB, Guerreiro MYR, de Castro Valino R, Magno MB, Maia LC, da Silva Brandão JM. Effect of intracanal cryotherapy application on postoperative endodontic pain: a systematic review and metaanalysis. *Clin Oral Investig.* janv 2021;25(1):23-35.
102. Gupta A, Aggarwal V, Gurawa A, Mehta N, Abraham D, Singh A, et al. Effect of intracanal cryotherapy on postendodontic pain: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Dent Anesth Pain Med.* févr 2021;21(1):15-27.
103. Gutmann JL. Surgical endodontics: post-surgical care. *Endod Top.* 2005;11(1):196-205.
104. Chong BS, Rhodes JS. Endodontic surgery. *Br Dent J.* mars 2014;216(6):281-90.
105. García B, Larrazábal-Morón C, Penarrocha-Diago M, Penarrocha M. Pain and swelling in periapical surgery. A literature update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* déc 2008;13:E726-9.
106. Iqbal MK, Kratchman SI, Guess GM, Karabucak B, Kim S. Microscopic periradicular surgery: perioperative predictors for postoperative clinical outcomes and quality of life assessment. *J Endod.* mars 2007;33(3):239-44.
107. Chan S, Glickman GN, Woodmansey KF, He J. Retrospective analysis of root-end microsurgery outcomes in a postgraduate program in endodontics using calcium silicate-based cements as root-end filling materials. *J Endod.* mars 2020;46(3):345-51.
108. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod.* juill 2006;32(7):601-23.
109. Penarrocha M, Garcia B, Marti E, Balaguer J. Pain and inflammation after periapical surgery in 60 patients. *J Oral Maxillofac Surg.* mars 2006;64(3):429-33.
110. Seymour RA, Meechan JG, Blair GS. Postoperative pain after apicoectomy. A clinical investigation. *Int Endod J.* sept 1986;19(5):242-7.
111. Velvart P, Peters CI, Peters OA. Soft tissue management: suturing and wound closure. *Endod Top.* 2005;11(1):179-95.
112. García B, Penarrocha M, Martí E, Gay-Escodad C, von Arx T. Pain and swelling after periapical surgery related to oral hygiene and smoking. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* août 2007;104(2):271-6.

113. Laureano Filho JR, de Oliveira e Silva ED, Batista CI, Gouveia FMV. The influence of cryotherapy on reduction of swelling, pain and trismus after third-molar extraction: a preliminary study. *J Am Dent Assoc.* juin 2005;136(6):774-8; quiz 807.
114. Dr. Johan Aps. Les raisons de l'échec de l'anesthésie locale]. *Dental Tribune Belgium (French)*. Disponible sur: <https://www.dental-tribune.com/e-paper/dental-tribune-editions/dt-belgium-french/dt-belgium-french-no-3-2021/>
115. Mansoor J. Pre- and postoperative management techniques. Part 3: before and after - endodontic surgery. *Br Dent J.* mars 2015;218(6):333-5.
116. Akpinar KE, Kaya F. Effect of different clinical practices on postoperative pain in permanent mandibular molar teeth with symptomatic apical periodontitis: a randomized controlled clinical trial. *Niger J Clin Pract.* janv 2021;24(1):8.
117. Keskin C, Sariyilmaz E, Keleş A, Güler DH. Effect of intracanal cryotherapy on the fracture resistance of endodontically treated teeth. *Acta Odontol Scand.* mars 2019;77(2):164-7.
118. Siddique I, Mahmood H, Mohammed-Ali R. Paracetamol overdose secondary to dental pain: a case series. *Br Dent J.* sept 2015;219(6):E6.
119. Crighton AJ, McCann CT, Todd EJ, Brown AJ. Safe use of paracetamol and high-dose NSAID analgesia in dentistry during the COVID-19 pandemic. *Br Dent J.* juill 2020;229(1):15-8.
120. Robb CT, Goepf M, Rossi AG, Yao C. Non-steroidal anti-inflammatory drugs, prostaglandins, and COVID-19. *Br J Pharmacol.* nov 2020;177(21):4899-920.

9 Liste des illustrations

Figure 1. Unité Neuro-Vasculaire d'après Yves Boucher (14)	17
Figure 2. Les territoires sensitifs du nerf trijumeau d'après Moussaïf D (20).....	19
Figure 3. Organisation du complexe sensitif du trijumeau et de ses connexions d'après Dallel R et al (22)	20
Figure 4. Le Gate Control d'après Moayedi M et al (24)	22
Figure 5. Le cycle douleur-spasme-douleur d'après Nadler SF et al (23).....	24
Figure 6. Représentation schématique des changements susceptibles d'affecter les neurones nociceptifs après lésion nerveuse périphérique. A. Neurone sain. B. Neurone lésé d'après Simon S et al (26)	25
Figure 7. Échanges ioniques au travers de la membrane d'une cellule nerveuses à l'origine d'une dépolarisation d'après le site de l'afblum (32)	29
Figure 8. Propagation du potentiel d'action et donc de l'influx nerveux le long de la membrane d'un neurone d'après le site de l'afblum (32).....	29
Figure 9. Résultats obtenus par Keskin et al dans leur étude.....	58
Figure 10. Résultats obtenus par Bazaid et al dans leur étude	59
Figure 11. Résultats obtenus par Al-Nahlawi et al dans leur étude	60
Figure 12. Résultats de l'étude de Jain et al	61
Figure 13. Résultats de l'étude de Vieyra et al	62
Figure 14. Graphique issue de l'étude de Alharthi et al montrant la moyenne des résultats du niveau de douleur post endodontique (94)	63
Figure 15. Histogramme présentant la douleur pré et postopératoire moyenne ressentis par les différents groupes de patients inclus dans l'étude de Gundogdu et al	64
Figure 16. Résultats de l'étude in-vivo de Shri-Nandhini et al.....	66
Figure 17. Résultats de l'étude de Nankadumar et al	68
Figure 18. Résultats obtenus par Vera et al à la suite de leur étude.....	71

10 Liste des tableaux

Tableau 1. Les différents paramètres inhérents aux études concernant l'utilisation de la cryothérapie sur les pulpes initialement vitales	57
Tableau 2. Caractéristiques de l'étude ex-vivo de Shri-Nandhini et al.....	65
Tableau 3. Caractéristiques de l'étude in-Vivo de Shri-Nandhini et al.....	65
Tableau 4. Caractéristiques de l'étude de Nandakumar et al.....	67
Tableau 5. Paramètres de l'étude de Vera et al (6)	70

HADDAD (Mathieu). – La cryothérapie en endodontie : données actuelles. – XX f. ; ill. ; tabl. ; 120 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2022)

RÉSUMÉ

La cryothérapie, utilisée en médecine depuis l'antiquité, fait partie des thérapeutiques complémentaires couramment recommandées en chirurgie buccale pour prévenir œdèmes et douleurs post-opératoires. Récemment, l'intérêt pour la cryothérapie s'est étendu à l'endodontie, en tant qu'adjuvant possible du traitement endodontique conventionnel.

Les douleurs endodontiques, que ce soit en peropératoire en l'absence de silence opératoire ou en postopératoire, sont encore trop fréquentes malgré des efforts constants pour améliorer la prise en charge de la douleur. Le praticien peut alors rencontrer des difficultés pour achever la thérapeutique endodontique ; les patients ont fréquemment recours à diverses médications avec possibilité d'effets indésirables.

Ce travail met en lumière les effets de la cryothérapie sur le message nociceptif, évalue les modalités de mise en œuvre et son indication en endodontie. Même si les études demeurent rares à l'heure actuelle, la cryothérapie pourrait donc représenter une solution complémentaire dans la gestion de la douleur en endodontie.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Odontologie-Endodontie

MOTS CLÉS MESH

Endodontie - Endodontics

Cryothérapie – Cryotherapy

Douleur post-opératoire – Pain, postoperative

Traitement de canal radiculaire – Root canal therapy

Gestion de la douleur – Pain management

JURY

Président : Professeur Pérez F.

Assesseur : Docteur Chaux A.

Assesseur : Docteur Guillemin M.

Directeur Docteur Enkel B.

Co-Directeur : Docteur Remaud M.