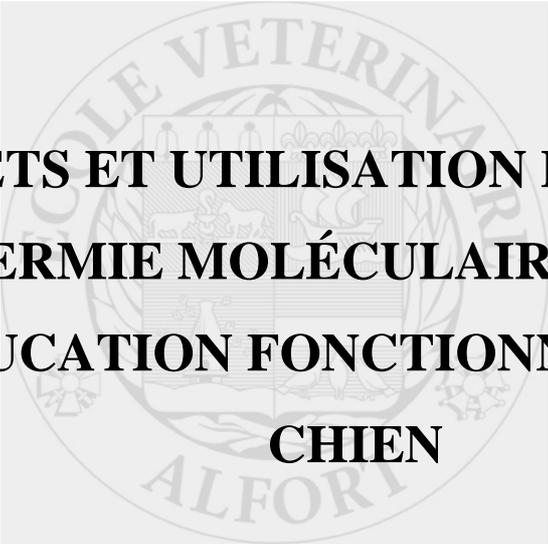


Année 2011



**INTÉRÊTS ET UTILISATION PRATIQUE DE
L'HYPERTHERMIE MOLÉCULAIRE À MICRO-ONDES
EN RÉÉDUCATION FONCTIONNELLE CHEZ LE
CHIEN**

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

Le 15 Septembre 2011

par

Marie-Claire PETIT

Née le 16 Mai 1986 à Lille (Nord)

JURY

Président : M.

Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL

Membres

Directeur : Monsieur Dominique Grandjean

Professeur à l'ENVA

Assesseur : Monsieur Pierre Moissonnier

Professeur à l'ENVA

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur MIALOT Jean-Paul
Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard
Professeurs honoraires: MM. BRUGERE Henri, BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, CLERC Bernard, CRESPEAU François, DEPUTTE Bertrand
LE BARS Henri, MOUTHON Gilbert, MILHAUD Guy, POUCHELON Jean-Louis, ROZIER Jacques,

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : Mme COMBRISSEON Hélène, Professeur - Adjoint : Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

| | |
|--|---|
| <p>- UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur M. DEGUEURCE Christophe, Professeur Mme ROBERT Céline, Maître de conférences M. CHATEAU Henry, Maître de conférences*</p> <p>- UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur* M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur M. FREYBURGER Ludovic, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE Mme COMBRISSEON Hélène, Professeur* M. TIRET Laurent, Maître de conférences Mme STORCK-PILOT Fanny, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur M. TISSIER Renaud, Maître de conférences* M. PERROT Sébastien, Maître de conférences</p> | <p>-UNITE D'HISTOLOGIE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur * Mme BERNEX Florence, Maître de conférences Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences M. REYES GOMEZ Edouard, Maître de conférences contractuel</p> <p>- UNITE DE VIROLOGIE M. ELOIT Marc, Professeur * Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET MOLECULAIRE M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur Mme ABITBOL Marie, Maître de conférences*</p> <p>- UNITE DE BIOCHIMIE M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences* M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences</p> <p>- DISCIPLINE : ANGLAIS Mme CONAN Muriel, Professeur certifié</p> <p>- DISCIPLINE : EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE M. PHILIPS, Professeur certifié</p> |
|--|---|

DEPARTEMENT D'ELEVAGE ET DE PATHOLOGIE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES (DEPEC)

Chef du département : M. POLACK Bruno, Maître de conférences - Adjoint : M. BLOT Stéphane, Professeur

| | |
|--|--|
| <p>- UNITE DE MEDECINE Mme CHETBOUL Valérie, Professeur M. BLOT Stéphane, Professeur* M. ROSENBERG Charles, Maître de conférences Mme MAUREY-GUENEC Christelle, Maître de conférences Mme BENCHEKROUN Ghita, Maître de conférences contractuel</p> <p>- UNITE DE CLINIQUE EQUINE M. DENOIX Jean-Marie, Professeur M. AUDIGIE Fabrice, Professeur* Mme GIRAUDET Aude, Praticien hospitalier Mlle CHRISTMANN Undine, Maître de conférences Mme MESPOULHES-RIVIERE Céline, Maître de conférences contractuel Mme PRADIER Sophie, Maître de conférences contractuel Melle DUPAYS Anne-Gaëlle, Maître de conférences contractuel</p> <p>- UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences* M. REMY Dominique, Maître de conférences (rattaché au DPASP) M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences Mme CONSTANT Fabienne, Maître de conférences (rattachée au DPASP) Mme MASSE-MOREL Gaëlle, Maître de conférences contractuel (rattachée au DPASP) M. MAUFFRE Vincent, Maître de conférences contractuel (rattaché au DPASP)</p> <p>- DISCIPLINE : URGENCE SOINS INTENSIFS Mme Françoise ROUX, Maître de conférences</p> | <p>- UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE M. FAYOLLE Pascal, Professeur * M. MOISSONNIER Pierre, Professeur M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences M. NIEBAUER Gert, Professeur contractuel Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Maître de conférences Mme RAVARY-PLUMIOEN Bérange, Maître de conférences (rattachée au DPASP) M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences</p> <p>- UNITE D'IMAGERIE MEDICALE M. LABRUYERE Julien, Professeur contractuel Mme STAMBOULI Fouzia, Praticien hospitalier</p> <p>- DISCIPLINE : OPHTALMOLOGIE Mme CHAHORY Sabine, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES M. CHERMETTE René, Professeur * M. POLACK Bruno, Maître de conférences M. GUILLOT Jacques, Professeur Mme MARIENAC Geneviève, Maître de conférences M. HUBERT Blaise, Praticien hospitalier M. BLAGA Radu Gheorghe, Maître de conférences contractuel (rattaché au DPASP)</p> <p>- UNITE DE MEDECINE DE L'ELEVAGE ET DU SPORT M. GRANDJEAN Dominique, Professeur * Mme YAGUIYAN-COLLIARD Laurence, Maître de conférences contractuel</p> <p>- DISCIPLINE : NUTRITION-ALIMENTATION M. PARAGON Bernard, Professeur</p> |
|--|--|

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES ET DE LA SANTE PUBLIQUE (DPASP)

Chef du département : M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences - Adjoint : Mme DUFOUR Barbara, Professeur

| | |
|--|--|
| <p>- UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES M. BENET Jean-Jacques, Professeur* Mme HADDAD/HOANG-XUAN Nadia, Professeur Mme DUFOUR Barbara, Professeur Melle PRAUD Anne, Maître de conférences contractuel</p> <p>- UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE M. BOLNOT François, Maître de conférences * M. CARLIER Vincent, Professeur Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences</p> <p>- DISCIPLINE : BIostatISTIQUES M. DESQUILBET Loïc, Maître de conférences contractuel</p> | <p>- UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE M. COURREAU Jean-François, Professeur M. BOSSE Philippe, Professeur Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur* Mme LEROY Isabelle, Maître de conférences M. ARNE Pascal, Maître de conférences M. PONTER Andrew, Professeur</p> <p>- UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences * Mme BRUGERE-PICOUX Jeanne, Professeur (rattachée au DSBP) M. ADJOU Karim, Maître de conférences M. BELBIS Guillaume, Maître de conférences contractuel</p> |
|--|--|

* Responsable de l'Unité

REMERCIEMENTS

Au Professeur de la faculté de Médecine de Créteil, qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommage respectueux.

A Monsieur le Docteur Grandjean Dominique,
Professeur en Alimentation à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort et responsable de l'Unité de Médecine de l'Elevage et du Sport, qui a accepté la direction de cette thèse et qui m'a permis de découvrir de nombreuses facettes de mon métier.

Profonde gratitude.

A Monsieur le Docteur Moissonnier Pierre,
Professeur en Pathologie chirurgicale à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, qui a accepté de participer au jury de thèse.

Sincères remerciements.

Au Docteur Aknine de la société Biohermatics, qui nous a prêté l'appareil d'hyperthermie moléculaire,

A Artem, sans qui je n'aurais pas pu réaliser cette thèse,

A Delphine, pour ses conseils et son écoute,

Et à tous ceux et celles qui ont une place dans ma vie et dans mon cœur.

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| Index des figures | 5 |
| Index des photos..... | 6 |
| Index des tableaux..... | 7 |
| INTRODUCTION | 10 |
| Première Partie : L'hyperthermie : définition, principe, et utilisations décrites. | 11 |
| I. Qu'est ce que l'hyperthermie ?..... | 11 |
| A. Principe général (31) | 11 |
| B. Les différents modes de transfert thermique (31) | 11 |
| 1. La convection | 11 |
| 2. La conduction | 12 |
| 3. Le rayonnement | 12 |
| C. Les différents modes d'obtention d'hyperthermie..... | 13 |
| 1. Hyperthermie générale (31)..... | 13 |
| 2. Hyperthermie locale..... | 14 |
| II. L'équipement d'hyperthermie moléculaire à micro-ondes | 23 |
| A. Définition des micro-ondes (18)(34)..... | 23 |
| B. Principes de fonctionnement (18)(34) | 24 |
| C. Innocuité de la machine..... | 25 |
| D. Règlementation..... | 26 |
| III. Actions de l'hyperthermie moléculaire liées aux micro-ondes | 27 |
| A. Interactions entre les micro-ondes et les tissus | 27 |
| 1. Effets thermiques des micro-ondes. | 27 |
| 2. Effets non thermiques des micro-ondes..... | 27 |
| B. Répartition de la chaleur lors d'application de l'hyperthermie par micro-ondes. 28 | |
| 1. Etude théorique de la répartition de la chaleur | 28 |
| 2. Mise en évidence expérimentale | 29 |
| 3. Influence de la longueur d'onde..... | 31 |
| C. Effets physiologiques de l'hyperthermie moléculaire | 31 |
| 1. Effets vasculaires | 31 |
| 2. Effets au niveau des échanges membranaires | 32 |
| 3. Effets cellulaires | 32 |
| 4. Action sur le collagène..... | 33 |
| 5. Action sur la cellule cancéreuse | 33 |
| D. Autres actions de l'hyperthermie moléculaire..... | 33 |
| 1. Sur les pneumothorax spontanés | 33 |

| | | |
|-----|---|----|
| 2. | Sur les glaucomes..... | 34 |
| E. | Contre-indications de l'hyperthermie moléculaire..... | 34 |
| 1. | Inflammation aiguë (31) | 34 |
| 2. | Troubles dermatologiques (31) | 35 |
| 3. | Présence de matériel métallique (31) | 35 |
| 4. | Trouble vasculaire ou cardiaque (31)..... | 35 |
| 5. | Gonades et fœtus | 35 |
| 6. | Croissance (15)..... | 35 |
| 7. | Bilan des contre-indications | 36 |
| IV. | Utilisation de l'hyperthermie en rééducation fonctionnelle | 37 |
| A. | Action antalgique | 37 |
| 1. | Eléments de physiologie de la douleur (2) (4)..... | 37 |
| 2. | Effet de l'hyperthermie sur ces mécanismes douloureux (13)(14)(15) | 40 |
| 3. | Bilan de l'action de l'hyperthermie sur les phénomènes douloureux | 41 |
| B. | Action anti-inflammatoire | 42 |
| 1. | Physiologie de l'inflammation | 42 |
| 2. | Effet de l'hyperthermie moléculaire sur l'inflammation (13) (14)(15) | 42 |
| 3. | Bilan de l'action anti-inflammatoire de l'hyperthermie moléculaire..... | 43 |
| C. | Action de la diathermie sur les muscles..... | 43 |
| 1. | Physiologie du traumatisme musculaire et de la cicatrisation. (3) (10)..... | 43 |
| 2. | Action de l'hyperthermie moléculaire sur le traumatisme musculaire et la cicatrisation (3) (12) (13) (14) (15) (21) | 46 |
| 3. | Bilan de l'indication de l'utilisation de l'hyperthermie sur les traumatismes musculaires. | 48 |
| D. | Action de la diathermie sur les tendons | 49 |
| 1. | Physiologie du traumatisme tendineux et de la cicatrisation..... | 49 |
| 2. | Action de l'hyperthermie moléculaire sur un traumatisme tendineux (1) (12) .. | 49 |
| 3. | Bilan de l'intérêt de l'utilisation de l'hyperthermie moléculaire sur un traumatisme tendineux | 50 |
| E. | Action sur les articulations | 50 |
| 1. | Physiologie de l'articulation..... | 50 |
| 2. | Action de l'hyperthermie sur l'articulation saine ou arthrosique (6) (12) (22) (24) (27) (31)..... | 51 |
| 3. | Bilan de l'action de l'hyperthermie moléculaire sur l'articulation saine et sur l'arthrose | 53 |
| F. | Action sur les os | 54 |
| 1. | Physiologie des l'os et de la cicatrisation osseuse. (26) | 54 |
| 2. | Action de l'hyperthermie sur la cicatrisation osseuse..... | 55 |

| | | |
|---|--|-----|
| 3. | Bilan de l'action de l'hyperthermie moléculaire sur les os..... | 56 |
| Deuxième Partie : Utilisation d'hyperthermie moléculaire sur des cas traités au sein de l'UMES..... | | |
| I. | Objectif de l'étude..... | 57 |
| II. | Matériel et Méthode..... | 57 |
| A. | Description de l'appareil..... | 57 |
| 1. | Composants..... | 57 |
| 2. | Fonctionnement de l'appareil d'hyperthermie moléculaire..... | 58 |
| 3. | Règles de sécurité..... | 58 |
| B. | Méthode d'utilisation..... | 59 |
| 1. | Protocoles proposés par le fabricant..... | 59 |
| 2. | Protocoles utilisés..... | 60 |
| 3. | Méthodes d'évaluations..... | 60 |
| 4. | Application de l'appareil..... | 62 |
| III. | Résultats..... | 65 |
| A. | Caractéristiques des cas traités..... | 65 |
| 1. | Répartition de la population traitée..... | 65 |
| 2. | Affections traités..... | 67 |
| B. | Développement individuel de chaque cas..... | 69 |
| 1. | Traitement des affections musculo tendineuses (5 cas)..... | 69 |
| 2. | Traitement de l'arthrose des hanches (19 cas)..... | 76 |
| 4. | Traitement des autres formes d'arthroses (2 cas)..... | 109 |
| 5. | Traitement post chirurgical de RLCA (2 cas)..... | 112 |
| 6. | Traitement post chirurgical d'exérèse tête col (2 cas)..... | 115 |
| 7. | Bilan des différents protocoles utilisés..... | 119 |
| a) | Arthrose des hanches..... | 119 |
| b) | Tendinites..... | 120 |
| c) | Ruptures musculaires..... | 120 |
| d) | Rupture du ligament croisé antérieur..... | 120 |
| e) | Arthrose du genou..... | 120 |
| f) | Arthrose du coude..... | 121 |
| g) | Exérèse tête col du fémur..... | 121 |
| C. | Synthèse de l'efficacité du traitement des différents cas traités..... | 122 |
| IV. | Discussion..... | 129 |
| A. | Comparabilité des résultats..... | 129 |
| B. | Développement de masses en regard de la région traitée..... | 129 |
| 1. | Développement d'une tumeur maligne sur le chien LASSO..... | 129 |

| | | |
|----|---|------------------------------------|
| 2. | Développement d'une tumeur bénigne chez la chienne ALIA | 130 |
| 3. | Développement d'une masse rétrocedant spontanément dans le cas du chien ELTON..... | 130 |
| 4. | Hypothèses concernant les masses apparues | 130 |
| C. | Limites d'utilisation de l'hyperthermie moléculaire..... | 130 |
| 1. | Disponibilité des propriétaires..... | 130 |
| 2. | Durée globale de la séance | 132 |
| 3. | Calme du chien | 132 |
| | Conclusion | Erreur ! Signet non défini. |
| | Bibliographie | Erreur ! Signet non défini. |

Index des figures

| | |
|--|-----|
| Figure 1 : Représentation schématique des différents modes de transfert thermique..... | 12 |
| Figure 2: Représentation schématique des différentes fréquences et de leur longueur d'ondes | 23 |
| Figure 3 : Schéma représentant un magnétron source : encyclopedia Britanica 2010 | 24 |
| Figure 4 : Illustration de l'influence du tissu adipeux sur la profondeur de pénétration des micro-ondes. Source : (7) | 29 |
| Figure 5 : Répartition de la chaleur en profondeur autour du point traité (a) et avec une couche de 0,5 cm de tissu adipeux (b), avec X la profondeur en centimètre, et Z le périmètre à la surface..... | 30 |
| Figure 6 : Hyperthermie induite en profondeur par une application focale de micro-ondes à 2,45GHz (a) et 915 MHz (b), avec X la profondeur en centimètre, et Z le périmètre à la surface..... | 31 |
| Figure 7 : Contre-indication de l'hyperthermie à onde courte, d'après Shields <i>et al.</i> (33) | 36 |
| Figure 8 : Illustration de l'intégration médullaire, source institut de génomique fonctionnelle (IGF) | 38 |
| Figure 9 : Illustration de l'intégration au niveau des nocirécepteurs, source IGF | 39 |
| Figure 10 : Illustration du rôle des molécules pro-inflammatoire dans la sensation douloureuse, source IGF..... | 40 |
| Figure 11 : Répartition du poids des animaux traités | 66 |
| Figure 12 : Répartition de l'état corporel des animaux traités | 66 |
| Figure 13 : Répartition des âges des chiens traités | 67 |
| Figure 14 : Répartition des affections traitées (<i>RLCA=Rupture du ligament croisé antérieur</i>) | 67 |
| Figure 15 : Répartition des chiens ayant un traitement antalgique | 68 |
| Figure 16 : Répartition de l'efficacité subjective du traitement selon la pathologie | 122 |
| Figure 17 : Répartition des notes d'efficacité du traitement de l'arthrose des hanches..... | 123 |
| Figure 18 : Note d'efficacité du traitement en fonction de l'état corporel. | 124 |
| Figure 19 : Proportion des différentes notes d'état corporel selon la note d'efficacité du traitement, dans le cas d'arthrose des hanches..... | 125 |
| Figure 20 : Proportion de chiens sous AINS en fonction de la note d'efficacité du traitement. | 126 |
| Figure 21 : Proportion de chiens sous AINS en fonction de la note d'efficacité du traitement, pour les cas d'arthrose des hanches | 127 |
| Figure 22 : Note de réussite du traitement en fonction du respect du protocole..... | 128 |
| Figure 23 : Proportion moyenne des séances réalisées à J14 | 131 |
| Figure 24 : Proportion moyenne des séances réalisées à J21 | 131 |

Index des photos

| | |
|--|----|
| Photo 1 : Illustration d'une séance d'hydrothérapie | 14 |
| Photo 2 : Traitement d'un chien par application d'une serviette chaude | 15 |
| Photo 3 : Traitement d'un chien par application de pommade « chauffante »..... | 16 |
| Photo 4 : Traitement d'un chien par application d'un "hot pack" | 17 |
| Photo 5 : Traitement d'un chien par application d'ultrasons | 18 |
| Photo 6 : Traitement d'un chien par application d'infrarouges | 19 |
| Photo 7 : Traitement d'un chien par application d'hyperthermie à micro-ondes | 20 |
| Photo 8 : Application d'hyperthermie moléculaire avec une électrode capacitive | 21 |
| Photo 9 : Application d'hyperthermie moléculaire avec une électrode inductive..... | 21 |
| Photo 10 : L'appareil Algitherm d'hyperthermie moléculaire à micro-ondes | 57 |
| Photo 11 : Application d'hyperthermie à micro-ondes sur les hanches | 62 |
| Photo 12 : Application d'hyperthermie sur les hanches, avec un "hot pack" | 62 |
| Photo 13 : Application d'hyperthermie sur le coude | 63 |
| Photo 14 : Application d'hyperthermie sur le carpe | 63 |
| Photo 15 : Application d'hyperthermie sur le genou | 64 |
| Photo 16 : Application d'hyperthermie sur la jonction lobo-sacrée | 64 |

Index des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau I : Protocoles proposés par le fabricant | 59 |
| Tableau II : Evaluation de la note d'état corporel | 60 |
| Tableau III : Evaluation de la note d'efficacité subjective du traitement | 61 |
| Tableau IV : Répartition des races dans les cas traités | 65 |
| Tableau V : Protocole d'hyperthermie d'Eros | 69 |
| Tableau VI : Répartition des séances pour Eros | 70 |
| Tableau VII : Protocole d'hyperthermie de Rick | 70 |
| Tableau VIII : Répartition des séances pour Rick | 71 |
| Tableau IX : Protocole d'hyperthermie d'Hercule | 72 |
| Tableau X : Répartition des séances pour Hercule | 72 |
| Tableau XI : Protocole d'hyperthermie de Lasso | 73 |
| Tableau XII : Répartition des séances pour Lasso | 74 |
| Tableau XIII : Protocole d'hyperthermie de Deux De Coeur | 74 |
| Tableau XIV : Répartition des séances pour Deux De Cœur | 75 |
| Tableau XV : Protocole d'hyperthermie de Roc | 76 |
| Tableau XVI : Répartition des séances pour Roc | 77 |
| Tableau XVII : Protocole d'hyperthermie de Shan | 77 |
| Tableau XVIII : Répartition des séances pour Shan | 78 |
| Tableau XIX : Protocole d'hyperthermie de Texan | 79 |
| Tableau XX : Répartition des séances pour Texan | 79 |
| Tableau XXI : Protocole d'hyperthermie de Max | 80 |
| Tableau XXII : Répartition des séances pour Max | 81 |
| Tableau XXIII : Protocole d'hyperthermie d'Ire | 81 |
| Tableau XXIV : Protocole d'hyperthermie d'Ottis | 82 |
| Tableau XXV : Répartition des séances pour Ottis | 83 |
| Tableau XXVI : Protocole d'hyperthermie de Daisy | 83 |
| Tableau XXVII : Répartition des séances pour Daisy | 84 |
| Tableau XXVIII : Protocole d'hyperthermie de Lara | 85 |
| Tableau XXIX : Répartition des séances pour Lara | 86 |
| Tableau XXX : Protocole d'hyperthermie de Ryan | 87 |
| Tableau XXXI : Répartition des séances pour Ryan | 87 |
| Tableau XXXII : Protocole d'hyperthermie de Bouba | 88 |
| Tableau XXXIII : Répartition des séances pour Bouba | 89 |
| Tableau XXXIV : Protocole d'hyperthermie d'Alia | 90 |
| Tableau XXXV : Répartition des séances pour Alia | 91 |
| Tableau XXXVI : Protocole d'hyperthermie de Malcom | 91 |
| Tableau XXXVII : Répartition des séances pour Malcom | 92 |
| Tableau XXXVIII : Protocole d'hyperthermie de Spike | 93 |
| Tableau XXXIX : Répartition des séances pour Spike | 93 |
| Tableau XL : Protocole d'hyperthermie de Prince | 94 |
| Tableau XLI : Répartition des séances pour Prince | 95 |
| Tableau XLII : Protocole d'hyperthermie de Portos | 95 |
| Tableau XLIII : Répartition des séances pour Porthos | 96 |
| Tableau XLIV : Protocole d'hyperthermie de Chico | 97 |
| Tableau XLV : Répartition des séances pour Chico | 97 |
| Tableau XLVI : Protocole d'hyperthermie de Ubert | 98 |
| Tableau XLVII : Répartition des séances pour Ubert | 99 |
| Tableau XLVIII : Protocole d'hyperthermie d'Opium | 99 |

| | |
|--|-----|
| Tableau XLIX : Répartition des séances pour Opium | 100 |
| Tableau L : Protocole d'hyperthermie de Susy | 101 |
| Tableau LI : Répartition des séances pour Susy | 102 |
| Tableau LII : Protocole d'hyperthermie de Spike | 103 |
| Tableau LIII : Répartition des séances pour Spike | 104 |
| Tableau LIV : Protocole d'hyperthermie d'Ulna | 104 |
| Tableau LV : Répartition des séances pour Ulna | 105 |
| Tableau LVI : Protocole d'hyperthermie de Clémentine | 106 |
| Tableau LVII : Répartition des séances pour Clémentine | 106 |
| Tableau LVIII : Protocole d'hyperthermie de Sweeti | 107 |
| Tableau LIX : Répartition des séances pour Sweeti | 108 |
| Tableau LX : Protocole d'hyperthermie de Rex | 109 |
| Tableau LXI : Protocole d'hyperthermie de Diane | 110 |
| Tableau LXII : Répartition des séances pour Diane | 111 |
| Tableau LXIII : Protocole d'hyperthermie de Berlioz | 112 |
| Tableau LXIV : Répartition des séances pour Berlioz | 113 |
| Tableau LXV : Protocole d'hyperthermie de Tina | 114 |
| Tableau LXVI : Répartition des séances pour Tina | 114 |
| Tableau LXVII : Protocole d'hyperthermie pour Buddy | 115 |
| Tableau LXVIII : Répartition des séances pour Buddy | 116 |
| Tableau LXIX : Protocole d'hyperthermie pour Elton | 117 |
| Tableau LXX : Répartition des séances pour Elton | 118 |

INTRODUCTION

La rééducation fonctionnelle est une branche de la médecine vétérinaire peu enseignée et encore peu documentée. Pourtant elle a déjà prouvé son efficacité et son intérêt en médecine humaine, où de nouvelles techniques de rééducation fonctionnelle apparaissent régulièrement.

La thermothérapie est une technique courante de rééducation, et les ondes sont utilisées en médecine humaine, que ce soient des micro-ondes, des ondes radio ou des ondes de choc.

La recherche contre le cancer, et les progrès techniques, ont permis la miniaturisation des appareils de diathermie, créant ainsi une machine générant des micro-ondes peu encombrante, permettant ainsi une plus grande diffusion des matériels

Dans le cadre du développement d'un tel appareil, il a été demandé à l'Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport (UMES), et plus particulièrement au service de rééducation fonctionnelle, de tester les applications possibles en rééducation fonctionnelle chez le chien.

Cette thèse se présente en deux parties. Dans une première partie bibliographique, nous aborderons les principes et les applications de l'hyperthermie moléculaire, qu'elle soit à ondes courtes ou à micro-ondes. Puis, dans une deuxième partie expérimentale, nous présenterons les cas traités au sein du service de rééducation fonctionnelle, les résultats obtenus, ainsi qu'une discussion autour de ces résultats.

Première Partie : L'hyperthermie : définition, principe, et utilisations décrites.

I. Qu'est ce que l'hyperthermie ?

A. Principe général (31)

L'hyperthermie peut se définir comme étant l'élévation de la température corporelle au-dessus des normes physiologiques. Ce processus peut avoir lieu naturellement, localement dans le processus de l'inflammation, ou de façon générale lors de fièvre. L'élévation de la température corporelle permet en effet une augmentation du métabolisme, une vasodilatation, et elle accélère les réactions enzymatiques.

L'hyperthermie, qu'elle soit générale ou locale, a depuis toujours été recherchée en thérapeutique. L'application de chaleur locale est sans doute une des pratiques les plus anciennes de la médecine. Les Grecs et les Romains utilisaient la chaleur solaire ou l'application d'argile chaude pour soulager les douleurs dans les stations thermales. Les solariums ont connu un grand engouement, et aujourd'hui encore les enveloppements à l'argile chaude, les massages aux pierres chaudes, ou les divers pansements ou pommades chauffantes sont très utilisées.

L'hyperthermie générale à des fins thérapeutiques a été utilisée dès 1890 par le Dr William B. Cole, cité par Siauve (34). Il avait remarqué que l'injection de bactéries vivantes à des patients atteints par différents cancers provoquait une rémission de ceux-ci, grâce à la forte fièvre que l'injection de ces bactéries engendrait. Aujourd'hui encore, l'utilisation de l'hyperthermie générale est à l'étude, en tant que thérapeutique adjuvante à la chimiothérapie dans certains cas de cancer généralisé.

Cependant, l'utilisation de l'hyperthermie locale est préférée aujourd'hui, car moins douloureuse et plus facile à mettre en place chez les patients.

B. Les différents modes de transfert thermique (31)

Il existe trois modes de transfert thermique : la convection, la conduction, et le rayonnement. La convection est à l'échelle macroscopique, la conduction à l'échelle microscopique. Quant au rayonnement, il n'y a pas de notion d'échelle. Dans ces trois modes, la chaleur échangée va toujours du plus chaud vers le plus froid. La figure 1 ci-dessous représente de façon schématique ces trois modes de transfert thermique.

1. La convection

La convection est un transfert d'énergie qui s'accompagne d'un mouvement de molécules. Elle peut être naturelle, dans ce cas le transfert thermique est responsable du mouvement, ou forcée, et c'est alors le mouvement qui favorise le transfert thermique. C'est par exemple le cas des souffleries utilisées pour réchauffer un animal en hypothermie post opératoire. L'efficacité de ce procédé est modérée.

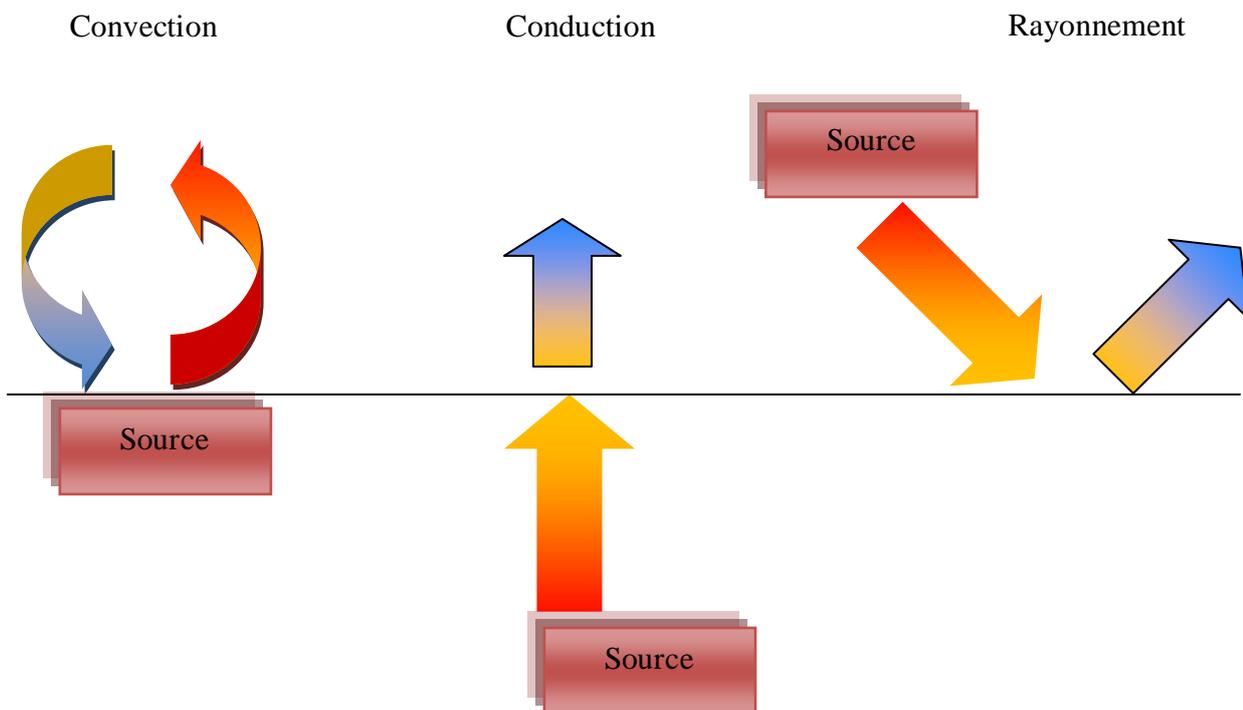
2. La conduction

La conduction est un transfert d'énergie qui a lieu dès que deux corps sont en contact, à condition qu'il y ait une différence de température entre ces deux corps, ce qui crée un gradient thermique. Lors de l'application de chaleur superficielle, il se crée un gradient de température entre la peau et les structures en profondeur. La chaleur est alors transmise par conduction.

3. Le rayonnement

Le rayonnement est un transfert d'énergie par les ondes électromagnétiques. L'énergie solaire est transmise à la terre de cette façon. En médecine vétérinaire, les lampes infrarouges qui sont utilisées reposent sur ce principe. Les micro-ondes et les ultrasons transmettent leur énergie également par rayonnement.

Figure 1: Représentation schématique des différents modes de transfert thermique



C. Les différents modes d'obtention d'hyperthermie

1. Hyperthermie générale (31)

a) Par le sauna

Le but du sauna est de provoquer une hyperthermie corporelle sans faire d'exercice musculaire et de bénéficier des avantages de l'hyperthermie sans avoir à subir de fatigue et sans production des métabolites de l'effort. L'homme peut lutter contre l'augmentation de la température ambiante en éliminant des calories par transpiration. Ce mode de thérapie est dangereux chez les carnivores domestiques, qui régulent moins bien leur température corporelle car ils ne transpirent pas, et sont donc beaucoup plus facilement sujets aux coups de chaleur.

b) Par circulation extra corporelle

Dans cette technique, décrite par Steeve (35) l'hyperthermie est utilisée comme thérapeutique adjuvante lors de chimiothérapie dans des cas de cancer métastasé. Dans la technique classique, l'hyperthermie est obtenue grâce à une circulation extracorporelle, sous anesthésie générale et intubation trachéale, ce qui comporte évidemment de nombreux risques. De plus, cela nécessite un équipement complexe pour obtenir la circulation extracorporelle et surveiller les paramètres vitaux de l'individu.

c) Par chaleur radiante

La chaleur radiante est une technique plus récente, développée à l'université du Wisconsin (35). Elle consiste à soumettre le corps entier du patient à une chaleur radiante, c'est-à-dire une chaleur induite par des rayons infra rouges. Cette technique ne nécessite pas d'anesthésie générale, et peut être réalisée plusieurs fois par semaine.

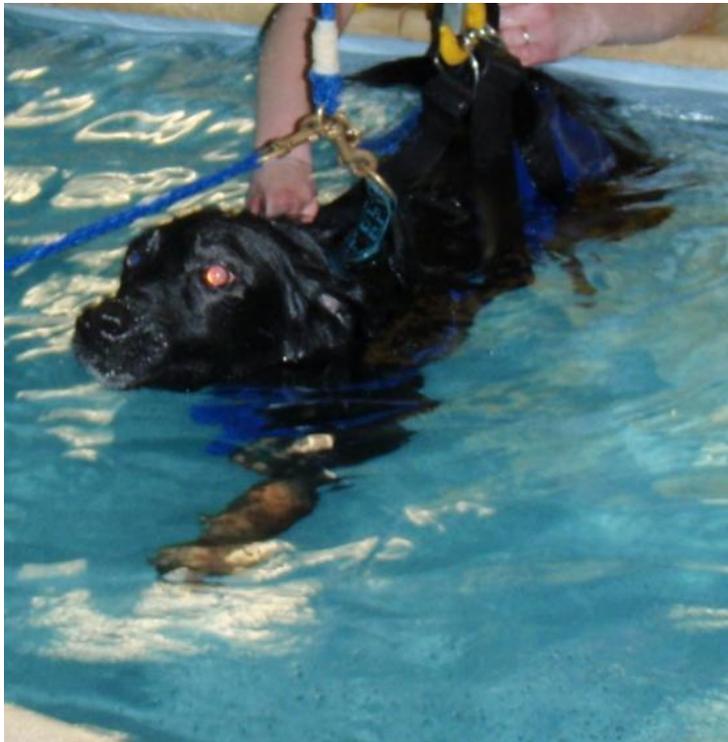
2. Hyperthermie locale

- a) Présentation des différentes modalités existant pour obtenir l'hyperthermie locale. (17), (20), (31), (37)

L'hydrothérapie

L'hydrothérapie permet de chauffer l'ensemble ou une partie du corps. L'objectif est principalement d'obtenir une relaxation musculaire pour faciliter les mobilisations actives ou passives des membres. Il faut néanmoins veiller à ne pas augmenter exagérément la température centrale du chien, car les carnivores régulent mal leur température corporelle. La photo 1 ci-dessous illustre une séance d'hydrothérapie.

Photo 1 : Illustration d'une séance d'hydrothérapie



La serviette chaude

Une serviette humide chauffée soit au four à micro-ondes, soit au bain marie est appliquée sur la zone à traiter. Cette méthode, bien que facile d'emploi, est peu efficace dans la mesure où la serviette emmagasine mal la chaleur. De plus, si la serviette utilisée est trop chaude, elle risque de brûler l'animal. La photo 2 ci-dessous illustre l'application d'une serviette chaude.

Photo 2 : Traitement d'un chien par application d'une serviette chaude



Les pommades « chauffantes »

Les pommades ou lotions « chauffantes » contiennent des composants qui entraînent une élévation de la température de la zone où elles sont appliquées. Elles sont en général composées d'un mélange de phytothérapie. Elles ont ainsi des propriétés toniques, stimulantes et décongestionnantes. Chez l'animal, la présence de poils et le risque de léchage sont les freins essentiels à cette technique. La photo 3 ci-dessous illustre l'application d'une pommade « chauffante ».

Photo 3 : Traitement d'un chien par application de pommade « chauffante »



Les boues et paraffines

Les boues et paraffines sont des moyens d'application superficielle de chaleur très employés en physiothérapie humaine. Elles sont portées à de hautes températures (respectivement 50 et 60°C) et appliquées sur le corps du patient. Ce sont des modalités dangereuses chez le chien et le chat. Ces moyens thermogènes appliquent de fortes températures directement sur la peau, ce que les animaux ne supportent pas.

Les poches de chaud

Il en existe plusieurs modèles :

Les poches de chaud instantané à usage unique, peuvent contenir différents mélanges, comme par exemple du sodium thiosulfate, du dextrose et de l'eau, ou de l'anhydride de magnésium et de l'eau. On les active en secouant la poche pour déclencher la réaction chimique, qui est exothermique. Les poches atteignent alors une température qui peut aller jusqu'à 65°C. Ce modèle est intéressant en traitement ambulatoire, mais présente un coût élevé.

Les « hydrocollator pack » sont remplis d'un gel particulier qui doit être constamment maintenu dans l'eau, car il devient inutilisable lorsqu'il est sec. Pour les réchauffer, on les place dans de l'eau à 60 °C, et ils retiennent la chaleur durant vingt à trente minutes. Ce sont les poches thermogènes les plus économiques.

Les « hot/cold pack » contiennent un gel qui peut être refroidi ou réchauffé. Pour les chauffer, on les met dans de l'eau à 60-65°C, ou au micro-ondes, mais on peut les maintenir, sans risquer de les abîmer, hors de l'eau. Ils sont financièrement intéressants car ils peuvent être employés aussi bien en cryothérapie qu'en thermothérapie. La photo 4 ci-dessous illustre l'application d'un « hot pack ».

Les bouillottes sont des poches remplies d'eau chaude, très utilisées en post-opératoire pour réchauffer le patient. Elles ont peu d'intérêt en hyperthermie locale, car conservent très mal leur chaleur.

Les poches de chaud, quoique pratiques et bon marché, présentent l'inconvénient majeur de chauffer la peau de façon uniquement superficielle, d'où le risque important de brûlure, surtout chez l'animal. La sensation douloureuse ne diminue alors que par le mécanisme du « gate control » (cf partie 1, IV, A, 2,3).

Photo 4 : Traitement d'un chien par application d'un "hot pack"



Les ultrasons

Les ultrasons sont des ondes qui se propagent par vibration de la matière. C'est l'agitation mécanique des molécules des tissus où sont absorbés ces vibrations qui provoque l'élévation de la température. L'absorption des ultrasons est très importante dans les tissus à haut niveau moléculaire et riches en protéines : la peau et le tissu sous-cutané graisseux absorbent donc mal les ultrasons. Les réactions thermiques les plus intenses se situent au niveau des interfaces. Ainsi on observe une augmentation marquée de l'intensité ultrasonique au niveau du périoste. Ceci libère de la chaleur et peut ainsi entraîner des brûlures et de la douleur. La photo 5 ci-dessous illustre l'application d'ultrasons.

Photo 5 : Traitement d'un chien par application d'ultrasons



Les rayons infrarouges

Les rayons infrarouges permettent un réchauffement rapide de l'animal, mais il est difficile de quantifier l'intensité de chaleur appliquée aux tissus à une profondeur donnée. Ils sont très souvent employés pour réchauffer un animal en hypothermie, mais ils sont encore à l'étude dans leur utilisation pour obtenir une hyperthermie locale en rééducation fonctionnelle chez l'animal. Les rayons infrarouges produisent essentiellement une chaleur superficielle, ce qui induit un risque de brûlure élevé. La photo 6 ci-dessous illustre l'application d'infrarouges.

Photo 6 : Traitement d'un chien par application d'infrarouges



La diathermie à ondes courtes (13,56 et 27,12MHz) et à micro-ondes (434, 915 et 2450 MHz)

Les ondes courtes ou radiofréquences sont produites par des générateurs de courant alternatif à haute fréquence. Leurs longueurs d'ondes sont de l'ordre du mètre, contrairement à celles des micro-ondes qui sont de l'ordre du centimètre. Les fréquences utilisées sont de 13,56 et 27,13 MHz pour les ondes courtes, et 434, 915 et 2450 MHz pour les micro-ondes. Toutes les fréquences ne peuvent pas être utilisées, et seules les fréquences citées sont autorisées pour l'usage médical. Les ondes peuvent être pulsées, c'est-à-dire émises par flash très courts, ou continues, c'est-à-dire entretenues.

La diathermie à micro-ondes ou radiative (434, 915 et 2450 MHz)

Elle utilise le rayonnement électromagnétique émis par une antenne, canalisé par un guide d'ondes de section carrée ou rectangulaire et qui se propage dans l'espace situé devant ce guide (37). Si l'on sort du domaine des micro-ondes (fréquence élevée, donc longueur d'onde courte) le guide d'onde doit être d'une dimension trop importante, ce qui rend ce type d'antenne inutilisable.

Le générateur de micro-ondes a été miniaturisé depuis peu, ce qui va permettre le développement de cette technique. Précédemment, le générateur de micro-ondes était trop volumineux pour en permettre une utilisation courante. La photo 7 ci-dessous illustre l'application d'hyperthermie moléculaire à micro-ondes.

Photo 7 : Traitement d'un chien par application d'hyperthermie à micro-ondes



La diathermie capacitive : diathermie à ondes courtes (13,56 et 27,12MHz)

C'est la méthode la plus utilisée jusqu'à présent (38). L'antenne est constituée de deux électrodes planes entre lesquelles est établie une tension alternative de fréquence relativement basse fournie par un générateur de radiofréquence. La photo 8 ci-dessous illustre l'application d'hyperthermie moléculaire à ondes courtes.

Photo 8 : Application d'hyperthermie moléculaire avec une électrode capacitive



La diathermie inductive : diathermie à ondes courtes (13,56 MHz)

Elle s'obtient par utilisation d'un champ électrique induit par un champ électromagnétique de radiofréquence : c'est le principe des courants de Foucault. Les applicateurs sont des enroulements plats (bobines inductrices composées de quelques spires conductrices) qui peuvent être appliqués à la surface de la zone à traiter, de part et d'autre, ou enroulés autour de celle-ci. La photo 9 ci-dessous illustre l'application d'hyperthermie moléculaire avec une électrode inductive.

Photo 9 : Application d'hyperthermie moléculaire avec une électrode inductive



b) Comparaison des différents modes d'hyperthermie locale.

Les pommades chauffantes et les boues et paraffines sont peu adaptées à l'animal. En effet, la présence de poils, le risque de brûlure et de léchage sont des contre-indications à ces méthodes.

Les différentes poches de chaud, les bains d'eau chaude, les applications de boue ou de paraffine élèvent la température de la peau et du tissu sous cutané jusqu'à un centimètre de profondeur au maximum. Les ultrasons et la diathermie peuvent, au contraire, chauffer en profondeur sans chauffer de façon trop importante la peau.

Garrett *et al.* (11) comparent l'augmentation de la température engendrée par 20 minutes de traitement, au niveau du triceps par des ultrasons et par de l'hyperthermie moléculaire par ondes courtes pulsées à 27,12MHz. Pour suivre l'évolution de la température, trois sondes thermiques sont placées dans le triceps, à trois centimètres de profondeur. Les résultats montrent que la température atteinte avec la diathermie est significativement plus élevée que celle atteinte avec les ultrasons, respectivement 39,22 °C et 36,11°C, et qu'elle dure significativement plus longtemps (38,5 minutes +/- 6,61 minutes pour retourner à la température initiale pour la diathermie contre 14,88 minutes +/- 4,7 minutes pour les ultrasons).

L'hyperthermie moléculaire à micro-ondes serait donc la plus indiquée pour traiter une zone localisée de façon efficace.

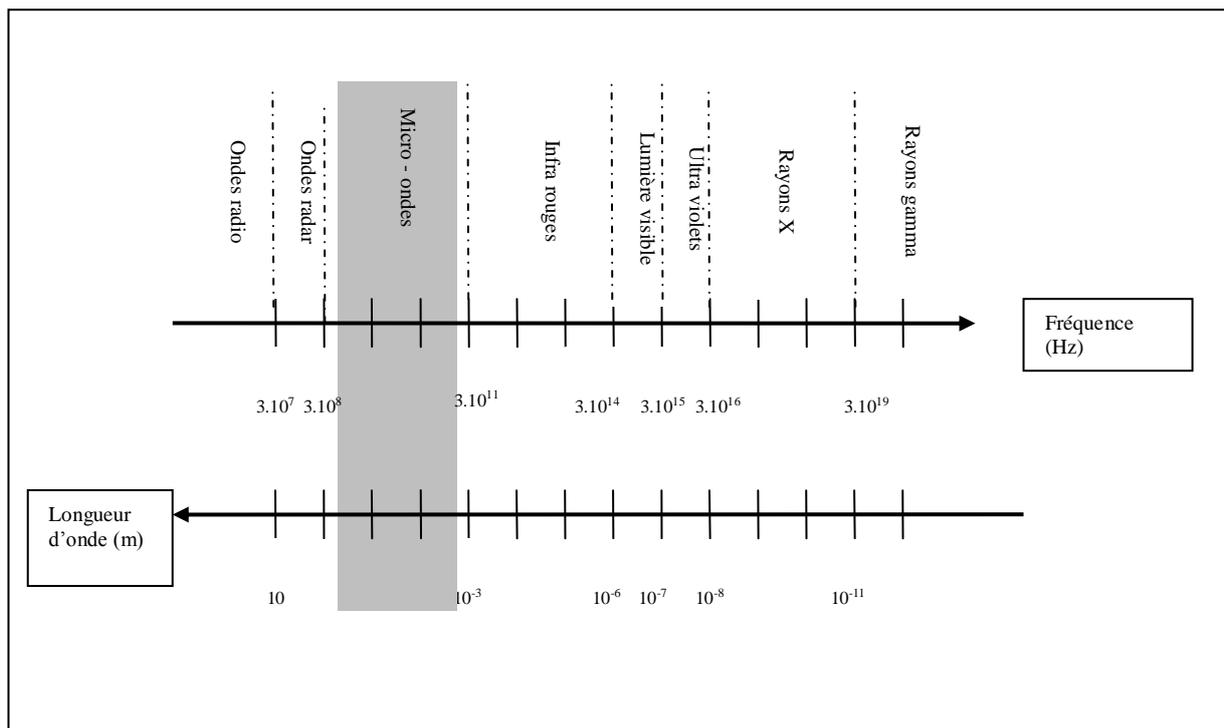
II. L'équipement d'hyperthermie moléculaire à micro-ondes

Notre travail s'intéresse à l'hyperthermie induite par une machine à micro-ondes (434 MHz). Dans cette partie, nous étudierons son fonctionnement, son innocuité, ainsi que la réglementation liée à l'utilisation d'un tel équipement.

A. Définition des micro-ondes (18)(34)

Les micro-ondes correspondent à des ondes électromagnétiques de longueur d'onde intermédiaire entre l'infrarouge et les ondes radio, comme l'illustre la figure 2 ci-dessous. Dans le spectre radiofréquence les micro-ondes se situent entre les hautes fréquences et les fréquences extrêmement hautes. Les micro-ondes ont la principale propriété de pénétrer au cœur de matériaux de type diélectriques à pertes, c'est-à-dire ici entre autres dans les tissus biologiques, entraînant ainsi la dissipation de l'énergie. L'énergie électromagnétique de l'onde étant convertie en chaleur.

Figure 2: Représentation schématique des différentes fréquences et de leur longueur d'ondes

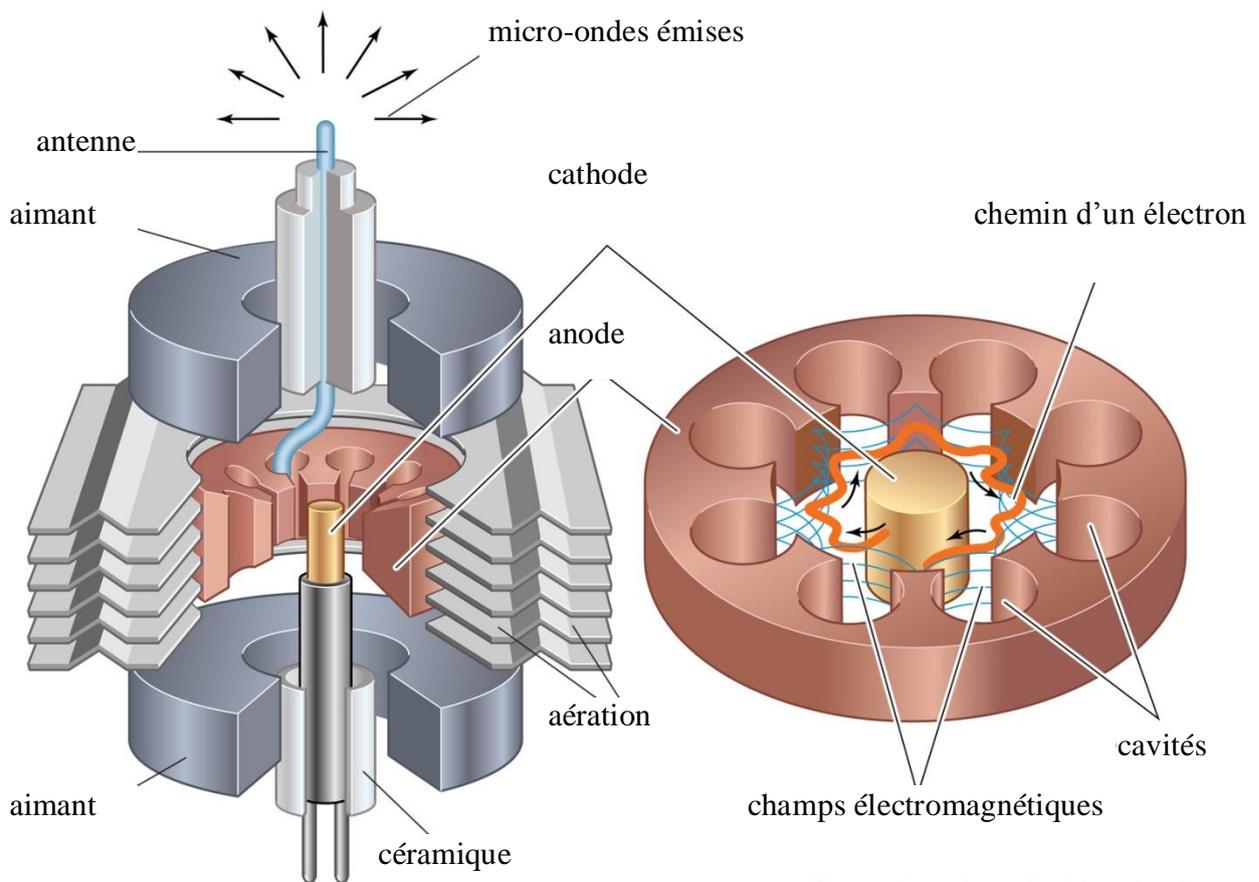


B. Principes de fonctionnement (18)(34)

Les micro-ondes produites par la machine sont générées par un magnétron. Le principe du magnétron a été découvert vers la fin des années 1930. Il a tout d'abord été utilisé par l'armée dans les radars, puis, à la fin de la guerre, dans les années 1945, son utilisation civile a été développée dans le four à micro-ondes.

La figure 3 ci-dessous schématise la structure d'un magnétron. Le magnétron est constitué d'une anode cylindrique formée d'un certain nombre de cavités résonnantes, se trouvant dans l'axe d'une cathode chauffante. L'espace entre la cathode et l'anode, appelé espace d'interaction, se trouve sous vide. Un champ électrique est appliqué entre l'anode et la cathode. Les électrons libérés par la cathode sont accélérés par le champ électrique. Un aimant est utilisé pour fournir un champ magnétique. Ce champ magnétique empêche les électrons de rejoindre directement l'anode. Au contraire, la combinaison des champs électriques et magnétiques permet la création d'un nuage d'électrons tournant entre l'anode et la cathode. Les cavités résonnantes produisent des champs électriques qui débordent dans l'espace cathode anode, ce qui crée des oscillations électromagnétiques.

Figure 3 : Schéma représentant un magnétron source : encyclopedia Britannica 2010



Les dimensions de ces cavités sont calculées pour que les ondes aient une fréquence de 434 MHz. Une partie de ces ondes est acheminée vers le guide d'ondes grâce à différents moyens de couplage. Les ondes arrivent finalement à l'applicateur, qui est posé directement sur la peau de l'animal.

D'autres applicateurs, plus anciens, fonctionnent en étant situés à distance de la peau de l'animal, mais ces types d'applicateurs sont considérés comme plus dangereux, dans la mesure où la quantité d'ondes diffusées dans l'environnement est beaucoup plus importante. Dans le cas étudié, l'applicateur est une antenne avec un réflecteur sur une face, ce qui permet de diffuser les micro-ondes. Il est entouré par un matériau étanche aux micro-ondes sur les autres faces. De plus, il mesure et régule la température à sa surface, pour éviter toute brûlure. Dans la mesure où l'applicateur est accolé à la peau de l'animal, on considère que la température de l'applicateur et de la surface de la peau sont identiques.

Quelque soit l'appareil, il y a toujours un générateur et un amplificateur. Ils délivrent des ondes d'une seule fréquence, avec une intensité thérapeutique. Le signal amplifié passe dans un second circuit jusqu'à l'applicateur.

Toutes les machines d'hyperthermie moléculaire ne fonctionnent pas avec des micro-ondes ; les plus représentées dans les études scientifiques fonctionnent avec des ondes courtes ou radiofréquences. Le terme micro-ondes correspond aux ondes de fréquence de 300 MHz à 300 GHz. et celui d'ondes courtes à des fréquences de quelques KHz à 300 MHz. Mais l'utilisation des ondes est réglementée, et toutes les fréquences ne peuvent pas être utilisées. Dans le domaine médical, seules les fréquences de 434 MHz, 915 MHz et 2450 MHz sont utilisées pour les micro-ondes. Quant aux radiofréquences, seules les fréquences de 13,26MHz et 27,12 MHz sont autorisées.

C. Innocuité de la machine

Les appareils modernes permettent une dispersion quasi nulle autour de la machine des ondes électromagnétiques, c'est-à-dire qu'elle ne disperse que peu d'onde dans l'environnement. La diffusion des micro-ondes par l'applicateur est homogène, ce qui évite les points d'hyperthermie majeurs, appelés hot spot.

Une étude (14) a été réalisée sur du tissu adipeux sous cutané et du tissu osseux de porc, à la recherche des lésions aiguës (18 à 24h après traitement) et chroniques (28 à 31 jours après traitement) pouvant apparaître suite à un traitement par hyperthermie moléculaire.

Des lésions modérées peuvent apparaître de façon aiguë entre 44 et 46°C, à la fois sur les tissus musculaires et osseux. En ce qui concerne les atteintes chroniques, des températures supérieures à 45°C produisent de légères modifications cellulaires, comme la formation de cellules géantes et l'apparition de quelques lésions de fibrose. Le muscle ne présente pas de lésion à ces températures. La fibrose n'est réellement observée qu'à partir de 46°C. On observe des résultats identiques chez l'homme : les cellules musculaires ne présentent pas de lésion histologique après avoir été soumises à une température de 45°C.

Enfin, le seuil de douleur est beaucoup plus vite atteint que le seuil lésionnel : 6 secondes à 46°C déclenchent la douleur, alors qu'il faut 50 min pour déclencher des lésions plus graves qu'un simple érythème.

D. R glementation

Il n'existe pas à ce jour de données de références publiées en France. Cependant, l'institut national de recherche et de sécurité (INRS) (19) recommande de se baser sur la classification néerlandaise.

Dans ce cas, les micro-ondes utilisées en hyperthermie moléculaire se classent dans la catégorie II, c'est-à-dire soumises à priori à r glementation. Plus précisément, ce type d'appareil entre dans la catégorie II.b, ce qui implique la mise en œuvre de quelques mesures, comme par exemple le blindage de la source de rayonnement ou du local, et l'affichage de consignes de sécurité.

III. Actions de l'hyperthermie moléculaire liées aux micro-ondes

A. Interactions entre les micro-ondes et les tissus

Les ondes sortant de l'applicateur et pénétrant dans la peau sont des ondes électromagnétiques, qui peuvent être réfléchies, transmises ou réfractées en différentes proportions à chaque interface. Les surfaces réfractant le plus les micro-ondes sont les objets métalliques (matériel d'ostéosynthèse) et les interfaces tissus adipeux / muscle. Dans ces régions il peut donc se produire un échauffement plus marqué, et surtout non prévisible et non uniforme. C'est pourquoi les implants métalliques constituent une contre indication absolue de l'utilisation de l'hyperthermie. Il faut en effet se renseigner sur le type d'implant présent, car il peut également entrer en résonance avec les ondes émises, faire office d'antenne, et concentrer toute l'énergie électromagnétique en un point.

L'interface air/peau peut également réfléchir les micro-ondes, c'est pourquoi on préfère les applicateurs se posant directement sur la peau ce qui permet une économie d'énergie et évite l'irradiation excessive du manipulateur.

1. Effets thermiques des micro-ondes.

L'énergie apportée par les micro-ondes est absorbée principalement dans les tissus par les molécules d'eau et les ions. Cette énergie permet de polariser les molécules d'eau et les ions et leur confère une énergie cinétique. Cette énergie cinétique est ensuite perdue sous forme de chaleur.

L'énergie électrique et les champs magnétiques créés par la diathermie induisent un mouvement rapide des ions, une rotation des molécules polaires et une distorsion des molécules non polaires. Le mouvement des ions représente un véritable courant, essentiellement dans les tissus riches en électrolytes comme les vaisseaux sanguins et les muscles. C'est en perdant cette énergie électrique et cinétique qu'est produite la chaleur. Au contraire, dans le tissu adipeux, le champ magnétique produit une distorsion et une rotation des molécules, ce qui ne constitue pas un vrai flux, et ne produit que peu de chaleur. Mais dans la mesure où le tissu adipeux est richement vascularisé, sa température s'élève autant que celle des muscles. Le tissu conjonctif, assez pauvre en vaisseaux sanguins, présente une élévation de température moyenne.

Les tissus contenant beaucoup d'eau (reins, nerfs, cœur, poumons...), les organes remplis de fluides comme les articulations synoviales, les yeux et les muscles absorbent donc plus d'ondes, et emmagasinent plus de chaleur. Il faut par conséquent être particulièrement vigilant à la température appliquée lorsqu'on traite une de ces régions.

2. Effets non thermiques des micro-ondes

Ils ne sont pas encore tous clairement identifiés.

Les effets non thermiques de l'hyperthermie moléculaire peuvent être expliqués par l'interaction du champ électromagnétique auquel les cellules sont soumises avec les récepteurs membranaires. En effet, les récepteurs membranaires sont des protéines, dont la structure tertiaire et les interactions sont dirigées par des liaisons faibles (liaisons

hydrophobes et électriques). Le champ électromagnétique, en polarisant différemment les protéines, modifie donc leur forme et leur activité. Cela a été démontré avec la pompe Na/K ATPase, présente dans toutes les cellules : l'énergie reçue induit une augmentation de l'activité de la pompe. (12) On peut supposer que l'activité d'autres enzymes est également modifiée. Des acides aminés peuvent même être transformés en leurs isomères.

De plus, les micro-ondes peuvent modifier l'orientation des macromolécules polaires, jusqu'à former des chaînes pouvant perturber le passage des ions, et donc le potentiel de membrane.

À ce jour, aucune étude n'a démontré clairement un effet thérapeutique des effets non thermiques des micro-ondes de l'hyperthermie moléculaire.

B. Répartition de la chaleur lors d'application de l'hyperthermie par micro-ondes

1. Etude théorique de la répartition de la chaleur

Les tissus biologiques ne sont pas inertes, et chacun possède des propriétés physico-chimiques qui lui sont propres ; ils réagissent donc différemment face aux micro-ondes reçues. De plus, les tissus sont capables de réguler leur température, en modifiant par exemple leur vascularisation. Il se produit alors deux actions lors de l'application d'hyperthermie moléculaire : lorsque la température du tissu s'élève, sa perfusion augmente, ce qui tend à réguler l'élévation de sa température. Mais parallèlement, plus un tissu est perfusé, plus il est sensible à l'action des micro-ondes, qui agissent principalement sur les molécules d'eau.

La densité de puissance thermique P (puissance thermique dissipée en un point par unité de volume, en watt par mètre cube) varie avec l'amplitude E du champ électrique et avec ρ , coefficient de conductivité électrique qui dépend à la fois de la fréquence et de la nature du milieu, selon l'équation (38) :

$$P = \frac{1}{2} \rho E^2$$

Par ailleurs, la profondeur de pénétration est inversement proportionnelle à ce même coefficient de conductivité ρ .

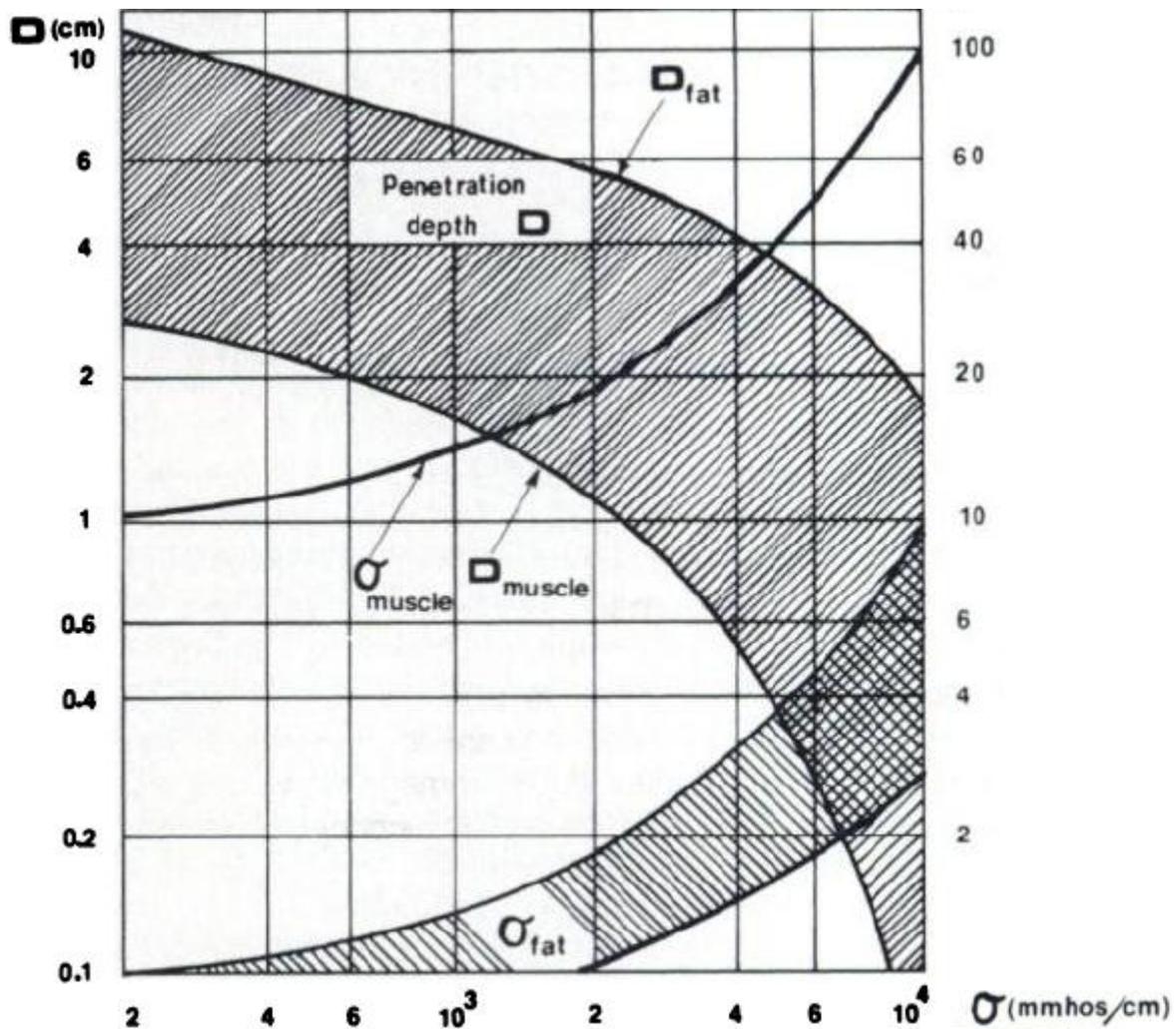
Les deux conséquences majeures sont les suivantes : plus la fréquence est élevée, plus la profondeur de pénétration est faible, et pour une même fréquence, plus la conductivité est élevée, plus la puissance thermique est importante.

La conductivité thermique résulte des différentes caractéristiques du tissu : sa constante diélectrique, sa conductivité, et sa capacité de dissipation de la chaleur. A 434 MHz, la conductivité des tissus riches en eau, comme la peau ou les muscles, est de 1,18 s/m, alors que celle des tissus plus pauvres en eau comme les os ou les tissus adipeux varie entre 0,379 et 1,18 s/m. Ce qui implique une pénétration d'environ 3,5 cm dans les tissus riches en eau, et de 26,2 cm pour les tissus pauvres en eau (30).

La puissance P délivrée étant proportionnelle à la conductivité, plus il y a de tissu adipeux ou d'infiltration graisseuse dans un tissu, moins la puissance délivrée est importante.

La figure 4 présente la variation de la conductivité du tissu σ ainsi que la profondeur de pénétration D au sein du tissu en fonction de la fréquence. Les tissus représentés ici sont les tissus musculaires et adipeux.

Figure 4 : Illustration de l'influence du tissu adipeux sur la profondeur de pénétration des micro-ondes. Source : (7)



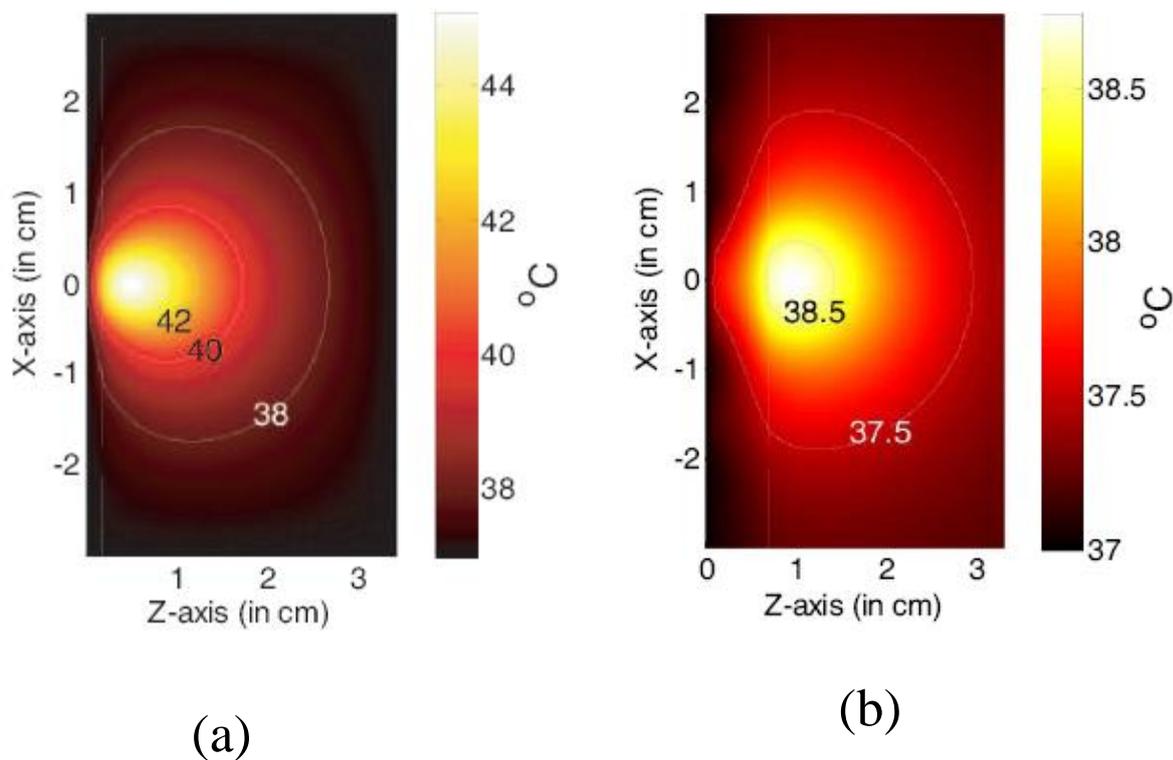
2. Mise en évidence expérimentale

Garrett *et al.* (11) étudient la répartition de la chaleur induite par la diathermie à ondes courtes pulsées dans un muscle humain. La température est suivie par des thermomètres introduits à trois centimètres de profondeur dans le mollet, et espacés de 2,5 cm chacun. L'antenne de la machine à diathermie mesure deux centimètres de diamètre. Les résultats montrent une élévation de la température homogène dans tout le muscle, avec une augmentation de 4,58°C (+/- 0,87°C) sous l'applicateur, et des augmentations de températures de 3,02°C (+/- 1,02°C) et de 3,28°C (+/- 1,64°C) de chaque côté de l'applicateur. Dans cette étude, on met donc en évidence que l'hyperthermie induite par les ondes courtes pulsées est répartie de façon homogène dans le muscle, sans créer de point chaud à l'aplomb du centre de l'applicateur. Par ailleurs, l'hyperthermie induite par les vingt minutes de traitement est durable, dans la mesure où il faut attendre en moyenne 38,5 (+/- 6,61) minutes après la fin du traitement pour

retrouver la température initiale du muscle. Enfin, les résultats sont relativement variables selon les individus, puisque les températures observées varient au maximum de 1,6°C, et les temps pour retourner à la température basale varient de 6,61 minutes.

Une étude réalisée sur l'applicateur lui-même (16) a évalué la profondeur de pénétration des micro-ondes et la température en profondeur lors de l'application focale de micro-ondes d'une fréquence de 2,45 GHz à 42°C. Cela a été comparé avec les résultats obtenus lorsqu'on ajoute une couche de 0,5 cm de tissu adipeux entre la surface de la peau et le muscle, ce qui est illustré par la figure 5 ci-dessous.

Figure 5 : Répartition de la chaleur en profondeur autour du point traité (a) et avec une couche de 0,5 cm de tissu adipeux (b), avec X la profondeur en centimètre, et Z le périmètre à la surface.

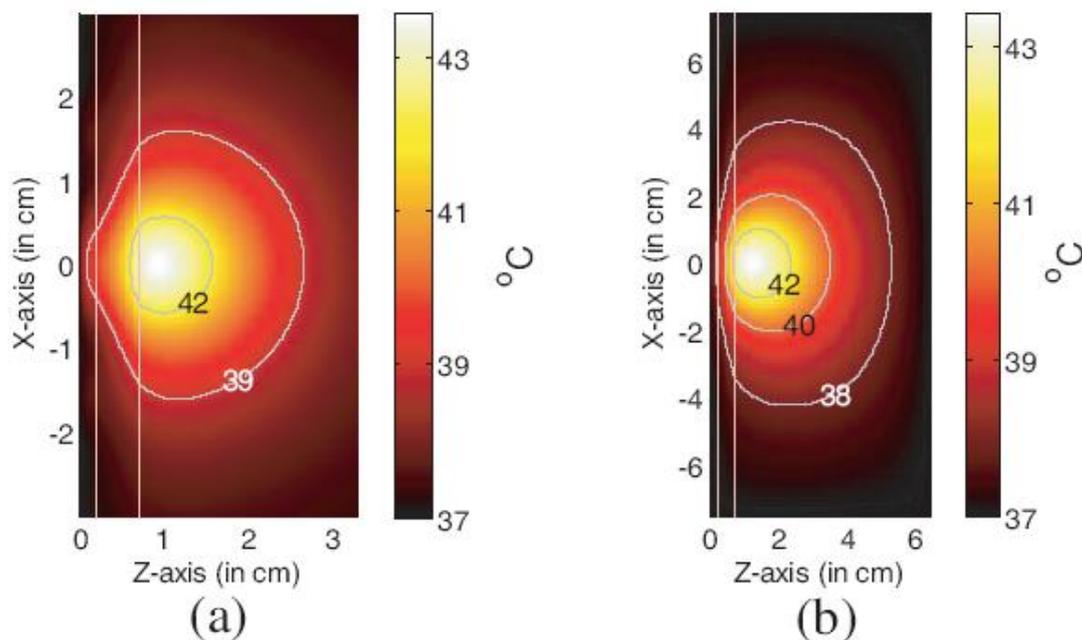


Ces images provenant d'un modèle permettent de mettre en évidence l'influence de la présence de tissu adipeux dans la zone traitée.

3. Influence de la longueur d'onde

Les micro-ondes à 434 MHz et 915 MHz subissent moins d'atténuation que les ondes à 2,45 GHz. De plus, elles pénètrent plus profondément (16). La figure 6 illustre ce phénomène.

Figure 6 : Hyperthermie induite en profondeur par une application focale de micro-ondes à 2,45GHz (a) et 915 MHz (b), avec X la profondeur en centimètre, et Z le périmètre à la surface.



C. Effets physiologiques de l'hyperthermie moléculaire

L'application de chaleur pénétrant en profondeur dans les tissus induit des modifications physiologiques à différents niveaux.

1. Effets vasculaires

L'hyperthermie locale entraîne un afflux de sang et une vasodilatation. L'augmentation de la température réduit l'activité des nerfs sympathiques, ce qui induit un relâchement des muscles lisses des vaisseaux et induit une vasodilatation. De plus, les tissus aux alentours subissent également le stress thermique. Ceci induit une libération d'éléments vasodilatateurs (histamine et prostaglandine), et de métabolites ainsi qu'une diminution de la pression partielle en oxygène. La diminution de la pression partielle en oxygène conduit également à une vasodilatation.

Des études (14) ont été réalisées pour quantifier l'augmentation du débit sanguin dans le muscle: en mesurant l'élimination du xénon, un traceur radioactif. Dans cette étude, le débit sanguin est passé de 2,9 mL/100g/min à 11,4mL/100g/min après 12 minutes de traitement à 2,45 GHz.

Les vaisseaux lymphatiques subissent également cette vasodilatation, ce qui augmente le drainage lymphatique. La vasodilatation va permettre de dissiper plus vite la chaleur appliquée sur la peau. Mais avec l'hyperthermie moléculaire, contrairement à d'autres moyens d'hyperthermie, la source de chaleur reste présente, et l'augmentation du débit sanguin est présente même en profondeur.

L'augmentation des flux sanguin et lymphatique accentue la résorption des fluides, donc contribue à diminuer les œdèmes locaux et les gonflements des tissus mous et intensifie l'approvisionnement local des tissus en oxygène, nutriments et anticorps (31).

2. Effets au niveau des échanges membranaires

La vasodilatation locale permet un apport plus important en oxygène et nutriments. Or, ces éléments manquent lors d'un processus anabolique, et sont nécessaire à la cicatrisation tissulaire. De plus, il y a une normalisation du pH dans la région traitée (12). Enfin, l'extravasation des macrophages et des granulocytes est augmentée, ce qui leur permet d'atteindre préférentiellement la zone traitée.

L'hyperthermie augmente également la perméabilité des membranes. Cela a été démontré à l'aide d'anesthésiques locaux, qui ont une action très ciblée sur les membranes : leur action augmente avec la température. Aucune étude n'a été réalisée à ce jour quant à l'action de l'hyperthermie moléculaire sur la translocation bactérienne.

3. Effets cellulaires

a) Catalyse enzymatique

L'élévation de la température agit comme un catalyseur de toutes les réactions enzymatiques, et donc accélère le métabolisme de la région traitée. La consommation en oxygène est donc plus importante, et l'hyperhémie locale augmente l'apport en oxygène de la région. Selon la loi de Van't Hoff (17), lorsque la température corporelle passe de 37°C à 40-45°C, la consommation en oxygène et en nutriment et les réactions métaboliques augmentent de 50%.

b) Production de heat shock proteins (cf. partie 1,IV,C.2.e)

Lors d'un stress thermique à 41°C induit par la diathermie, les heat shock proteins sont produites par les muscles en quantité plus importante (12). Lorsque la concentration intracellulaire de HSP augmente, le métabolisme cellulaire est tourné vers l'anabolisme : la synthèse protéique augmente et la dégradation protéique diminue.

La production des HSP due à l'hyperthermie joue un rôle important dans la présentation des peptides de surface de la cellule. Les HSP sont également responsables de la thermotolérance.

c) Facilite l'apoptose

L'hyperthermie facilite l'apoptose, via la production et la sécrétion de cytokines, ce qui est un effet recherché en thérapeutique anti-cancéreuse.

4. Action sur le collagène

L'hyperthermie permet une élongation et un assouplissement du collagène. (cf. partie 1, IV.D.2)

5. Action sur la cellule cancéreuse

Overgaard (28) s'est aperçu que la greffe d'une tumeur de souris devenait impossible si la tumeur était soumise à une température élevée (41,5°C à 43,5°C) pendant une heure, alors que le tissu sain voisin n'était pas affecté.

La chaleur permet de contrôler l'évolution tumorale grâce à deux aspects (35). D'une part, la chaleur a une action directe sur la destruction des cellules tumorales. D'autre part, la chaleur permet de sensibiliser les cellules tumorales à l'action des rayons ionisants (radiothérapie) ainsi qu'aux molécules anticancéreuses (chimiothérapie). Ces deux effets peuvent être observés entre 40,5°C et 45°C, mais l'action létale directe de la chaleur est faible avant 43°C. La plupart des cellules tumorales sont plus sensibles à l'augmentation de température que les cellules saines, mais certains types tumoraux sont plus sensibles à l'hyperthermie que d'autres.

L'hyperthermie est en général plus efficace si elle est couplée à une autre thérapeutique. Elle potentialise l'action des rayons ionisants en réduisant la capacité des cellules tumorales à réparer des dégâts sub-létaux ou létaux occasionnés par la radiothérapie, et en augmentant la sensibilité des cellules tumorales à l'hypoxie et à l'acidose.

D. Autres actions de l'hyperthermie moléculaire

1. Sur les pneumothorax spontanés

a) Physiopathologie du pneumothorax spontané chez l'homme

Chez l'homme, les pneumothorax spontanés apparaissent chez des sujets jeunes sans affection pulmonaire apparente ou chez des sujets âgés, avec une maladie pulmonaire chronique.

b) Traitement du pneumothorax spontané

Le traitement des pneumothorax peut consister en une surveillance médicale, une ponction (thoracocentèse) ou une chirurgie (23). Dans tous les cas, un pneumothorax résiduel reste présent. Bien que le drainage de l'air présent dans la cavité pleurale par la plèvre soit lent, l'attente et la résorption spontanée est le traitement de choix du pneumothorax lorsqu'il ne dépasse pas 20% du volume thoracique.

c) Intérêt de l'hyperthermie moléculaire dans le traitement du pneumothorax

Selon Ma *et al.* (23), l'utilisation de l'hyperthermie moléculaire sur la partie supérieure du thorax accélère la résorption du pneumothorax. Le traitement consiste en 25 minutes d'hyperthermie moléculaire à une température où le patient sent la chaleur, de façon à peine perceptible, sur le côté affecté. Des radiographies du thorax sont prises tous les deux jours pour suivre l'évolution. La diathermie permet une diminution du pneumothorax significativement plus rapide et plus complète. La diathermie, en augmentant le flux sanguin pleural, permet une réabsorption plus rapide de l'air. Selon l'équation des gaz parfaits ($PV = nRT$), en augmentant localement la température, le volume du pneumothorax augmente pendant le traitement, ce qui peut également accélérer la résorption.

2. Sur les glaucomes

a) Physiopathologie du glaucome

Le glaucome correspond à une augmentation de la pression intraoculaire supérieure à 20 mm Hg, associée à un retentissement sur le nerf optique. La pression intra-oculaire dépend du volume d'humeur aqueuse contenue dans la chambre antérieure. L'humeur aqueuse est sécrétée par les corps ciliaires.

b) Traitement du glaucome

La destruction des corps ciliaires joue donc un rôle important dans la correction du glaucome réfractaire aux traitements. Les traitements traditionnels sont la cryothérapie, les ultrasons et les techniques lasers comportent de nombreux effets secondaires tels que des adhérences de la sclère conjonctivale, un amincissement de la sclère, une hyperhémie, une cataracte, une hémorragie du corps vitré, un détachement de la rétine, une fibrorétinopathie proliférative, un œdème du cristallin, une hypotonie sympathique.

c) Intérêt de l'hyperthermie dans le traitement du glaucome

Selon Finger *et al.* (9), l'hyperthermie moléculaire permet la destruction des corps ciliaires de façon focale, sans léser les tissus environnants, ce qui réduit les glaucomes iatrogènes.

Le traitement consiste en une application focale, sous anesthésie générale, d'un applicateur de 2 mm par 3 mm sur la conjonctive, 1 à 2 mm postérieurement au limbe, c'est-à-dire à la frontière entre la cornée et la sclère. Chaque zone cible reçoit une température de 54 °C pendant une minute.

E. Contre-indications de l'hyperthermie moléculaire

Par mesure de précaution, le collier ou le harnais doit être retiré si on est amené à traiter cette zone. Par ailleurs, la zone traitée doit être parfaitement sèche, pour éviter une augmentation de la température cutanée trop importante. En effet, l'eau, chauffée par les micro-ondes, pourrait brûler la peau de l'animal.

1. Inflammation aiguë (31)

Les tissus en phase aiguë d'inflammation, d'infection ou d'hémorragie ne doivent pas être traités, car l'hyperthermie risque d'être mal maîtrisée. En effet, la température interne est calculée grâce à un algorithme à partir de la température mesurée à la surface de l'applicateur. Tout changement majeur dans la composition interne (collection liquidienne importante, présence de métal...) rend la température interne impossible à estimer, et il y a donc un réel risque de brûlure interne.

Pour traiter un site en phase d'inflammation aiguë, il faut que la douleur et la formation d'œdème se soient stabilisées. Il faut donc attendre en moyenne 48 à 72 heures après la chirurgie ou le traumatisme (31). L'application trop précoce de l'hyperthermie entraîne une vasodilatation, augmente les pertes vasculaires et stimule la libération de facteurs de l'inflammation qui exacerbent les sensations de douleur. En revanche, appliquée au moment adéquat, l'hyperthermie augmente la résorption des fluides extravasés et permet une diminution des œdèmes. Il faut cependant rappeler que 24 à 72h post traumatisme, la réaction inflammatoire diminue d'elle-même, et à ce jour aucune étude avec placebo ne prouve que l'hyperthermie moléculaire permet une diminution significativement plus rapide de l'inflammation.

2. Troubles dermatologiques (31)

Une sensibilité cutanée importante à la chaleur est une contre-indication de la diathermie. En effet, certaines personnes ou certains animaux tolèrent très mal l'application de chaleur sur la peau.

Une plaie ou d'autres atteintes modérées à sévères de l'intégrité cutanée peuvent également être des contre-indications.

3. Présence de matériel métallique (31)

Les implants métalliques (matériel d'ostéosynthèse), un pacemaker chez l'homme, ou l'identification par radio-fréquence chez le chien sont des contre-indications à l'utilisation des micro-ondes dans la zone concernée, dans la mesure où l'hyperthermie induite est rendue imprévisible par ces matériaux. En cas de présence de matériel d'ostéosynthèse, il faut être particulièrement vigilant à la longueur des matériaux en métal. En effet, ceux-ci peuvent faire office d'antenne, entrer en résonance avec l'appareil et concentrer toute l'énergie électromagnétique dans une petite zone, créant ainsi un point chaud.

4. Trouble vasculaire ou cardiaque (31)

La chaleur augmente les besoins métaboliques des zones traitées : si la circulation sanguine est déficiente, une nécrose ischémique s'installe plus facilement dans la zone traitée. La présence d'œdème non inflammatoire permet de suspecter des troubles vasculaires. L'hyperthermie est donc contre-indiquée sur les œdèmes non inflammatoires.

La présence d'un hématome récent est également une contre-indication : l'application de l'hyperthermie, en induisant une vasodilatation et une augmentation de la perméabilité des capillaires, peut induire la reprise des saignements.

La présence de trouble cardiaque, d'hypertension artérielle ou d'hypotension constitue chez l'homme des contre-indications dans la majorité des cas (33). L'utilisation d'anticoagulants chez l'homme est également une contre-indication de l'utilisation de l'hyperthermie moléculaire.

5. Gonades et fœtus

L'innocuité des micro-ondes sur les gonades et le fœtus n'a pas été démontrée. Il est donc recommandé d'éviter de traiter la zone des gonades lorsqu'on a affaire à un animal reproducteur ou une chienne gestante.

De même, on recommande chez la femme de ne pas appliquer d'hyperthermie moléculaire pendant les menstruations (35). Il peut donc être judicieux d'extrapoler cette réserve aux périodes de chaleur chez la chienne.

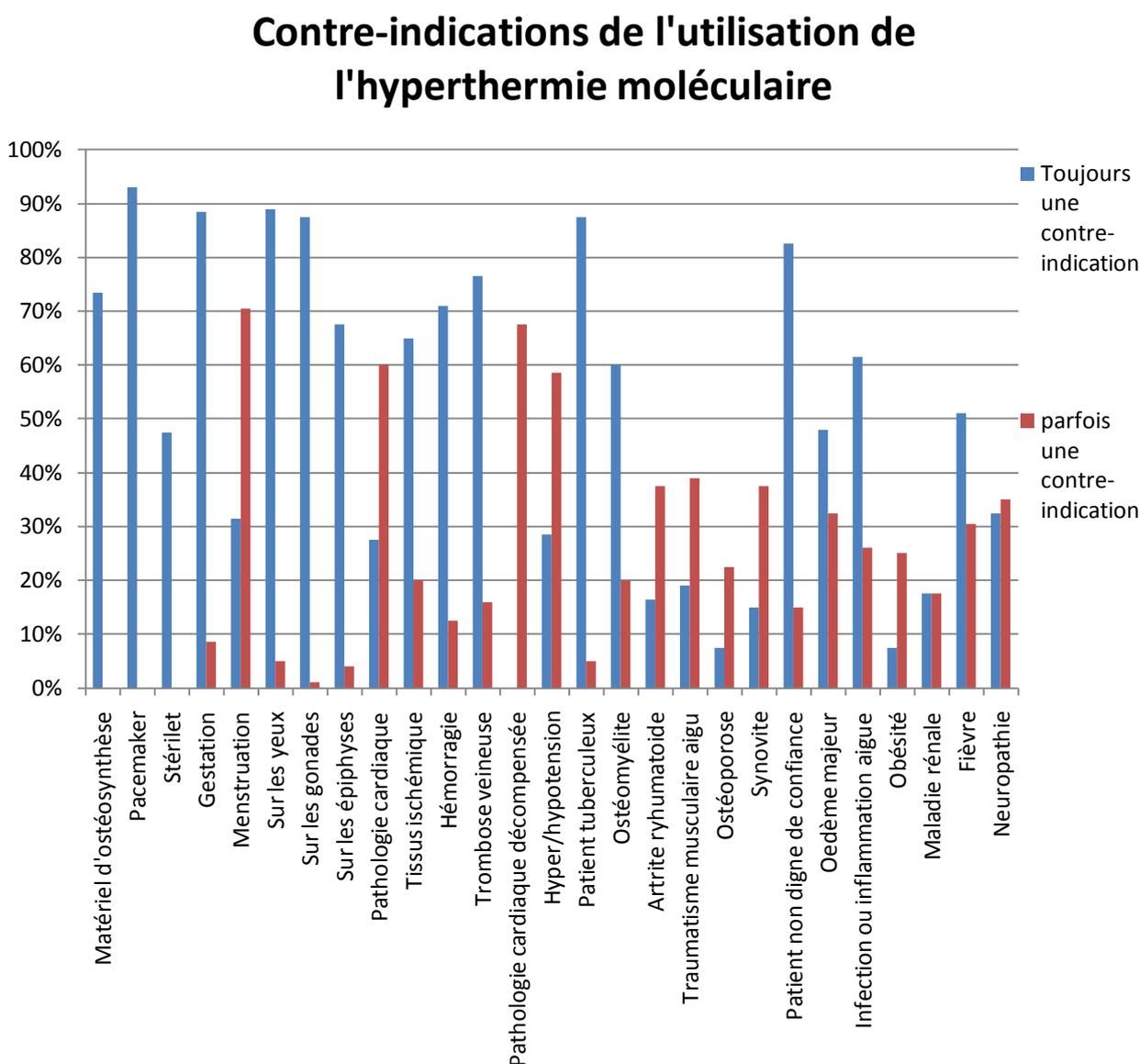
6. Croissance (15)

Il est recommandé de ne pas appliquer d'hyperthermie moléculaire sur les cartilages de croissance, car celle-ci modifie le fonctionnement des plaques de croissance.

7. Bilan des contre-indications

Une étude (33) a été réalisée en Irlande chez des physiothérapeutes. Dans un sondage, ceux-ci devaient signaler si certaines affections étaient systématiquement ou occasionnellement une contre-indication à l'utilisation de l'hyperthermie moléculaire à ondes courtes, selon leur expérience. Les résultats de cette étude sont résumés dans la figure 7 ci-dessous.

Figure 7 : Contre-indication de l'hyperthermie à onde courte, d'après Shields *et al.* (33)



Les contre-indications à l'utilisation de l'hyperthermie moléculaire à micro-ondes sont donc nombreuses, et toujours soumises à l'avis du clinicien. En effet, tout traitement médical comporte toujours un risque et des contre-indications. C'est l'analyse de ce risque et du bénéfice espéré par le traitement qui permet au clinicien de préconiser ou non l'utilisation d'hyperthermie moléculaire à micro-ondes.

IV. Utilisation de l'hyperthermie en rééducation fonctionnelle

De nombreuses utilisations en rééducation fonctionnelle peuvent être envisagées. Dans cette partie, chaque action de l'hyperthermie est détaillée : l'action antalgique, l'action anti-inflammatoire, ainsi que l'action sur les muscles, les tendons, les articulations et les os.

En l'état actuel des connaissances, très peu de données chiffrées sont disponibles, et très peu d'études avec placebo sont réalisées. Notamment aucune donnée chiffrée n'est disponible quant à la réduction de l'inflammation, la cicatrisation, la vasodilatation induite par le traitement par hyperthermie moléculaire, à la durée d'action de l'hyperthermie nécessaire, ou au nombre de séance optimal.

A. Action antalgique

1. *Eléments de physiologie de la douleur (2) (4)*

a) Les voies nerveuses de la douleur

Différentes voies nerveuses conduisent à la sensation douloureuse : des terminaisons nerveuses libres, des nocicepteurs cutanés (mécano-nocicepteurs et nocicepteurs polymodaux, qui sont activés à la fois par des stimuli mécaniques, chimiques et thermiques), des nocicepteurs musculaires, des nocicepteurs articulaires et des nocicepteurs viscéraux.

Deux types de voies nerveuses sont utilisés pour la conduction douloureuse : les fibres A delta, myélinisées, conduisant l'influx douloureux à 30 m/s et les fibres C, non myélinisées, conduisant l'information douloureuse à 2 m/s. Il faut noter néanmoins que ces types de fibres ne conduisent pas exclusivement les informations nociceptives. Les types de douleur véhiculés par ces deux fibres sont différents : pour les fibres A delta, c'est une sensation brève et localisée, de type piqûre, alors que les fibres C donnent une sensation plus diffuse et plus tardive, de type brûlure.

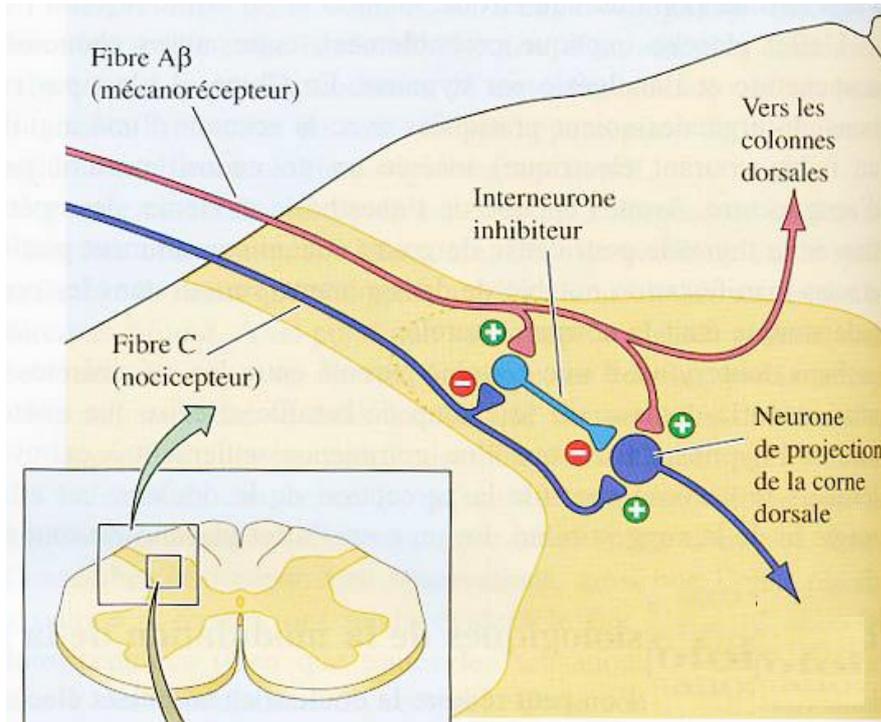
b) L'intégration des informations douloureuses

Tout au long de son trajet nerveux, le message nociceptif fait l'objet de modulations, soit facilitatrices, soit inhibitrices. Les mécanismes d'intégration sont situés au niveau de la moelle épinière, des centres supérieurs et des nocicepteurs eux-mêmes, et sont détaillés ci-dessous.

(1). *Au niveau de la moelle épinière (contrôle médullaire ou « gate control »)*

L'apport d'informations sensorielles (contact, chaleurs...) qui sont intégrées au niveau du même segment de la moelle épinière, sur les mêmes neurones spino-thalamiques, permettent une diminution des informations nociceptives et de la sensation douloureuse. La figure 8 illustre l'intégration médullaire de la sensation douloureuse.

Figure 8 : Illustration de l'intégration médullaire, source institut de génomique fonctionnelle (IGF)



(2). *Au niveau des centres supérieurs du SNC*

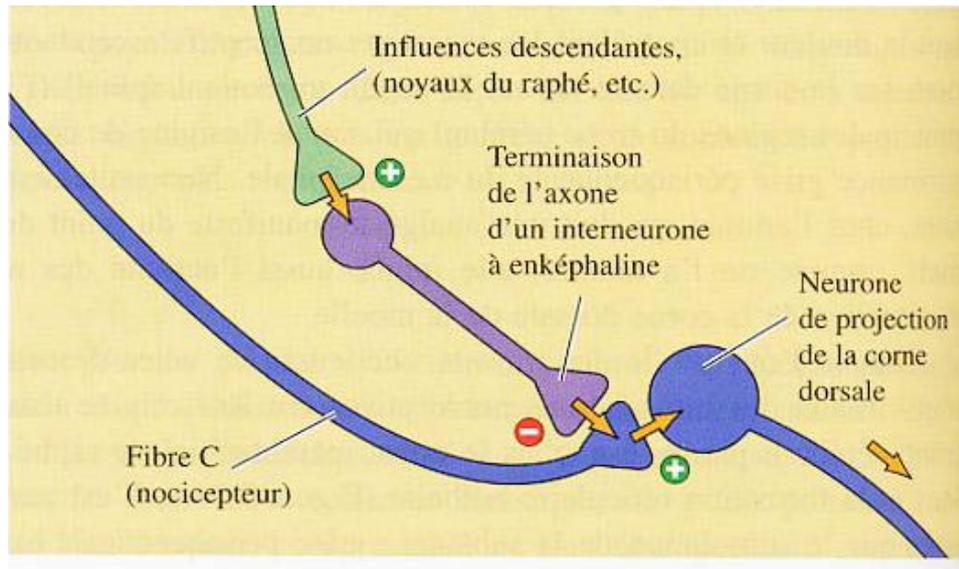
Un système inhibiteur descendant module la douleur : un stimulus nociceptif active les voies ascendantes nociceptive entraînant en retour un message secondaire descendant en direction spinale, qui provoque une diminution de l'activité des neurones nociceptifs de la moelle. Ce système met en jeu la substance grise périaqueducale, le noyau *raphé magnus* et les cornes postérieures de la moelle.

(3). Au niveau des nocirécepteurs

Les nocirécepteurs ont une capacité de sensibilisation : la répétition des stimulations nociceptives crée une diminution du seuil de réponse et une augmentation de son activité.

De plus, les messages transmis par les neurotransmetteurs sont modifiés par les amines (sérotonine et norépinéphrine) ainsi que par les opiacés endogènes (enképhaline, β endorphine et dynorphine). Ceci est illustré par la figure 9 ci-dessous.

Figure 9 : Illustration de l'intégration au niveau des nocirécepteurs, source IGF

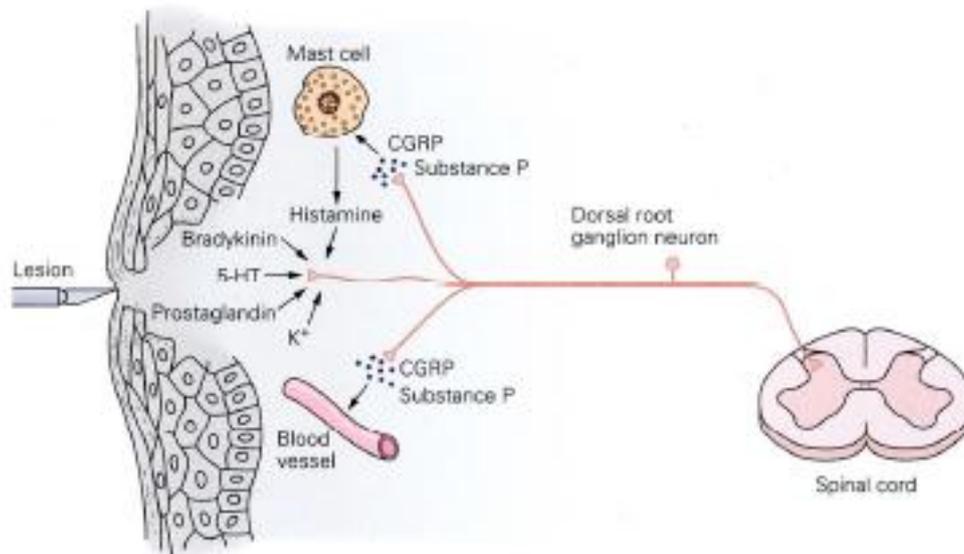


c) L'accumulation de métabolites pro-inflammatoires

Les nocicepteurs musculaires et articulaires sont stimulés notamment par des agents chimiques algogènes. Ces substances proviennent de trois sources différentes. Elles peuvent être tout d'abord libérées par les cellules endommagées (libération de potassium, de protons, d'histamine, de sérotonine, ou d'ATP). Elles peuvent être synthétisées sur place par des enzymes provenant des substrats dus aux dommages, ou encore, arrivent dans cette zone à la suite de l'épanchement de plasma ou de migration des lymphocytes (bradykinine, prostaglandine E, leucotriènes). Enfin, elles peuvent être sécrétées par l'activité du nocicepteur lui-même (substance P, glutamate) (2).

L'accumulation de molécules pro-inflammatoires telles que les prostaglandines, les bradykinines ou autres permet une sensibilisation ou une stimulation directe des neurones. (4) Ces informations transitent par des neurones A delta et C. L'intégration de ces différentes informations est représentée par la figure 10 ci-dessous.

Figure 10 : Illustration du rôle des molécules pro-inflammatoire dans la sensation douloureuse, source IGF



d) La douleur chronique

C'est une douleur présente depuis plus de six mois. Elle engendre généralement un retentissement sur le quotidien, l'appétit, le sommeil. Elle est liée à une augmentation des messages nociceptifs générés par les nocicepteurs périphériques au sein des tissus lésés. Le plus souvent, elle est associée à une réaction inflammatoire (douleur, rougeur, chaleur, œdème).

2. Effet de l'hyperthermie sur ces mécanismes douloureux (13)(14)(15)

L'effet antalgique a plusieurs origines : l'accélération de l'élimination des déchets du métabolisme et des molécules pro-inflammatoires, la diminution de la pression du fluide interstitiel, l'action via le mécanisme « pain gate », ainsi qu'une modification de la vitesse de la conduction nerveuse en elle-même (15).

a) Accélération de l'élimination des molécules pro-inflammatoires

La vasodilatation induite par la chaleur permet d'évacuer les substances algogènes telles que les bradykinines, l'histamine, les prostaglandines, etc. Cela interrompt les stimuli qui arrivent aux terminaisons nerveuses libres nociceptives A delta, et donc diminue la douleur aiguë, dont les fibres A delta sont les principales responsables. Par ailleurs, les spasmes musculaires créent une ischémie qui est elle-même à l'origine de douleur. En permettant une réoxygénation musculaire grâce à la vasodilatation, la diathermie casse le cercle vicieux qui entretenait le spasme musculaire.

b) Modification de l'information transmise

(1). *Diminution de la pression du fluide interstitiel*

La vasodilatation permet également un meilleur drainage, ce qui conduit à une diminution de la pression du fluide interstitiel, et donc une diminution de la douleur liée à l'œdème et à la pression exercée sur les mécanorécepteurs.

(2). *Diminution du spasme musculaire*

Le spasme musculaire est souvent une conséquence de la douleur. L'hyperthermie permet de diminuer ce spasme en agissant directement sur les fibres musculaires : l'augmentation de la température réduit les influx nerveux transmettant la contraction isométrique du muscle à la moelle. En même temps, les informations provenant de l'organe de Golgi (organe proprioceptif situé spécifiquement dans les tendons des muscles squelettiques) augmentent, ce qui empêche un étirement trop important du muscle, et donc diminue le spasme musculaire. Enfin, lorsque la température cutanée augmente, un arc réflexe induit une diminution de l'activité des fibres efférentes gamma, ce qui incite au relâchement musculaire (13).

(3). *Action sur le « pain gate control »*

L'hyperthermie permet d'augmenter expérimentalement le seuil d'activation de la douleur (13). Ce phénomène de réduction de la sensation douloureuse par la chaleur s'explique par le système « pain gate ». En effet, les informations sensorielles cutanées qui sont intégrées dans la moelle épinière dans le même segment sont transmises préférentiellement par rapport à la nociception. Les informations nociceptives sont donc réduites.

(4). *Action sur la transmission nerveuse*

Dans la douleur chronique, ce sont des fibres non myélinisées de type C qui sont impliquées. Dans ce cas, la douleur est due à une hyperexcitabilité des terminaisons nerveuses nociceptives ou à une altération du système d'intégration des informations de la moelle épinière. Des études (14) ont montré que l'utilisation de la diathermie sur des douleurs chroniques permet de réduire la vitesse de conduction de l'information douloureuse dans le nerf sciatique environ une heure après la séance. La diminution de ce stimulus douloureux pendant cette période peut diminuer les informations reçues par la moelle épinière, et permettre à celle-ci de retrouver un fonctionnement normal.

3. Bilan de l'action de l'hyperthermie sur les phénomènes douloureux

L'hyperthermie moléculaire permet de diminuer la sensation douloureuse, que ce soit sur des phénomènes aigus ou chroniques, en utilisant différents mécanismes. Elle permet tout d'abord d'éliminer la cause de la douleur, en diminuant l'inflammation et en permettant l'élimination des molécules pro-inflammatoires. L'augmentation de la perfusion va permettre également un apport plus rapide et en plus grande quantité de molécules anti-inflammatoires et antalgiques, qu'elles soient endogènes ou exogènes. L'information transmise est également modifiée, par le mécanisme du « pain gate » ainsi que par modification directe de la transmission nerveuse, en augmentant le seuil de douleur.

B. Action anti-inflammatoire

1. Physiologie de l'inflammation

L'inflammation se caractérise par différents aspects : *rubor, calor, tumor, dolor, functio lesa* en latin, c'est-à-dire un érythème, une vasodilatation locale, un œdème et une altération du fonctionnement de l'organe atteint. Les réactions inflammatoires se développent dans les espaces conjonctifs.

Les principaux acteurs de l'inflammation sont : des cellules spécialisées, d'origine essentiellement sanguine, transporteuses ou génératrices d'agents promoteurs ou inhibiteurs de l'inflammation ; les vaisseaux sanguins et leurs cellules endothéliales ; les fibroblastes du tissu conjonctif dans lequel l'inflammation se déroule. Les cellules parenchymateuses sont les spectateurs passifs et souvent les victimes de l'inflammation. Les agents phlogogènes sont de nature extrêmement variée (agents physiques, chimiques, biochimiques).

Les phases de l'inflammation :

Une congestion active se développe dans les vaisseaux capillaires situés en périphérie de la lésion. La zone est rouge, chaude, et douloureuse. Suivent une stase sanguine, et une imbibition œdémateuse du tissu conjonctif. Localement, certains vaisseaux en état de stase peuvent être thrombosés. A ce stade, la douleur est vive et suscitée par la compression des fibres nerveuses sensibles par l'œdème et par l'activation de facteurs biologiques algogènes. On constate alors un afflux de granulocytes neutrophiles. Ensuite, l'œdème s'accroît, la perméabilité des vaisseaux en état de stase augmente et permet le passage de protéines de haut poids moléculaire, notamment du fibrinogène. Il y a alors un dépôt de fibrine. Ce phénomène est suivi d'une libération d'enzymes histolytiques par les granulocytes neutrophiles, et d'une diminution des signes vasculaires (levée de la stase, drainage progressif de l'œdème par les capillaires dans lesquels le sang se remet à circuler). Enfin, il y a diapédèse de cellules mononuclées, avec une résorption des débris cellulaires par les monocytes et création d'un tissu conjonctif néoformé.

2. Effet de l'hyperthermie moléculaire sur l'inflammation (13) (14)(15)

Une étude réalisée en 1960 sur 30 rats a montré que la diathermie réduit l'inflammation créée artificiellement sur les genoux des rats (24).

a) Accélération de l'élimination des molécules pro-inflammatoires

Comme dans la gestion de la douleur, la vasodilatation permet une élimination plus rapide des substances algogènes telles que les bradykinines et l'histamine, les prostaglandines, etc. (cf. Partie 1, IV.A.2.a)

b) Accélération des réactions enzymatiques

Lors de l'inflammation, une cascade de réactions enzymatiques est mise en jeu, comme vu précédemment dans le mécanisme de l'inflammation. L'élévation de la température permet une augmentation de la vitesse de réaction enzymatique, et donc une accélération du processus.

c) Meilleure distribution des molécules anti-inflammatoires

On peut également utiliser l'hyperthermie moléculaire pour permettre une meilleure distribution des médicaments au lieu de distribution souhaité. En effet, en augmentant localement la perfusion, on augmente également la distribution des molécules anti-inflammatoires endogènes ou exogènes.

d) Diminution de l'œdème

La vasodilatation des vaisseaux sanguins et lymphatiques permet une augmentation de la perfusion et une augmentation de la pression hydrostatique. On peut rappeler la loi de Starling, qui régit les échanges au niveau des capillaires :

$$Q = P.S[(P_c - P_i) - \sigma(\Pi_c - \Pi_i)]$$

Avec :

Q : le flux

P : la perméabilité du capillaire

S : la surface d'échange

P_c : la pression hydrostatique capillaire

P_i : la pression hydrostatique interstitielle

σ : coefficient de réflexion

Π_c : la pression oncotique capillaire

Π_i : la pression oncotique interstitielle

L'augmentation de la pression hydrostatique capillaire permet donc une réabsorption du liquide qui a été extravasé. L'augmentation de la perfusion lymphatique permet également une réabsorption plus rapide de l'œdème.

3. Bilan de l'action anti-inflammatoire de l'hyperthermie moléculaire

L'hyperthermie moléculaire réduit l'inflammation par différents mécanismes. Tout d'abord, elle permet une élimination plus rapide des substances pro-inflammatoires. Elle permet diminuer également le phénomène inflammatoire en lui-même, en permettant de drainer plus rapidement l'œdème, d'accélérer les réactions enzymatiques nécessaires et de lever le spasme musculaire s'il existe. Enfin, elle diminue la sensation douloureuse. L'usage de l'hyperthermie moléculaire est conseillé dans la deuxième phase de l'inflammation ou dans les inflammations chroniques. En effet, dans la première phase de l'inflammation, lors de la congestion active, elle serait plutôt délétère et risquerait d'aggraver les lésions tissulaires en augmentant l'effusion sanguine.

C. Action de la diathermie sur les muscles

1. Physiologie du traumatisme musculaire et de la cicatrisation. (3) (10)

a) Le traumatisme

(1). Les différentes lésions musculaires

Elles peuvent être avec ou sans lésions anatomiques associées.

Les affections musculaires sans lésions anatomiques

Assez fréquente elles sont souvent négligées, bien qu'elles puissent se compliquer et induire des lésions musculaires anatomiques. Elles correspondent à une gradation de la gravité de la lésion, qui peut être corrélée à une aggravation des mêmes phénomènes physiologiques.

Définition des différentes affections

La courbature correspond à une douleur musculaire diffuse et progressive d'un ou de plusieurs groupes musculaires qui apparaissent 24 à 48 h après un effort inaccoutumé. A la palpation, le muscle est tendu et dur.

La contracture est une contraction involontaire et prolongée d'un ou de plusieurs faisceaux musculaires ou muscles, non réductible par simple étirement, douloureuse même au repos. A la palpation, le muscle est induré, douloureux, avec une zone exquise, c'est-à-dire une zone précise, plus ferme à la palpation, et où la douleur est la plus forte. Le volume musculaire est augmenté lors d'une contracture.

La crampe est une contraction musculaire douloureuse, intense et involontaire, d'un muscle ou d'un groupe musculaire survenant brutalement. La douleur est permanente au repos, à la contraction, à l'étirement et à la palpation.

Physiopathologie de ces affections

Les courbatures sont essentiellement dues à l'accumulation de métabolites (protons, ammoniac, acide lactique), à un œdème interstitiel (provoqué par la rupture des capillaires sanguins), à des microlésions des structures intramusculaires (au niveau des ponts d'actine et de myosine), ainsi qu'à l'apparition d'une lyse cellulaire après un travail important. C'est l'exagération de ces phénomènes lors de l'effort qui donne une contracture. Si la perfusion musculaire est insuffisante, le muscle manque de nutriment, les déchets du métabolisme s'accumulent et les troubles hydro-électriques s'aggravent : la crampe se déclare.

Les affections musculaires avec lésions anatomiques

Définition des différentes affections

La contusion correspond à un écrasement de la fibre musculaire par choc direct sur un muscle le plus souvent en pleine contraction, avec apparition de micro-ruptures capillaires (veinules, artérioles). A la palpation, on sent un point exquis.

L'élongation est une lésion simple de certaines fibres musculaires du muscle, provoquée par un étirement. Elle correspond au dépassement des capacités élastiques du muscle de plus de 60 %, suite à son étirement. Ceci implique une distension des fibres musculaires et des micro-déchirures avec effilochage de quelques myofibrilles. A la palpation, la douleur est diffuse.

Le claquage correspond à une rupture de quelques fibres musculaires accompagnée d'une hémorragie interne au niveau du muscle suite à son élongation. La palpation douloureuse révèle une dépression au niveau du site du claquage.

La déchirure musculaire correspond à une élongation des fibres musculaires au-delà de leur potentiel physiologique avec rupture de quelques myofibrilles perpendiculairement à leur orientation.

Une rupture musculaire est une déchirure musculaire de l'ensemble d'un muscle, avec une atteinte massive du tissu conjonctif de soutien et avec formation d'un hématome volumineux et diffus.

Physiopathologie de ces affections

Au stade de la contusion, on a un écrasement de la fibre musculaire, avec apparition de micro-ruptures capillaires (veinules, artérioles). Suite à cet écrasement apparaît un œdème tout d'abord localisé puis plus diffus. Des ecchymoses apparaissent 24 à 48 heures après le traumatisme.

L'élongation correspond à une atteinte réversible des fibres musculaires, par modification métabolique intra-cytoplasmique de la fibre musculaire (myofibrilles et mitochondries). Le tissu conjonctif reste intact.

Le claquage correspond à une rupture de quelques fibres musculaires accompagnée d'une hémorragie interne au niveau du muscle suite à son élongation. Un œdème de la zone lésée apparaît ensuite.

La déchirure correspond à une atteinte irréversible d'un contingent réduit de fibres musculaires et à une atteinte modérée du tissu conjonctif de soutien sans désorganisation exagérée. Il n'y a pas d'hématome musculaire.

(2). *Bilan du traumatisme musculaire*

Les traumatismes musculaires sans lésions anatomiques correspondent à une somme d'événements intracellulaires, comme un défaut d'apport de nutriments, une augmentation de la concentration en déchets du métabolisme oxydatif et l'accumulation d'ions calcium, potassium, hydrogène. Tous ces éléments sont réunis avant que le muscle, suite à tous ces stress, ne subisse un traumatisme. Lors du traumatisme, un œdème, des micro-lésions et une lyse cellulaire apparaissent.

Les traumatismes musculaires avec lésions anatomiques sont accompagnés d'œdèmes ou d'hématomes. Des fibres musculaires sont détruites, avec une désorganisation plus ou moins importante.

Lors du traumatisme musculaire, on a un épuisement des réserves énergétiques, et donc une diminution de la concentration en ATP dans la cellule, ce qui a pour conséquence une augmentation de la perméabilité membranaire et une fuite de protéines à partir de la membrane musculaire. La perte de ces protéines membranaires constitue un traumatisme pour tout le tissu musculaire, et, par ailleurs, le manque d'ATP dans la cellule musculaire empêche la synthèse de nouvelles protéines (12).

b) Le phénomène de cicatrisation musculaire

(1). *La régénération de la fibre musculaire*

Dans les heures suivant le traumatisme, des cellules inflammatoires comme les macrophages ou les polynucléaires envahissent la zone lésée et phagocyte les fibres musculaires nécrotiques. Seule la membrane basale persiste et sert de base à la prolifération myoblastique qui a lieu dans les jours suivant le traumatisme. Puis les myoblastes s'alignent, fusionnent et forment une grande cellule polynucléée, qui va ensuite évoluer pour donner une fibre musculaire striée (10).

(2). *Les facteurs indispensables à la cicatrisation*

La vascularisation

La prolifération myoblastique et fibroblastique, nécessaire à la cicatrisation musculaire, réclame un apport important d'oxygène. Une importante prolifération de nouveaux capillaires

est toujours constatée dans la zone musculaire lésée. Elle se fait par bourgeonnement à partir des vaisseaux à la frontière de la lésion (3).

L'innervation

Les premiers stades de la régénération musculaire, jusqu'à la formation de la fibre musculaire, peuvent se passer d'innervation. Par contre, l'innervation est indispensable à la maturation de la fibre musculaire et à sa différenciation en fibre musculaire lente ou rapide. En l'absence d'innervation, la nouvelle fibre musculaire s'atrophie et régresse au stade de myotube. (3)

La traction longitudinale

Pour obtenir une unité musculaire complète et fonctionnelle, la traction longitudinale est indispensable. C'est elle qui permet l'orientation des nouvelles fibres musculaires et des fibres de collagène (3).

2. Action de l'hyperthermie moléculaire sur le traumatisme musculaire et la cicatrisation (3) (12) (13) (14) (15) (21)

Même si le mécanisme moléculaire n'est pas encore totalement compris, et bien que toutes les études ne soient pas en ce sens, la guérison d'un traumatisme musculaire semble plus rapide si l'animal est traité par hyperthermie moléculaire. Dans les études les plus pessimistes, l'hyperthermie moléculaire n'est pas plus efficace qu'un placebo, mais jamais délétère.

a) Une vasodilatation locale

L'hyperthermie locale, grâce à la vasodilatation, augmente l'apport en oxygène et en nutriments, ce qui permet à la cellule de retrouver rapidement sa concentration basale en ATP. L'ATP est synthétisée majoritairement par la voie de la phosphorylation oxydative, qui ne peut se faire qu'en présence d'oxygène. L'apport plus important en oxygène empêche donc l'extension de la dégradation des cellules musculaires, et permet une cicatrisation plus rapide.

Il faut également beaucoup d'énergie pour empêcher les lésions oxydatives, et ce mécanisme implique de nombreuses molécules. Or, un tissu déjà lésé n'a plus la capacité de lutter contre les lésions oxydatives. De plus, les radicaux libres sont en partie responsables de la plupart des lésions cellulaires oxydatifs, et en particulier dans les maladies musculaires dégénératives comme la myopathie de Duchenne et l'hyperthermie maligne. Le rôle des radicaux libres dans les lésions musculaires oxydatives n'est pas totalement résolu. Les radicaux libres oxydent les lipides membranaires des muscles ou des tendons. Ils peuvent aussi altérer l'ADN et les protéines, entre autres les enzymes anti-oxydantes. Les protéines HSP, dont la synthèse est induite par l'hyperthermie, permettent une protection biochimique et structurale contre les lésions ischémiques.

L'accumulation intracellulaire d'ions calcium entraîne la mort cellulaire. Son rôle est très important dans les phénomènes de lésions musculaires. L'élévation du calcium intracellulaire peut entraîner la mort cellulaire selon plusieurs scénarios. Elle peut activer des protéases calcium dépendantes (par exemple, Calpain 1 et 2), les lysosomes et les enzymes lipolytiques. L'accumulation de calcium intracellulaire est due à l'accumulation de calcium extracellulaire. En effet, lorsque le calcium extracellulaire est évacué, les effets néfastes de l'accumulation de calcium intra cellulaire sont moins importants.

L'hyperthermie moléculaire, en augmentant la perfusion locale, permet une meilleure élimination du calcium extracellulaire, et donc limite l'accumulation de calcium intracellulaire (12).

b) Une diminution de l'œdème ou de l'hématome

En 1983, Lehmann *et al.* (21) a démontré que la résolution d'un hématome provoqué dans le biceps fémoral chez un porc était plus rapide avec un traitement par hyperthermie moléculaire. L'hématome a été créé en injectant du sang marqué avec du chrome dans les deux biceps. Un seul coté a été traité par de la diathermie à micro-ondes à 915 MHz. La température à l'intérieur de l'hématome était entre 42 et 45 °C. La décroissance radioactive du coté traité est significativement plus rapide que du coté témoin, ce qui prouve l'intérêt de l'utilisation de l'hyperthermie moléculaire dans le traitement des hématomes.

c) Une levée du spasme musculaire

Comme vu précédemment, le spasme musculaire est dû à l'accumulation d'ions et de métabolites dans les cellules. L'élimination plus rapide de ces métabolites, ainsi que l'apport en oxygène et en nutriments permis par la vasodilatation, induit une levée du spasme musculaire (31).

d) Intérêt de l'hyperthermie moléculaire dans des affections musculaires variées

Sorrenti *et al.*, cité par Giombini *et al.* (12) a démontré l'intérêt de la diathermie dans 62 lésions musculaires différentes, avec une échelle visuelle et avec des échographies. Dans le groupe traité par la diathermie, il n'y a eu ni complication ni rechute, alors que deux rechutes et une calcification ont eu lieu dans le groupe traité par les ultrasons.

Une autre étude avec 40 athlètes, (12) présentant des traumatismes musculaires aigus variés. 31 sont traités avec de la diathermie, 19 avec des ultrasons pendant deux semaines, au rythme de trois fois par semaine, pendant 30 minutes pour l'hyperthermie moléculaire et 15 minutes pour les ultrasons. Dans les deux groupes, il y a une réduction de la douleur. Mais l'hyperthermie moléculaire présente des résultats significativement meilleurs que les ultrasons sur une échelle visuelle des résultats.

Une autre étude rapporte les mêmes résultats lors de contractures musculaires du quadriceps. Enfin, plus récemment, une étude utilisant de la diathermie à 27,12 MHz a démontré qu'après cinq jours d'utilisation sur le biceps fémoral, associé à des étirements, l'amplitude de mouvements était significativement plus élevée que lors d'étirements seuls (29).

e) Rôle de l'hyperthermie moléculaire dans la création des HSP

(1). *Présentation des HSP*

Les protéines du stress thermique (heat shock proteins : HSPs), aussi appelées protéines du stress, sont présentes dans toutes les cellules. Il s'agit d'une famille de protéines, dont chacune a ses spécificités. En temps normal, elles agissent comme des protéines chaperon, en vérifiant que les protéines intracellulaires ont la bonne conformation et sont au bon endroit. Elles permettent le passage des protéines dans un autre compartiment cellulaire, ainsi que la destruction des protéines n'ayant plus la forme ou la fonction souhaitée.

(2). Rôle des HSP dans la protection des fibres musculaires

Lors d'un stress thermique à 41°C induit par l'hyperthermie moléculaire, les HSP, et notamment les HSP 70 sont produites par les muscles en quantité plus importante. Lorsque la concentration intracellulaire de HSP augmente, le métabolisme cellulaire est tourné vers l'anabolisme : la synthèse protéique augmente et la dégradation protéique diminue.

De plus, on suppose que certaines HSP, dont les HSP 70 diminuent le risque de déchirure musculaire lors de l'effort, ce qui donnerait un intérêt à l'utilisation de la diathermie lors de l'échauffement (12).

f) Action de l'hyperthermie moléculaire sur l'étirement musculaire

La chaleur et l'étirement sont deux facteurs qui sont utilisés pour améliorer l'allongement musculaire et restaurer les pertes de mobilité. Lorsque la température augmente de plus de quatre degrés, le collagène est plus extensible, et les tissus plus ductiles et moins tendus. L'hyperthermie moléculaire, en augmentant sensiblement la température sur de grandes régions, permet une relaxation musculaire, diminue les spasmes musculaires, et augmente l'amplitude articulaire.

Une étude (8) s'intéresse à la flexibilité de la hanche. Les angles articulaires sont mesurés avant et après chaque traitement par hyperthermie moléculaire. Le traitement consiste en 7000 pulsations par seconde d'hyperthermie moléculaire à ondes courtes pendant 15 minutes, puis trois étirements de trente secondes chacun, et ce tous les jours pendant sept jours. Au terme de la semaine, aucune différence significative n'a été mise en évidence dans les différents groupes. L'auteur de l'étude suppose que la durée de l'étude n'a pas été suffisamment longue, car lors d'une étude complémentaire de 3 semaines avec 10 minutes d'étirement, la flexion de la hanche était augmentée de façon significative dans le groupe traité par hyperthermie moléculaire par rapport au groupe témoin.

Une autre étude, concernant le muscle sus épineux, et comparant l'hyperthermie moléculaire aux ultrasons et aux exercices de physiothérapie seuls, a conclu à de meilleurs résultats obtenus avec l'hyperthermie en terme de douleur sur une échelle visuelle de la douleur, en terme d'étude des mouvements contrariés, et en terme de capacité fonctionnelle (12).

3. Bilan de l'indication de l'utilisation de l'hyperthermie sur les traumatismes musculaires.

L'hyperthermie moléculaire peut être utilisée sur les traumatismes musculaires. En effet, par la vasodilatation qu'elle apporte, elle permet une meilleure cicatrisation du muscle en apportant les facteurs nécessaires à la cicatrisation. Par ailleurs, la diminution de l'œdème, la levée du spasme musculaire, et l'augmentation de la vitesse de réaction enzymatique sont des facteurs favorisants.

L'augmentation de la concentration en HSP permet de diminuer le risque de rupture musculaire lors de l'effort. La perfusion du muscle augmente également, ce qui le prépare à l'effort. L'hyperthermie augmente la contractilité musculaire, en augmentant l'activité des ATPase et en modifiant les propriétés mécaniques du collagène et des tendons.

Enfin, la force de contraction musculaire est augmentée pendant deux heures après traitement par hyperthermie moléculaire. (15)

D. Action de la diathermie sur les tendons

1. *Physiologie du traumatisme tendineux et de la cicatrisation.*

a) Anatomie du tendon

Les tendons sont composés de ténocytes, qui produisent la matrice extracellulaire faite de collagène, d'élastine, de protéoglycanes, de glycoprotéines et de collagène (essentiellement de type 1, dont les fibres ont une orientation parallèle à l'axe long du tendon). Ces ténocytes sont entourés de différentes gaines, dont le rôle est de faciliter le glissement, et d'apporter la vascularisation et l'innervation.

b) Mécanisme lors de lésions tendineuses

Les lésions tendineuses résultent d'un déséquilibre dans l'homéostasie cellulaire. Dans la mesure où les tendons ne produisent leur ATP que par la voie de la phosphorylation oxydative, l'hypoxie seule peut donner une dégénération cellulaire.

Les lésions chroniques du tendon montrent un changement dans le flux artériel, entraînant une hypoxie chronique et un défaut d'apport de nutriments. De plus, les études histologiques montrent un défaut d'adaptation de la matrice cellulaire à l'augmentation d'activité.

c) Cicatrisation des tendons

L'apport vasculaire est nécessaire pour apporter des facteurs nutritifs et cellulaires. La réparation des dommages se fait grâce à une prolifération cellulaire, en condition aérobie.

2. *Action de l'hyperthermie moléculaire sur un traumatisme tendineux (1) (12)*

a) Amélioration de la perfusion

En augmentant la perfusion des tissus (de 2,7 à 40 mL/100g/min) l'hyperthermie moléculaire permet une élimination des débris cellulaires plus rapide, et une stimulation de la synthèse protéique (12).

Au niveau cellulaire, l'hyperthermie moléculaire augmente les concentrations en galactosamine et en glucosamine des tissus tendineux environnant (24).

b) Elongation du tendon

Une étude sur le tendon de rat a démontré que les étirements associés à de l'hyperthermie moléculaire à micro-ondes à 915 MHz à 45 °C permettait une elongation significative du tendon. De plus, une autre étude confirme que des étirements identiques sans hyperthermie moléculaire associée peuvent endommager les tendons (12).

c) Intérêt lors de tendinopathies

Une étude a été réalisée sur 44 athlètes souffrant de tendinopathies à la cheville (12). La moitié était traitée par hyperthermie moléculaire, l'autre moitié par ultrasons, et ceci 3 fois par semaine pendant 4 semaines. Un contrôle échographique ainsi que des tests de résistance à la douleur ont été réalisés immédiatement après les 12 sessions et un mois après la fin du traitement. Dans les 2 groupes, la sensation douloureuse a significativement diminuée. Mais la

satisfaction globale après retour à l'entraînement est bien meilleure avec le traitement par hyperthermie moléculaire (77% de « excellent » et « bon » résultats contre 33 % avec les ultrasons). D'autres études ont montré que l'hyperthermie moléculaire était significativement plus efficace pour traiter les tendinopathies que les ultrasons (1). Bien qu'intéressantes, ses études n'en demeurent pas moins trop subjectives dans leur approche pour que des conclusions trop définitives n'en soient tirées.

3. Bilan de l'intérêt de l'utilisation de l'hyperthermie moléculaire sur un traumatisme tendineux

L'hyperthermie moléculaire présente des bons résultats pour accélérer la guérison des tendinopathies. Elle permet une élévation et un assouplissement du collagène, ainsi qu'une meilleure nutrition de celui-ci.

E. Action sur les articulations

1. Physiologie de l'articulation

a) Anatomie de l'articulation saine

Une articulation est composée de deux os recouverts par un cartilage articulaire. Elle est circonscrite par une capsule articulaire contenant du liquide synovial. La fonction normale du cartilage est de former une surface lisse, durable, sans aspérités et de bien répartir les charges d'un os à l'autre. Le cartilage est un tissu avasculaire et non innervé, composé de chondrocytes répartis dans une matrice acellulaire.

La capsule articulaire est composée de plusieurs couches. La couche externe, fibreuse, joue un rôle de support. La couche interne ou synovium est composée de vaisseaux sanguins et de nerfs, et joue un rôle important dans l'homéostasie du liquide synovial. Le synovium est souvent impliqué dans de nombreuses pathologies articulaires.

Le liquide synovial a une composition proche du plasma. Il possède des molécules de haut poids moléculaire. Il joue le rôle de lubrifiant et maintient l'homéostasie articulaire (25).

Autour de la capsule synoviale s'insèrent des tendons, des ligaments, et du tissu conjonctif, qui ont pour rôle de maintenir l'articulation.

b) Physiopathologie d'une atteinte articulaire

Lors d'une atteinte articulaire traumatique, on observe fréquemment une inflammation de la zone, et donc un œdème articulaire, ainsi que des tissus péri articulaires.

Lors d'immobilisation prolongée, ou lorsque l'articulation est peu sollicitée, on observe fréquemment une ankylose. La diminution de l'angle articulaire peut être due à une rétraction du tissu conjonctif et des tissus mous péri articulaire, un épaissement du liquide synovial, de la fibrose musculaire, ou fréquemment à un dépôt anarchique de collagène.

c) L'arthrose (24) (26)

L'arthrose est une maladie très fréquente du chien âgé. Lors d'arthrose, on observe une douleur marquée, une inflammation, une raideur, une amyotrophie, et des difficultés à se déplacer. Dans la mesure où aucun traitement curatif n'existe, seuls des traitements symptomatiques sont mis en place, ayant pour but de soulager la douleur et de ralentir l'évolution.

Les causes de l'arthrose

L'arthrose peut être due à une inflammation, un défaut de congruence osseux, une lésion ligamentaire, un trouble neurologique, un traumatisme musculaire ou à une lésion dans le tissu entourant l'articulation.

La physiopathologie de l'arthrose

L'ostéoarthrose débute par une dissociation des couches de la surface du cartilage articulaire. Il y a un relâchement des ponts de collagène, et des changements de densité dans l'os sous chondral. Il en résulte une modification des contraintes mécaniques, une incongruence, et une mauvaise répartition des charges. Ensuite, les fibres de collagènes se désorganisent. Les capacités mécaniques du cartilage diminuent. Il y a perte progressive de la matrice, perte de protéoglycannes. Le cartilage se fissure, et des fragments sont libérés dans la synovie, ce qui crée une synovite. L'os sous chondral se sclérose. La capsule articulaire s'épaissit tout d'abord à cause du dépôt de fibrine et de l'inflammation. Un œdème secondaire à la synovite s'installe. Suite à l'inflammation et à l'augmentation de la pression osmotique intra articulaire, un épanchement articulaire se développe. On a alors un processus inflammatoire chronique au niveau de l'articulation. Lors de la synovite chronique, les villosités synoviales s'épaississent et excrètent plus de liquide synovial, ce qui conduit à un épaississement des culs de sacs synoviaux.

Les lésions anatomiques dues à l'arthrose

L'arthrose est donc une maladie dégénérative correspondant à une perte, d'abord focale, d'une partie du cartilage articulaire, d'une sclérose de l'os sous chondral, et à la formation d'ostéophytes et d'enthésophytes sur les marges de l'articulation.

Dans l'arthrose, l'intensité de la synovite a été reliée à la douleur articulaire, et permet de prévoir la quantité de cartilage perdue. L'épaisseur de la capsule articulaire (synovie et membrane synoviale) mesurée à l'échographie peut être considérée comme un marqueur de l'intensité de la synovite.

2. Action de l'hyperthermie sur l'articulation saine ou arthrosique (6) (12) (22) (24) (27) (31)

L'objectif du traitement contre l'arthrose est de diminuer la sensation douloureuse, d'améliorer la fonction articulaire et de freiner l'évolution en contrôlant le processus inflammatoire.

a) Modification des propriétés mécaniques du collagène

La chaleur modifie les propriétés élastiques du collagène et le rend plus visqueux qu'élastique. Si le membre est mobilisé à chaud, le collagène reste étiré en refroidissant, et il a nettement moins tendance à rompre que s'il avait été mobilisé à froid (31). L'hyperthermie induite par les micro-ondes permet donc d'augmenter la mobilité articulaire (27). De plus, comme vu précédemment, l'hyperthermie stimule la cicatrisation des tissus conjonctifs, musculaires et osseux, et réduit les spasmes et les contractures musculaires et tendineuses, ce qui joue en faveur d'un rétablissement d'une meilleure mobilité articulaire.

b) Induction d'une vasodilatation locale

(1). *Résorption de l'œdème*

Comme vu dans la partie 1,IV.B.2.d, la vasodilatation induite par l'hyperthermie permet une résorption plus rapide de l'œdème.

(2). *Meilleure diffusion des molécules anti inflammatoires et des nutriments*

La vasodilatation créée autour de l'articulation induit une augmentation de la perfusion de l'articulation, ce qui permet une meilleure pénétration des molécules anti-inflammatoires dans la cavité articulaire. De plus, la vasodilatation augmente l'apport en nutriments et en oxygène, et permet une meilleure élimination des déchets du métabolisme.

Enfin, au niveau cellulaire, l'hyperthermie moléculaire augmente l'absorption de 35 S sulfate par la capsule articulaire sur le genou de lapin, augmente les concentrations en galactosamine et en glucosamine des tissus tendineux environnant, et augmente la concentration en glycosaminoglycane du cartilage (24).

c) Diminution de la sensation douloureuse (cf partie 1,IVA.2)

L'hyperthermie moléculaire permet une réduction de la sensation douloureuse, d'une part en réduisant l'œdème et le gonflement articulaire, et d'autre part par les mécanismes déjà étudiés. Cela a été mis en évidence lors de pathologie de l'épaule chez l'homme (22) : l'hyperthermie moléculaire associée aux étirements est significativement plus efficace pour réduire la sensation douloureuse que les étirements seuls ou que les étirements associés aux poches de chaud.

d) Rétablissement d'une meilleure mobilité articulaire

L'hyperthermie moléculaire est significativement plus efficace pour restaurer la mobilité articulaire, et améliorer la mobilité quotidienne que la thérapie superficielle chez des sujets humains atteints du syndrome « épaule bloquée » (22). Après 12 séances, les patients ayant subi de l'hyperthermie à ondes courtes ont significativement moins mal que ceux ayant subi des exercices d'étirements ou de la thérapie superficielle. De plus, la flexion de l'épaule est significativement augmentée, ainsi que la rotation externe de l'épaule. L'abduction ne montre pas de différence significative entre l'hyperthermie et les autres groupes.

e) Lutte contre l'amyotrophie

Une étude (6), a montré que l'utilisation de l'hyperthermie moléculaire sur un genou arthrosique permet une augmentation de la force musculaire et de la distance de marche.

f) Diminution de la synovite

Une étude publiée en 2006 sur 30 personnes a comparé l'évolution de l'aspect échographique de la synovite lors d'un traitement par hyperthermie moléculaire seul ou associé au traitement par anti inflammatoires non stéroïdiens. Un groupe témoin ne recevant aucun traitement a également été suivi (13). Le protocole utilise de la diathermie à onde courte pendant 20 minutes, à une température différente selon les patients, 3 à 5 fois par semaine. Pour apprécier l'épaisseur de la membrane synoviale, on la mesure en trois points : le sac supérieur, médial et latéral à la patella. Ces mesures sont effectuées après 10, 20 et 30 traitements, ou toutes les

deux ou trois semaines pour le groupe témoin. L'échographie est une méthode fiable d'évaluation non invasive de la membrane synoviale, validée par des études la comparant à l'arthroscopie ou à l'IRM. L'évolution de la sensation douloureuse est suivie sur une échelle visuelle, avant et après traitement.

L'épaisseur de la capsule articulaire diminue de manière significative par rapport au groupe témoin dès 10 séances, et la diminution entre 10 et 20 séances est également significative. Par contre, la diminution entre 20 et 30 séances n'est pas significative. Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative dans l'épaisseur de la membrane synoviale entre les deux groupes traités par de la diathermie, avec ou sans AINS.

L'évolution de l'indice de douleur diminue de manière significative à chaque fois après 10, 20 ou 30 séances. Par contre, il n'y a pas de différence significative dans la douleur ressentie dans les groupes traités, avec ou sans AINS.

Avec cette étude, il a pu être également mis en évidence une corrélation significative entre la douleur ressentie et l'épaisseur de la membrane synoviale. Cette information, mise en évidence chez l'homme, peut être particulièrement intéressante en médecine vétérinaire, où il est plus aisé de mesurer l'épaisseur de la membrane synoviale que d'estimer l'état algique d'un chien.

g) Augmentation de l'amplitude articulaire

Dans cette étude sur 27 patients souffrant d'arthrose du genou radiographiquement visible, suite à différents traumatismes (6), l'amplitude articulaire a été mesurée au goniomètre, la douleur est évaluée par une échelle subjective, et la force musculaire du quadriceps est mesurée par un dynamomètre, ainsi que par un test de marche sur 13 mètres. L'inflammation est évaluée en marquant les leucocytes du patient par scintigraphie.

Les patients ont été traités par hyperthermie moléculaire à 27 MHz à ondes pulsées pendant 20 minutes, soit par des flashes de 200 µsec avec 400 impulsions par minute et un rendement de 10 Watt, soit par des flashes de 400 µsec avec 400 impulsions par minute et un rendement de 20 Watt. Pour le groupe témoin, l'appareil a été transformé pour ne pas envoyer d'onde.

Les seuls résultats significatifs ayant été obtenus sont une augmentation de l'amplitude du mouvement chez le groupe placebo, une amélioration du test de marche pour le groupe traité à « faible dose », et une amélioration de la force musculaire pour le groupe traité à « forte dose ». Le manque de résultats significatifs peut être lié au nombre assez faible de patients inclus dans l'étude. De plus, les groupes peuvent ne pas être homogènes, dans la mesure où le traumatisme primitif et la durée d'évolution n'ont pas été fixés.

3. Bilan de l'action de l'hyperthermie moléculaire sur l'articulation saine et sur l'arthrose

L'hyperthermie apporte une augmentation de l'amplitude articulaire liée à l'assouplissement du collagène, ainsi qu'une diminution de l'œdème.

Les études les plus récentes sont également les plus encourageantes. Elles mettent en évidence une augmentation de l'amplitude articulaire, de la distance de marche, et de la force musculaire, ainsi qu'une diminution de la douleur et de la synovite.

F. Action sur les os

1. Physiologie des l'os et de la cicatrisation osseuse. (26)

a) Anatomie de l'os

L'os présente deux structures : l'os cortical et l'os spongieux. La différence est visible de façons macroscopique : l'os cortical a une porosité de 5 à 30%, alors que l'os spongieux a une porosité de 30 à 90%.

Trois types de cellules composent un os : des ostéoblastes responsables de la synthèse de la matrice, des ostéocytes, qui correspondent à des ostéoblastes différenciés et encastrés dans une matière minérale, et enfin des ostéoclastes, qui résorbent l'os en dissolvant les minéraux grâce à la libération de sécrétions acides et d'enzymes, telles que les phosphatases, collagénases, cathépsine, protéases.

b) Le phénomène de cicatrisation osseuse

Il y a plusieurs types de cicatrisation osseuse : la reconstruction ostéonale primaire directe (possible si l'alignement des abouts osseux est parfait, qu'ils sont stables, et qu'il y a des contacts directs entre les cellules), la reconstruction ostéonale secondaire directe (lorsque les cellules ne sont pas parfaitement en contact), et la reconstruction ostéonale indirecte (lorsque les abouts osseux ne sont pas parfaitement en contact, même s'il y a une stabilité parfaite).

Lors de la cicatrisation ostéonale, des ostéoclastes et des ostéoblastes se placent sur le plan de fracture, et l'os est synthétisé directement.

Lors de la cicatrisation ostéonale indirecte, un cal osseux va se mettre en place et permettre une stabilisation des abouts fracturaires. La cicatrisation osseuse indirecte se fait en quatre étapes : l'inflammation, le cal mou, le cal dur, et le remodelage.

(1). L'inflammation

L'inflammation est présente dès l'apparition de la fracture et persiste jusqu'à la mise en place d'un tissu de granulation. Une fracture entraîne des hémorragies locales et la formation d'hématomes.

(2). Le cal mou

Il commence à l'apparition du tissu de granulation. Il est constitué d'un tissu fibreux et d'un tissu fibrocartilagineux. En périphérie du cal il se forme un tissu fibreux, le cal externe, bien vascularisé. Vers le centre de l'os, il s'agit d'un cal fibrocartilagineux, moins bien vascularisé. Plus la fracture est instable, plus le cal est important.

(3). Le cal dur

Il correspond à la minéralisation des cals mous fibreux et fibro cartilagineux. Il permet une meilleure rigidité du cal, ce qui permet la survie des ostéoblastes. Le fibrocartilage minéralisé subit ensuite une ossification endochondrale.

(4). Le remodelage

Au cours des mois qui suivent la fracture, les fibres osseuses s'orientent en fonction des forces appliquées sur l'os.

2. Action de l'hyperthermie sur la cicatrisation osseuse.

a) Action sur l'œdème péri-fracturaire (5)

L'efficacité de l'hyperthermie moléculaire à ondes courtes pulsées a été comparée à la cryothérapie, méthode de référence, sur des fractures du calcanéum chez l'homme. L'hyperthermie moléculaire s'est montrée aussi efficace que la cryothérapie dans la diminution de l'œdème.

b) Action sur les collagénases (15) (24)

Si l'on chauffe par hyperthermie moléculaire la plaque de croissance d'un enfant, sa croissance en est affectée. En effet, la collagénase responsable de la destruction du cartilage articulaire devient très active lorsque la température augmente(15). Il est donc dangereux de traiter les zones des cartilages de croissance, car cela risquerait d'affecter la croissance ultérieure de l'animal.

Enfin, l'hyperthermie à micro-ondes peut également induire l'ostéogenèse et la différenciation en cartilage, ce qui est le plus souvent relié aux effets non thermiques. (24)

c) Action sur la spondylose chez l'homme (32) (36)

Dans cette étude réalisée chez l'homme (32), l'objectif est d'estimer l'effet de la calcitonine lors de spondylose Le traitement commun aux deux groupes consiste en des exercices (flexions du dos, mobilisations, et exercices d'étirements), des courants électriques, des poches de chaud et de l'hyperthermie moléculaire à ondes courtes. Un groupe reçoit 200 UI par jour de calcitonine, et l'autre 1,5 g de paracétamol.

Au terme de l'étude, après 8 semaines de traitement, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes. Par contre, il y a une différence significative sur la diminution de la douleur (au repos et en activité) sur l'échelle visuelle entre le début et la fin du traitement, ainsi qu'une augmentation de l'extension de la colonne (mesure au goniomètre), une diminution du score du roland morris et une augmentation de la distance parcourue sans sensation douloureuse.

L'hyperthermie moléculaire, associée à d'autres traitements, a donc été capable de diminuer la sensation douloureuse due à la spondylose. Ce résultat est corrélé par une autre étude, s'intéressant au syndrome mal au dos chez l'homme (36).

d) Action sur le syndrome « mal au dos » chez l'homme (36)

Le syndrome mal au dos est une affection très fréquente chez l'homme, qui peut avoir des origines très différentes. Dans cette étude (36) différents traitements ont été mis en place : des exercices de traction, des exercices d'extension et de l'hyperthermie moléculaire à ondes courtes, au rythme de trois fois par semaine pendant deux semaines. Le résultat consiste en une appréciation du patient (amélioration, aucun changement ou dégradation) suite au traitement en se basant sur : efficacité subjective, difficulté à se lever le matin, changement dans la position du lumbago, changement dans l'étendue de la sciatique, changement du nombre de positions douloureuses, changement dans le nombre de tests douloureux sur les jambes, changement dans la douleur ipsilatérale ou controlatérale, changement dans l'élévation de la jambe. Les résultats sont ensuite comparés au groupe témoin, qui reçoit de l'hyperthermie moléculaire à ondes courtes à une température non thérapeutique. Les résultats

obtenus dans un premier temps ne montrent pas de différence significative entre les quatre groupes (les trois groupes traités et le groupe témoin).

Au vu des résultats non significatifs lors d'un traitement sur le syndrome « mal au dos », l'origine des douleurs a été classée en sept catégories : spondylose, arthrose focale, arthrose symétrique, instabilité vertébrale, irritation d'un nerf ou compression d'un nerf et autres causes.

Grâce à cette distinction dans l'origine de la douleur, des différences significatives peuvent être mises en évidence entre les différents traitements, en comparaison avec le groupe témoin. La diathermie est le traitement le plus efficace pour la spondylose, même si les résultats n'atteignent pas le seuil significatif ($p=0,12$) et elle est efficace sur la compression nerveuse avec perte de réflexes ($p=0,06$) mais moins que les exercices d'extension ($p=0,01$).

3. Bilan de l'action de l'hyperthermie moléculaire sur les os.

Les publications quant à cette action de l'hyperthermie moléculaire sont extrêmement rares. Néanmoins, l'hyperthermie moléculaire semble avoir un intérêt dans le traitement de la spondylose. L'utilisation de l'hyperthermie moléculaire sur les fractures et sur la spondylose sont des pistes à explorer.

Deuxième Partie : Utilisation d'hyperthermie moléculaire sur des cas traités au sein de l'UMES.

I. Objectif de l'étude

Très peu d'études cliniques ont été publiées sur l'hyperthermie moléculaire en rééducation fonctionnelle, la plupart des publications se limitant à la cancérologie. L'Unité de Médecine de l'Élevage et du Sport (UMES), et plus particulièrement le service de rééducation fonctionnelle, en collaboration avec la société Biothermatics a testé différentes applications cliniques d'un appareil d'hyperthermie moléculaire. Ce chapitre présente les protocoles utilisés sur chaque chien, les résultats, ainsi qu'une synthèse des résultats obtenus.

II. Matériel et Méthode

A. Description de l'appareil

1. Composants

L'équipement qui a permis cette étude est l'appareil Algoritherm, MHT-System, produit par Biothermatics (photo10) et qui délivre des ondes électromagnétiques d'ultra-hautes fréquences (434 Mhz). Il est composé d'une unité centrale, produisant les micro-ondes, et d'un applicateur. Cet applicateur est une antenne multicouche, utilisant la technologie « lentille à résonance diélectrique » micro-ondes, intégrant un système de capteur de la température digitale.

Photo 10 : L'appareil Algoritherm d'hyperthermie moléculaire à micro-ondes



2. Fonctionnement de l'appareil d'hyperthermie moléculaire

Le fonctionnement d'un générateur à micro-ondes est détaillé dans la partie 1,II.

Spécificité techniques du matériel utilisé :

Alimentation : courant alternatif dans la gamme 85 à 264 V 47/63 HZ

Longueur d'onde : 0,69m

Mode : continu ou pulsé

PRF : pulse répétition rate : 1 à 10 Hz

Energie délivrée par un applicateur 100mW/cm²

Hyperthermie non invasive

Gamme de température : 30 °C à 44°C

Mesure de température en temps réel au centre de l'applicateur.

Applicateur flexible multi couche avec intégration du capteur de température digital.

Technologie des applicateurs : lentille à résonateur diélectrique micro-ondes

Mode de transmission : transverse electromagnetic mode

Dimension des applicateurs : 150mm x 110mm x 8mm

Nombre d'applicateur : 2

Energie rayonnée à 1m : < à 1,44 mW/cm²

Technologie du générateur : état solide

Largeur de bande des applicateurs : système automatique

MHT système technologie : multiprocesseurs

Timeur programmable : max 20 min

Dimension/poids : 360mm x 200mm x 395 mm / 10kg

3. Règles de sécurité

L'utilisateur de la machine doit retirer ses bijoux. Les dispositifs électroniques tels que les téléphones portables doivent être situés à plus d'un mètre de l'antenne. La peau doit être parfaitement sèche. Le fabricant indique de ne pas dépasser les 60 minutes de traitement par 24h, et de ne pas utiliser d'hyperthermie en cas de trouble de la coagulation sanguine, de troubles mentaux, de problèmes vasculaires dans la zone à traiter, lors de présence d'un pacemaker ou d'un implant électronique, ou chez les femmes enceintes

B. Méthode d'utilisation

1. Protocoles proposés par le fabricant

Les différents protocoles proposés par le fabricant sont rappelés dans le tableau I ci-dessous.

Tableau I : Protocoles proposés par le fabricant

| Indication | Nombre de séances |
|--|---|
| Protocole antalgique de physiothérapie (douleur aiguës périphériques, douleurs chroniques, névralgies) | 3 séances de 20 minutes espacées de 48h à 39°C en mode CW |
| Traitement de physiothérapie anti inflammatoire en rhumatologie chez l'homme | 3 à 6 séances de 20 minutes espacées de 48heures à 40°C. mode pulsé pendant les 10 premières minutes puis mode CW |
| Pathologies tendineuses : traumatologie du sport : contusions, hématomes, raideurs articulaires, laxités ligamentaires...) | 3 séances de 20 minutes espacées de 48h en mode CW à 40°C |
| Prise en charge des algies rachidiennes : cervicales, dorsales et lombaires avec ou sans radiculalgie associée | 3 à 6 séances de 20 minutes espacées de 48h à 39°C en mode CW |
| Pathologie réflexes périphériques : contractures musculaires, œdème post traumatique, troubles vasomoteurs (algodystrophies) | 3 à 6 séances de 20 minutes espacées de 48h à 39°C en mode CW |
| Problèmes vasculaires périphériques : artériels, veineux, lymphatiques, microcirculatoires | 3 à 6 séances de 20 minutes espacées de 48h à 40°C en mode CW |

NB : la température donnée est la température affichée par l'appareil, qui est la température mesurée par l'appareil en surface de la peau. La température interne est en moyenne supérieure de 4°C.

2. Protocoles utilisés

Différents protocoles ont été utilisés. Lors des premiers essais, les séances étaient de 20 minutes à 38°C. Puis, constatant que les chiens supportaient bien le traitement, les protocoles ont évolué jusqu'à une température de 42°C. La durée de traitement a également évolué : on compte 10 minutes effectives de traitement, c'est-à-dire 10 minutes passées réellement à la température voulue, ce qui, d'après le fabricant, est tout aussi efficace.

Pour atteindre plus rapidement cette température, un hotpack est chauffé au four à micro-ondes, et placé entre l'appliqueur et la peau du chien. Une serviette est placée entre le hotpack et la peau, pour éviter les brûlures. Une fois la température désirée atteinte, le hotpack est retiré, ainsi que la serviette. Les 10 minutes sont décomptées une fois la température atteinte sans le hot pack.

L'objectif était de répartir les six séances en deux voir trois semaines.

Nous sommes restés sur un objectif de 6 séances, quelle que soit la pathologie, mais modulé selon l'emploi du temps du propriétaire et ses volontés. Le nombre de six séances a été choisi de manière un peu arbitraire, en s'appuyant sur les protocoles proposés.

3. Méthodes d'évaluations

a) Evaluation de l'état corporel

L'évaluation de l'état corporel des chiens est réalisé suivant la grille rappelée dans le tableau II ci-dessous.

Tableau II : Evaluation de la note d'état corporel

| Note d'état corporel | Description |
|----------------------|--|
| 1 | Reliefs osseux saillants, pas de graisse visible, amyotrophie sévère, animal cachectique |
| 1,5 | Reliefs osseux visibles, pas de graisse visible, amyotrophie marquée |
| 2 | Reliefs osseux visibles, pas de graisse visible |
| 2,5 | Cotes facilement palpable, couverture grasseuse minime |
| 3 | Cotes facilement palpables, pas de couverture grasseuse importante |
| 3,5 | Cotes palpables, avec un tissu adipeux en léger excès |
| 4 | Cotes difficilement palpables, recouvertes par un tissu adipeux présent en excès |
| 4,5 | Cotes difficilement palpables, dépôts grasseux importants |
| 5 | Dépôts grasseux massifs généralisés, distension abdominale |

b) Evaluation de la note subjective d'efficacité du traitement

La note d'efficacité subjective du traitement est accordée selon la grille présentée ci-dessous, dans le tableau III.

Tableau III : Evaluation de la note d'efficacité subjective du traitement

| Note d'efficacité subjective du traitement | Critères d'attribution de la note |
|--|--|
| 10 | Disparition totale et rapide des signes cliniques après les six séances de traitement, sans rechute. |
| 9 | Disparition des signes cliniques plus lente, ou disparition non totale des signes cliniques. |
| 8 | Disparition lente et incomplète des signes clinique, rechute après la fin du traitement. |
| 7 | Persistance de signes cliniques modérés suite au traitement. |
| 6 | Persistance de signes cliniques modérés, nécessité d'une autre thérapeutique (anti-inflammatoire ou autre technique de rééducation fonctionnelle). |
| 5 | Amélioration équivalente à une autre thérapeutique de rééducation fonctionnelle (hydrothérapie, ultrasons...) |
| 4 | Peu d'amélioration, amélioration clinique moins flagrante que celle apportée par d'autres techniques dans un cas similaire. |
| 3 | Très peu d'amélioration de l'état clinique suite au traitement. |
| 2 | Pas d'amélioration après traitement. |
| 1 | Dégradation de l'état clinique ou douleur lors du traitement. |

4. Application de l'appareil

Quelque soit le lieu de traitement, l'applicateur est maintenu en place par le vétérinaire.

a) Sur les hanches

La photo 11 illustre l'application de l'hyperthermie moléculaire sur les hanches.

Photo 11 : Application d'hyperthermie à micro-ondes sur les hanches



La photo 12 illustre l'application de l'hyperthermie moléculaire sur les hanches, avec un « hot pack ».

Photo 12 : Application d'hyperthermie sur les hanches, avec un "hot pack"



b) Sur le coude

La photo 13 illustre l'application de l'hyperthermie moléculaire sur le coude.
Photo 13 : Application d'hyperthermie sur le coude



c) Sur le carpe

La photo 14 illustre l'application de l'hyperthermie moléculaire sur le carpe.
Photo 14 : Application d'hyperthermie sur le carpe



d) Sur le genou

La photo 15 illustre l'application de l'hyperthermie moléculaire sur le genou.
Photo 15 : Application d'hyperthermie sur le genou



e) Sur la jonction lombo-sacrée

La photo 16 illustre l'application de l'hyperthermie moléculaire sur la jonction lombosacrée.
Photo 16 : Application d'hyperthermie sur la jonction lombo-sacrée



III. Résultats

L'étude avec l'appareil Algitherm, MHT System a été effectuée sur un total de 32 chiens. Un chien a été utilisé deux fois dans l'étude, car il a été traité successivement aux hanches et aux coudes. Parmi l'ensemble de ces cas, trois ont été retirés de cette synthèse de l'étude car les protocoles n'ont pas été menés à leur terme. Il reste donc 30 cas inclus dans cette étude. Chaque cas est détaillé individuellement ci-après. Pour chaque cas, un bref historique donne les commémoratifs. Un bilan locomoteur est réalisé avant et après chaque protocole d'hyperthermie. L'état corporel du chien est estimé avant le protocole. Le protocole mis en œuvre est détaillé. Au terme de chaque protocole, une évaluation subjective de l'efficacité du traitement est réalisée par le clinicien, en prenant en compte l'évolution de l'examen clinique, et le ressenti du propriétaire. Quatre chiens n'ont pas été notés de cette façon : TEXAN, REX et IRE, qui n'ont pas suivi le protocole, et LASSO, qui a développé une tumeur au niveau de la zone traitée.

A. Caractéristiques des cas traités

1. Répartition de la population traitée

a) Répartition selon la race

Le choix des chiens traités a été fait uniquement selon le motif de consultation et donc selon l'existence ou non d'indication à traiter l'animal par hyperthermie, avec l'accord préalable des propriétaires. La population traitée est donc hétérogène dans sa répartition raciale. Il en ressort la répartition des races indiquée dans le tableau IV avec une prédominance du labrador et du berger allemand par rapport aux autres races.

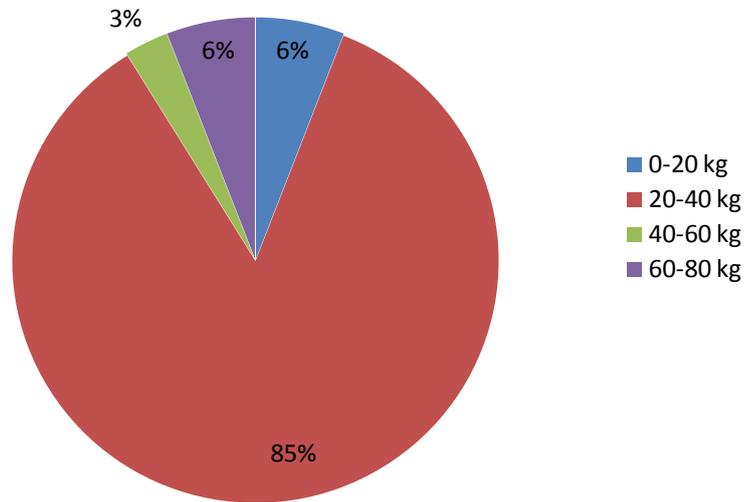
Tableau IV : Répartition des races dans les cas traités

| | |
|-------------------|---|
| Berger allemand | 5 |
| Berger belge | 2 |
| Boxer | 1 |
| Braque français | 1 |
| Colley | 1 |
| Croisé | 4 |
| Dingo | 1 |
| Dogue de Bordeaux | 1 |
| Epagneul Français | 1 |
| Golden Retriever | 3 |
| Greyhound | 1 |
| Labrador | 9 |
| Rottweiler | 1 |
| Saint Bernard | 1 |
| Terre Neuve | 2 |

b) Répartition selon le poids et l'état corporel

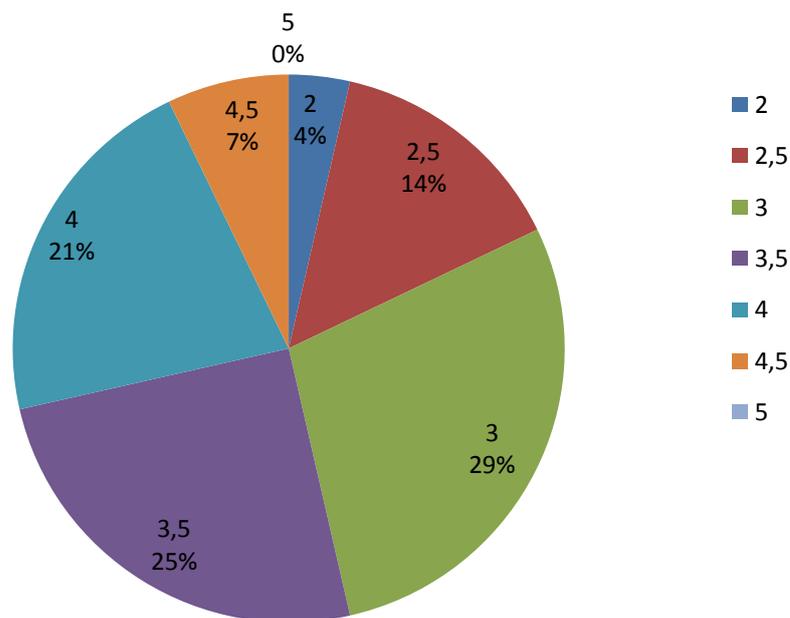
La répartition des poids des animaux traités est en relation leur race, comme le montre la figure 11.

Figure 11 : Répartition du poids des animaux traités



L'état corporel pourrait avoir une incidence sur l'efficacité du traitement, c'est pourquoi il a été pris en compte dans les tableaux de synthèse. La figure 12 représente la répartition des états corporels des chiens traités.

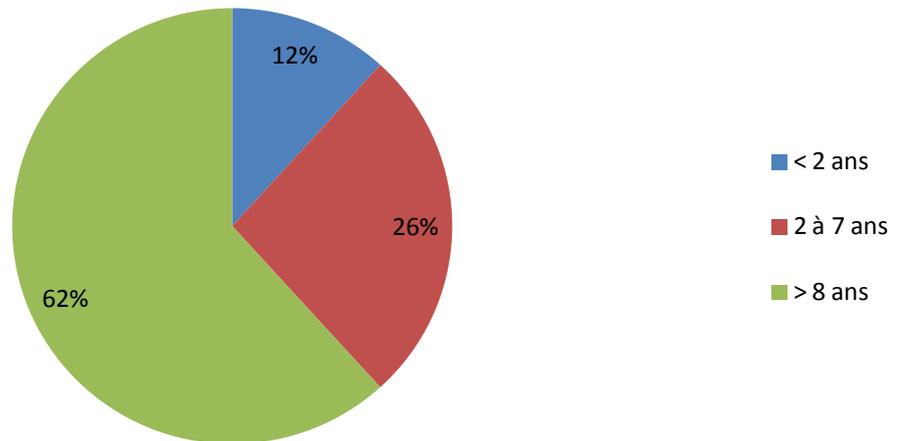
Figure 12 : Répartition de l'état corporel des animaux traités



c) Répartition selon l'âge

La répartition des âges nous indique également que les chiens entrés dans l'étude sont plutôt âgés, comme nous le montre la figure 13. La répartition des âges et des races correspond aux animaux habituellement traités à l'UMES.

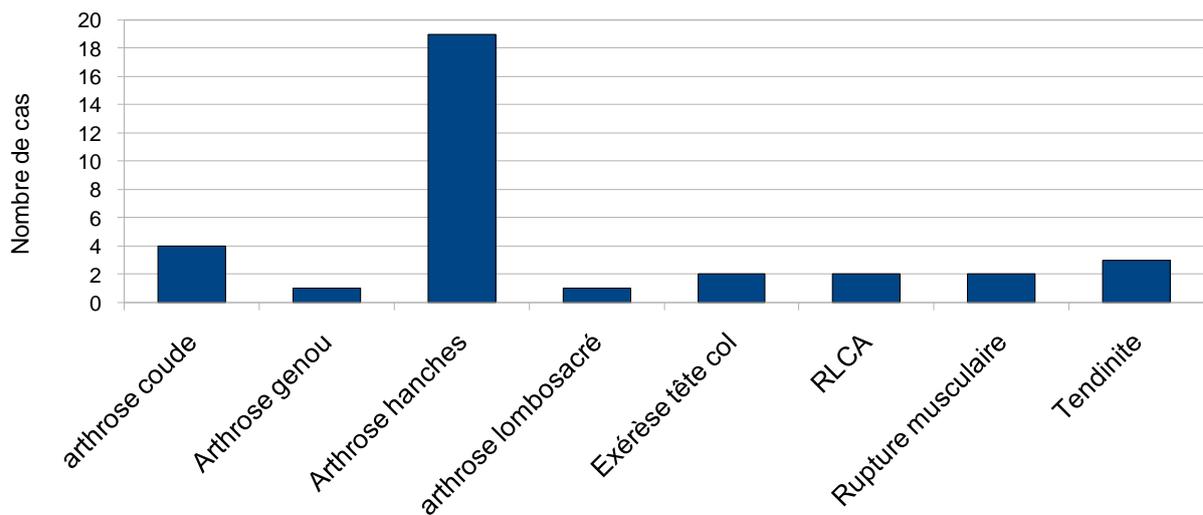
Figure 13 : Répartition des âges des chiens traités



2. Affections traitées

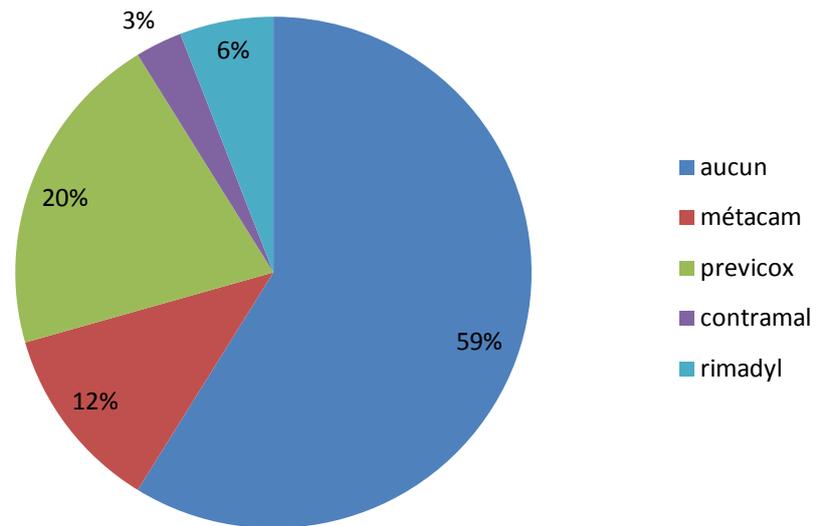
La répartition des cas est présentée dans la figure 14.

Figure 14 : Répartition des affections traitées (RLCA=Rupture du ligament croisé antérieur)



La majorité des cas traités consiste en de l'arthrose des hanches, liée à des problèmes de dysplasie et/ou à l'âge avancé du chien. Ceci nous a permis d'établir des premiers protocoles de traitement par l'hyperthermie pour cette affection. D'autres affections, en nombre plus réduit nous ont permis d'avoir une première idée des effets de l'hyperthermie sur celle-ci. La figure 15 nous montre la proportion des chiens recevant un traitement antalgique.

Figure 15 : Répartition des chiens ayant un traitement antalgique



Plus de la moitié des chiens traités par hyperthermie moléculaire ne sont pas sous traitement médical.

B. Développement individuel de chaque cas

1. Traitement des affections musculo tendineuses (5 cas)

a) EROS, Berger allemand, tendinite du muscle biceps brachial

(1). Présentation

Eros est un berger allemand mâle, né le 07/02/09. Il présente une tendinite du biceps brachial gauche, diagnostiquée par échographie. L'hyperthermie moléculaire a été proposée en première intention, après l'échec de traitements à base d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) et à base de morphiniques. Il n'est plus sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 2,5

Le chien présente une boiterie depuis 2 mois rétrocedant au repos et aux anti-inflammatoires. Le chien présente un report de poids sur les postérieurs, une boiterie avec appui de l'antérieur gauche, non accentuée à froid ou par l'exercice. Il ne présente pas de douleur à la palpation/pression de l'épaule, mais présente une gêne à la flexion de l'épaule et à l'extension du coude

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie est présenté dans le tableau V ci-dessous :

Tableau V : Protocole d'hyperthermie d'Eros

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Epaule G | 20 minutes | 39 °C | Massage Ekylaxyl |
| J2 | Continues | Epaule G | 20 minutes | 39 °C | Massage Ekylaxyl |
| J4 | Continues | Epaule G | 20 minutes | 39 °C | Massage Ekylaxyl |
| J8 | Continues | Epaule G | 20 minutes | 39 °C | Massage Ekylaxyl |
| J10 | Continues | Epaule G | 20 minutes | 39 °C | Massage Ekylaxyl |
| J15 | Continues | Epaule G | 20 minutes | 39 °C | Massage Ekylaxyl |

(4). Examen clinique après traitement

Le chien présente toujours une légère gêne à l'extension du coude mais plus de douleur à la flexion de l'épaule. C'est un chien de sport (pistage, mordant) qui a repris les entraînements normalement. La reprise de l'activité s'est faite progressivement, avec tout d'abord une reprise des entraînements en laisse, puis un à 2 entraînements par semaine pendant un mois.

Efficacité subjective du traitement : 10



(5). Conclusions sur ce chien

Le chien n'était pas pucé, ce qui a permis le traitement par hyperthermie dans cette région. Le chien a très bien toléré le traitement par hyperthermie, et a montré une très bonne réponse au traitement. La répartition des séances est présentée dans le tableau VI ci-dessous.

Tableau VI : Répartition des séances pour Eros

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 5 | 83% | 6 | 100% |

b) RICK, Berger belge malinois, tendinite du muscle fléchisseur des doigts

(1). Présentation

Rick est un berger belge malinois mâle, né le 26/11/03, ancien chien de sécurité de la RATP. Il présente une tendinite du carpe droit. L'hyperthermie a été proposée en première intention. Il n'est pas sous traitement AINS lors du traitement

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 2,5

Le chien présente une boiterie à l'effort depuis 5 mois, avec gonflement du carpe gauche. Il ne manifeste pas de douleur à la palpation/pression, ni à la flexion ou à l'extension.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau VII ci-dessous :

Tableau VII : Protocole d'hyperthermie de Rick

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Carpe D | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J2 | Continues | Carpe D | 20 minutes | 40 °C | Non |

| | | | | | |
|-----|-----------|---------|------------|-------|-----|
| J5 | Continues | Carpe D | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J7 | Continues | Carpe D | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J20 | Continues | Carpe D | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J28 | Continues | Carpe D | 20 minutes | 40 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien ne présente plus de boiterie, bien que l'activité ait repris progressivement à partir du 20ème jour de traitement. Il n'a pas rechuté 1 an après traitement.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 10



(5). Conclusion sur ce chien

Rick a présenté une excellente réponse au traitement, alors que la boiterie à l'effort ne rétrocedait pas avec du repos ou une cure d'AINS. La répartition des séances est présentée dans le tableau VIII ci-dessous.

Tableau VIII : Répartition des séances pour Rick

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 4 | 67% | 5 | 83% |

c) HERCULE, Dogue de bordeaux, section traumatique des muscles de l'antérieur gauche

(1). Présentation

Hercule est un dogue de bordeaux mâle, né le 28/04/08. Il présente une section traumatique des muscles fléchisseurs de l'antérieur gauche (le chien est passé à travers une véranda). Le chien a été opéré le jour même, en urgence, le 28/10/09. L'hyperthermie a été proposée en première intention. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3,5

Le chien présente un net report de poids sur l'antérieur gauche. Il présente un œdème et une fibrose en face palmaire du carpe. L'extension du carpe est augmentée.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau IX ci-dessous :

Tableau IX : Protocole d'hyperthermie d'Hercule

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Carpe G | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J3 | Continues | Carpe G | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J9 | Continues | Carpe G | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J12 | Continues | Carpe G | 20 minutes | 39 °C | Non |

Rééducation après les séances d'hyperthermie :

De l'hydrothérapie a été mise en place pour développer la musculature du chien. Une orthèse a également été fabriquée sur mesure pour limiter l'hyper extension du carpe.

(4). Examen clinique après rééducation

Un mois après de début du traitement, la face palmaire de l'antérieur gauche a nettement dégonflé, et l'hyperextension du carpe est moins marquée.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



(5). Conclusions sur ce chien

Les séances d'hyperthermie ont été arrêtées car le propriétaire est parti en vacances.

Une orthèse a été réalisée pour limiter l'hyperextension du carpe. La répartition des séances est présentée dans le tableau X ci-dessous.

Tableau X : Répartition des séances pour Hercule

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 4 | 4 | 100% | 4 | 100% |

d) LASSO, Braque français, rupture musculaire du muscle triceps brachial

(1). Présentation

Lasso est un braque français mâle, né le 23/05/02. Il présente une rupture du chef long du triceps brachial droit diagnostiqué par échographie. Aucun autre traitement n'a été mis en place. Le traitement par hyperthermie a été proposé en première intention. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

Le chien présente une boiterie majeure de l'antérieur droit, essentiellement au pas. Il présente une amyotrophie majeure de triceps brachial, mais pas de douleur à la palpation.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XI ci-dessous :

Tableau XI : Protocole d'hyperthermie de Lasso

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|--------------------|------------------|---------------------|---------------------------|
| J0 | Continues | Triceps brachial D | 20 minutes | 39°C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J4 | Continues | Triceps brachial D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J7 | Continues | Triceps brachial D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J27 | Continues | Triceps brachial D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J29 | Continues | Triceps brachial D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 7 minutes |
| J32 | Continues | Triceps brachial D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 7 minutes |

Rééducation après l'hyperthermie:

Ce chien a continué l'hydrothérapie pendant 10 séances. L'hyperthermie a été reprise à J57 lors d'une séance avec le même protocole à cause d'une reprise de la boiterie sans grosses promenades associées.

(4). Examen clinique après rééducation :

Le chien va mieux, mais persistance d'une boiterie légère. À J 47, la boiterie s'est intensifiée au pas et également au trot (alors qu'elle n'existait qu'au pas). L'amyotrophie à droite est toujours majeure.

La note d'évaluation subjective de l'efficacité du traitement n'a pas été attribuée sur ce chien, dans la mesure où on ne sait pas si la récurrence de la boiterie est une rechute, et donc due à un

échec du traitement, ou liée à l'apparition du sarcome. De plus, le lien entre l'apparition du sarcome et le traitement par hyperthermie moléculaire n'est pas clairement établi. Tout ceci empêche donc d'évaluer l'efficacité du traitement dans ce cas.

(5). Conclusion sur ce chien

La boiterie s'est atténuée, mais elle est toujours présente. À J67, un contrôle échographique est proposé au propriétaire pour évaluer l'état de la cicatrisation musculaire. L'examen échographique met en évidence une tumeur infiltrant le triceps brachial et la biopsie indique qu'il s'agit d'une tumeur maligne de type sarcome sans métastase. Le chien sera amputé de l'antérieur droit. L'analyse histologique de la masse conclue à un sarcome mal différencié, évoquant une tumeur maligne de la gaine des nerfs périphériques (hémangiopéricytome). Cette tumeur aurait pu être à l'origine de la boiterie, et non diagnostiquée à la première échographie. . La répartition des séances est présentée dans le tableau XII ci-dessous.

Tableau XII : Répartition des séances pour Lasso

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 3 | 50% | 3 | 50% |

e) DEUX DE CŒUR, Greyhound, ténosynovite

(1). Présentation

Deux de cœur est un greyhound mâle, né le 17/01/08. Il présente une ténosynovite du tendon abducteur pollicis longus du membre antérieur gauche, diagnostiqué par échographie. C'est un chien de sport, qui a présenté une douleur subitement lors d'une course. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

Le chien présente une boiterie intermittente de l'antérieur gauche, et un gonflement du carpe gauche à l'effort. Il ne présente pas de douleur à la manipulation ni à la palpation pression.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XIII ci-dessous :

Tableau XIII : Protocole d'hyperthermie de Deux De Coeur

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | tendon AG | 20 minutes | 40°C | Massages |
| J1 | Continues | tendon AG | 20 minutes | 40 °C | Massages |
| J2 | Continues | tendon AG | 20 minutes | 40 °C | Massages |

| | | | | | |
|-----|-----------|-----------|------------|-------|----------|
| J5 | Continues | tendon AG | 20 minutes | 40 °C | Massages |
| J8 | Continues | tendon AG | 20 minutes | 40 °C | Massages |
| J12 | Continues | tendon AG | 20 minutes | 40 °C | Massages |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien ne présente plus de gonflement du carpe, même à l'effort, ni de boiterie. Il a repris progressivement l'entraînement, sans rechute.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 10



(5). Conclusion sur ce chien

Au terme des séances d'hyperthermie, le chien ne présente plus de gonflement au niveau du carpe, et ne boite plus. Les traitements anti-inflammatoires et le repos n'avaient pas pu résoudre le problème. . La répartition des séances est présentée dans le tableau XIV ci-dessous.

Tableau XIV : Répartition des séances pour Deux De Cœur

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 6 | 100% | 6 | 100% |

2. Traitement de l'arthrose des hanches (19 cas)

a) ROC, Rottweiler, arthrose des hanches

(1). Présentation

Roc est un rottweiler mâle, né le 08/02/00. Il est suivi à l'UMES pour une arthrose majeure des postérieurs. C'est le premier chien qui a été traité par l'hyperthermie moléculaire au sein de l'UMES. Il avait fait 46 séances d'hydrothérapie avant de commencer l'hyperthermie. Le chien traité par du Prévicox®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 4

Le chien présente une démarche raide au niveau des postérieurs, avec une douleur marquée au niveau lombaire. À la manipulation, il présente une extension et une abduction des hanches limitée, avec d'importants craquements et une douleur marquée. Mesure des masses musculaires : 43,5 cm à gauche, 45 cm à droite.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XV ci-dessous :

Tableau XV : Protocole d'hyperthermie de Roc

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 38 °C | Non |
| J2 | Continues | Hanches | 20 minutes | 38 °C | Non |
| J4 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J16 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J23 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J32 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J4 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Non |

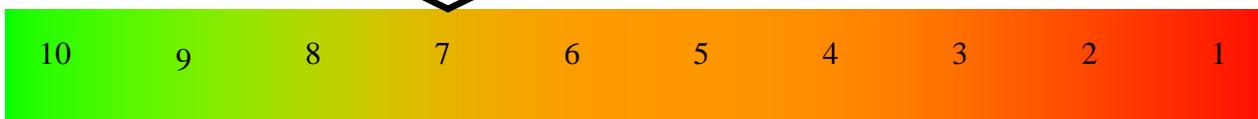
Rééducation après le traitement d'hyperthermie :

Roc continue l'hydrothérapie, au rythme d'une fois par semaine.

(4). Examen clinique après rééducation

La douleur à l'hyperextension des hanches, à l'abduction, ainsi que la diminution d'amplitude sont toujours présents. Le chien présente une nette amélioration de sa démarche.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



(5). Conclusion sur ce chien

Le chien a eu quelques difficultés à rester immobile pendant 40 minutes. Il a présenté une bonne réponse au traitement, avec une reprise de l'activité et une démarche plus aisée. Son problème de surpoids n'a pas été réglé, ce qui limite ses progrès. La répartition des séances est présentée dans le tableau XVI ci-dessous.

Tableau XVI : Répartition des séances pour Roc

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 7 | 3 | 43% | 4 | 57% |

b) SHAN, Berger allemand, hernie discale et arthrose des hanches

(1). Présentation

Shan est un berger allemand mâle, né le 20/06/01. Il présente une hernie discale en L2-L3, et une arthrose sévère des hanches suite à une dysplasie. Avant de commencer l'hyperthermie, le chien a fait 11 séances d'hydrothérapie, et subit de l'électrothérapie à domicile tous les jours. Il n'est pas sous traitement AINS

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

Le chien présente une douleur à l'hyperextension des hanches. Mesure des masses musculaires : 42 cm à droite, 42 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XVII ci-dessous :

Tableau XVII : Protocole d'hyperthermie de Shan

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|--|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 38 °C | Hydrothérapie : 5 minutes, tapis roulant : 4,5 minutes |
| J7 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Tapis roulant : 3 minutes |

| | | | | | |
|-----|-----------|---------|------------|-------|------------------------------|
| J14 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Tapis roulant : 5 minutes |
| J28 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Tapis roulant : 7 min |

Rééducation après le traitement d'hyperthermie
Shan a continué le tapis roulant après les séances d'hyperthermie.

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien présente une nette amélioration clinique. Il se lève mieux, reste debout tout le temps.
Mesure des masses musculaires : 43 cm à droite, 44 cm à gauche.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



Les séances ont été assez espacées, car la propriétaire ne pouvait pas se déplacer plus d'une fois par semaine. Le chien a très bien supporté les séances d'hyperthermie, même si elles intervenaient après l'hydrothérapie. La répartition des séances est présentée dans le tableau XVIII ci-dessous.

Tableau XVIII : Répartition des séances pour Shan

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 4 | 3 | 75% | 3 | 75% |

c) TEXAN, Chien croisé, arthrose des hanches

(1). Présentation

Texan est un chien croisé mâle, né le 01/01/93. Il présente une arthrose sévère au niveau des hanches. Il a effectué 75 séances d'hydrothérapie depuis le 03/10/07, avant de commencer l'hyperthermie moléculaire. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

Le chien présente d'importantes difficultés locomotrices, il est instable sur ses postérieurs. Il présente une douleur à l'extension et à l'abduction des deux hanches. Mesure des masses musculaires : 37cm à gauche, 36 cm à droite.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XIX ci-dessous :

Tableau XIX : Protocole d'hyperthermie de Texan

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Pulsées | Hanches | 20 minutes | 38 °C | Non |
| J13 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J21 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J28 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J35 | Continues | Hanches | 20 minutes | 39 °C | Non |

Rééducation après le traitement d'hyperthermie

Rex a continué l'hydrothérapie après les séances d'hyperthermie.

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien présente peut être moins de difficultés à se lever. Sur cet animal très âgé (16 ans) l'examen clinique ne met pas en évidence de différence de comportement.

L'évaluation subjective du traitement n'a pas pu être évaluée dans ce cas pour plusieurs raisons. D'une part, l'examen clinique est difficilement réalisable, le chien étant relativement hypovigilant. D'autre part, le propriétaire n'est pas suffisamment fiable pour donner une appréciation rigoureuse des modifications comportementales de son chien suite au traitement.

(5). Conclusion sur ce chien

Comme pour Rex, le protocole n'a pas pu être respecté. Les propriétaires n'ont pas été capables de respecter la fréquence des séances, et leur appréciation de l'efficacité du traitement n'était pas fiable. La répartition des séances est présentée dans le tableau XX ci-dessous.

Tableau XX : Répartition des séances pour Texan

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 5 | 2 | 40% | 3 | 60% |

d) MAX, Berger allemand, arthrose des hanches

(1). Présentation

Max est un berger allemand mâle, né en 1996. Il présente une arthrose coxo-fémorale et dorsolombaire majeure. Il a fait 2 AVC, l'un d'entre eux un an avant la consultation, et l'autre un mois avant la consultation. L'hyperthermie a été proposée en première intention. Il est sous prévicox® et agilium®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

Le chien présente des difficultés locomotrices depuis plus d'un an, l'arrière train s'effondre. Il présente une dégradation progressive de son état général. Il chute dans les escaliers. À la manipulation, il présente une douleur et une diminution de l'abduction et de l'extension, de façon bilatérale. Mesure des masses musculaires : 41 cm à gauche, 42 cm à droite.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XXI ci-dessous :

Tableau XXI : Protocole d'hyperthermie de Max

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J2 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J3 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J7 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J9 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J10 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien glisse encore sur le carrelage, mais son comportement a changé : il se roule sur le dos, cherche à jouer. Il monte beaucoup plus facilement dans la voiture, ne trébuche plus dans les escaliers. Mesure des masses musculaires : 41,5cm à gauche, et 42,5cm à droite. La gêne à la manipulation de la hanche est toujours présente.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 9



(5). Conclusion sur ce chien

Le traitement a été rapidement efficace, dans la mesure où à l'issue de la première séance le chien a arrêté de trébucher dans les escaliers. Deux mois après le traitement, le chien ne trébuchait toujours pas dans les escaliers, le traitement restait donc efficace. La répartition des séances est présentée dans le tableau XXII ci-dessous.

Tableau XXII : Répartition des séances pour Max

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 6 | 100% | 6 | 100% |

e) IRE, Chien croisé, arthrose des hanches

(1). Présentation

Ire est une chienne croisée, née le 01/01/93. Elle présente une arthrose sévère des hanches. Avant de commencer l'hyperthermie, elle avait fait 9 séances d'hydrothérapie. Elle est sous rimadyl®.

(2). Examen clinique avant rééducation :

Note d'état corporel : 4

La chienne présente un report de poids sur les antérieurs. Elle présente une raideur de l'arrière train, surtout le matin. À la manipulation, elle présente de façon bilatérale une douleur à l'extension et à l'abduction de la hanche, ainsi qu'une diminution de l'amplitude. Mesure des masses musculaires : 35,5 cm à droite, 36 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XXIII ci-dessous :

Tableau XXIII : Protocole d'hyperthermie d'Ire

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |

Rééducation après l'hyperthermie

IRE a repris l'hydrothérapie.

(4). Examen clinique après traitement

Aucune évolution clinique n'a eu lieu après cette séance.

L'évaluation subjective de l'efficacité du traitement n'a pas été réalisée, dans la mesure où la chienne n'a reçu qu'une seule séance d'hyperthermie moléculaire.

(5). Conclusion sur ce chien

Cette chienne est très stressée, elle a énormément bougé lors du traitement. De plus, cette chienne présente une tumeur thoracique, ce qui occasionne des difficultés respiratoires. La propriétaire a donc souhaité interrompre le protocole, sur sa chienne qui est en fin de vie.

f) OTTIS, Labrador, arthrose des hanches

(1). Présentation

Ottis est un labrador mâle, né le 19/03/98. Il présente une boiterie du coude droit et de l'arthrose au niveau des hanches. Avant l'hyperthermie moléculaire, le chien a réalisé 14 séances d'hydrothérapie et d'ultrasons sur le coude droit. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 4

Le chien présente une boiterie récurrente de l'antérieur à froid, avec amélioration à chaud, et rechute à la fatigue. Il présente un net report de poids sur l'antérieur gauche et sur les postérieurs. Il présente une faiblesse marquée des postérieurs, avec tremblements. La boiterie est plus marquée à froid. À la palpation, il présente une gêne à l'extension et à l'abduction bilatérale, avec des craquements. Mesure des masses musculaires : 49 cm à droite comme à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XXIV ci-dessous :

Tableau XXIV : Protocole d'hyperthermie d'Ottis

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons coude D |
| J4 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons coude D, hydrothérapie 10 minutes |
| J7 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons coude D, hydrothérapie 10 minutes |

Rééducation après le traitement d'hyperthermie

Ottis a continué les ultrasons et l'hydrothérapie après le traitement de diathermie.

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien reporte toujours beaucoup de poids sur l'antérieur gauche. Il y a une diminution des craquements et de la gêne au niveau des postérieurs.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement: 7



La propriétaire a souhaité arrêter le traitement par hyperthermie moléculaire car elle trouvait les séances trop longues. Après trois séances, il y a eu une amélioration globale de l'animal, avec un déplacement plus facile. La répartition des séances est présentée dans le tableau XXV ci-dessous.

Tableau XXV : Répartition des séances pour Ottis

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 3 | 3 | 100% | 3 | 100% |

g) DAISY, Boxer, arthrose des hanches

(1). Présentation

Daisy est un boxer, née le 21/04/03. Elle est présentée pour arthrose des hanches sur dysplasie. Elle a été opérée d'une exérèse tête col à gauche 5 ans avant le début de la rééducation. La chienne a fait 2 séances d'hydrothérapie avant les séances d'hyperthermie. Elle est sous métacam®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 4

La chienne présente un net report de poids sur les antérieurs. Elle présente une boiterie marquée à froid, pas de boiterie à chaud. À la manipulation, elle présente à gauche une très légère gêne à l'abduction, et une gêne à l'hyperextension, mais pas de douleur ; à droite elle présente une gêne et une douleur à l'abduction, ainsi qu'une diminution d'amplitude, une gêne, et une douleur marquée à l'hyperextension. Les mesures de masse musculaire sont de 41cm à droite et de 43 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XXVI ci-dessous :

Tableau XXVI : Protocole d'hyperthermie de Daisy

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J5 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |

| | | | | | |
|-----|-----------|---------|------------|-------|------------------------------|
| J12 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J26 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J33 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 7 minutes |
| J54 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 8 minutes |
| J61 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 8 minutes |

Rééducation après le traitement d'hyperthermie :
Le chien continue l'hydrothérapie.

(4). Examen clinique après rééducation

La chienne nage peu. Depuis le traitement d'hyperthermie, elle a moins de crise d'arthrose, elle fait moins de cures d'AINS. A J61, la chienne a présenté de la douleur sur le postérieur gauche, mais elle avait été manipulée dans l'après midi lors d'une consultation. Le propriétaire fait des traitements de serviettes chaudes chez lui. La chienne présente une nette amélioration. Les cures d'anti-inflammatoire (métacam®) sont moins fréquentes qu'avant le début des séances. Mesure des masses musculaires : 41,5 cm à droite, et 43,5 cm à gauche.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



(5). Conclusion sur ce chien

Bonne réponse au traitement, même si les cures d'anti-inflammatoire sont toujours nécessaires. La masse musculaire a peu évolué, bien que l'hyperthermie soit couplée à de l'hydrothérapie. La répartition des séances est présentée dans le tableau XXVII ci-dessous.

Tableau XXVII : Répartition des séances pour Daisy

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 7 | 3 | 43% | 3 | 43% |

h) LARA, Labrador, arthrose des hanches

(1). Présentation

Lara est un labrador, née le 16/11/95. Elle présente une arthrose majeure aux quatre membres, avec une boiterie marquée à l'antérieur gauche. Deux séances d'ultrasons et d'électrothérapie ont été réalisées avant les séances d'hyperthermie. Elle est sous contramal®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 4

La chienne présente un report de poids marqué sur l'antérieur droit. Elle présente une boiterie de l'antérieur gauche. A la manipulation, elle présente une gêne et une diminution de l'extension et de l'abduction des hanches. Mesure des masses musculaires : 41 cm à droite comme à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XXVIII ci-dessous :

Tableau XXVIII : Protocole d'hyperthermie de Lara

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|--|
| J0 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Ultrasons des coudes, électrothérapie AG |
| J4 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Ultrasons des coudes, électrothérapie AG |
| J7 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Ultrasons des coudes, électrothérapie AG |
| J14 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Ultrasons des coudes, électrothérapie AG |
| J18 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Ultrasons des coudes, électrothérapie AG |
| J21 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Ultrasons des coudes, électrothérapie AG |
| J25 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Ultrasons des coudes, électrothérapie AG |

(4). Examen clinique après rééducation

La chienne va très nettement mieux, sa démarche est plus fluide. Elle s'est remusclée, elle a pris 1 cm de tour de cuisse sur les postérieurs. Mesure des masses musculaires : 42 cm de

chaque coté. La propriétaire est très satisfaite. La chienne semble moins bien depuis l'arrêt de l'hyperthermie. L'hyperthermie moléculaire a donc été reprise à J35, soit 10 jours après l'arrêt, car la chienne commençait à se dégrader. Elle a été continuée jusqu'à la fin de la vie de l'animal. La chienne a en effet déclaré une tumeur cérébrale (tumeur gliale dans le parenchymateux olfactif).

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement: 8



(5). Conclusion sur ce chien

La chienne a présenté une bonne réponse immédiate au traitement, mais le traitement n'a eu aucun effet sur le long terme, et a du être continué jusqu'à la fin de la vie de l'animal. La répartition des séances est présentée dans le tableau XXIX ci-dessous.

Tableau XXIX : Répartition des séances pour Lara

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 7 | 4 | 57% | 6 | 85% |

i) RYAN, Berger allemand, hernies discales multiples et arthrose des hanches

(1). Présentation

Ryan est un berger allemand mâle, né le 14/03/00. Il présente de multiples hernies discales, opérées et non opérées. Le chien a par ailleurs des problèmes de hanches, et il a déjà fait de l'hydrothérapie pour ce problème il y a un an. Il présente des difficultés à se tenir debout. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 2

Le chien présente un net report de poids à gauche. Lors de la marche, il traîne le postérieur droit. À la manipulation, il manifeste une gêne à l'hyperextension et à l'abduction et une diminution de l'amplitude d'extension de la hanche bilatérale. Mesure des masses musculaires : 35 cm à droite et 36 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XX ci-dessous :

Tableau XXX : Protocole d'hyperthermie de Ryan

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | non |
| J5 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | non |
| J7 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | non |
| J9 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | non |
| J16 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | non |
| J18 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | non |

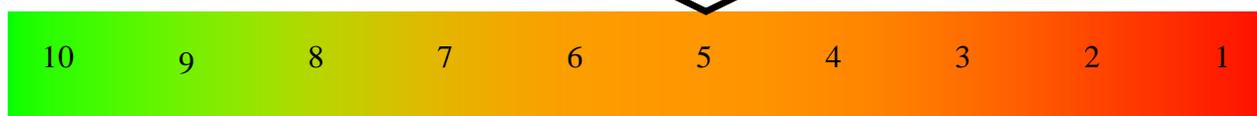
Rééducation après l'hyperthermie

Ryan effectue des séances d'hydrothérapie pour se remuscler.

(4). Examen clinique après traitement

Le chien présente une amélioration suite au traitement par hyperthermie, même s'il boite encore. Mesure des masses musculaires : 35,5 cm à droite, 36,5cm à gauche.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement: 5



(5). Conclusion sur ce chien :

Le chien présente une amélioration suite au traitement, il est moins douloureux. La répartition des séances est présentée dans le tableau XXXI ci-dessous.

Tableau XXXI : Répartition des séances pour Ryan

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 6 | 100% | 6 | 100% |

j) BOUBA, Saint Bernard, embolie fibro-cartilagineuse et arthrose hanches

(1). Présentation

Bouba est un Saint Bernard male, né le 15/09/06. Il présente une embolie fibro-cartilagineuse, ainsi qu'une vive douleur à la manipulation des hanches, et une fonte musculaire. Le chien traîne le postérieur droit. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3,5

Le chien présente une amyotrophie légère du postérieur droit, ainsi qu'une douleur et une raideur à la manipulation de la hanche droite. La hanche gauche est normale. Mesure des masses musculaires : 52 cm à droite, 56 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XXXII ci-dessous :

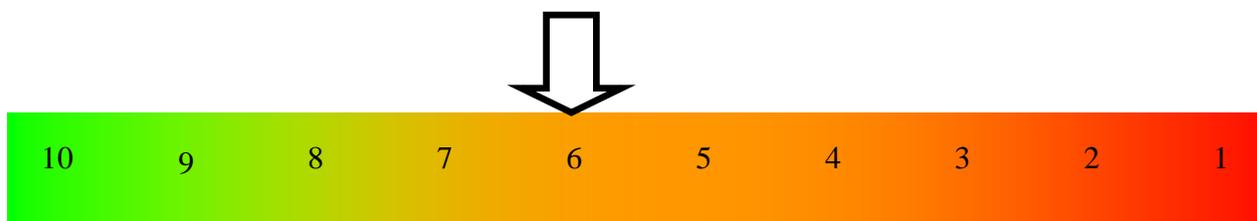
Tableau XXXII : Protocole d'hyperthermie de Bouba

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, électrothérapie PD |
| J1 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, électrothérapie PD |
| J2 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, électrothérapie PD |
| J3 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, électrothérapie PD |
| J4 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, électrothérapie PD |
| J5 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, électrothérapie PD |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien se déplace beaucoup mieux, il pose correctement le postérieur droit. Il est moins douloureux au niveau de la hanche droite.

Évaluation subjective de l'efficacité : 6



(5). Conclusion sur ce chien

Le chien présente une amélioration suite au traitement. Ce chien était hospitalisé, ce qui explique la fréquence élevée du traitement. La répartition des séances est présentée dans le tableau XXXIII ci-dessous.

Tableau XXXIII : Répartition des séances pour Bouba

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 6 | 100% | 6 | 100% |

k) ALIA, Epagneul français, embolie fibrocartilagineuse et arthrose des hanches

(1). Présentation

Alia est un épagneul français, née le 16/11/95. Suite à une embolie fibro-cartilagineuse, elle présente une amyotrophie importante du postérieur droit, et une douleur à la manipulation de la hanche et du genou droit. Elle est sous métacam®.

(2). Examen clinique avant rééducation :

Note d'état corporel : 3,5

La chienne présente un report de poids sur les antérieurs ainsi que sur le postérieur gauche. Le postérieur droit est raide, elle le traîne lorsqu'elle marche au pas, ne le pose pas au trot ou au galop. À la manipulation, la chienne manifeste une gêne à la mobilisation de la hanche. L'articulation de la hanche gauche est très peu mobile. Mesure des masses musculaires : 31 cm à droite, 37 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XXXIV ci-dessous :

Tableau XXXIV : Protocole d'hyperthermie d'Alia

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, électrothérapie PD |
| J4 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, électrothérapie PD |
| J9 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, électrothérapie PD |
| J11 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, hydrothérapie : 5 min |
| J14 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, hydrothérapie : 8 min |
| J16 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Ultrasons genou D, hydrothérapie : 10 min |

Rééducation après l'hyperthermie

Alia continue les séances d'ultrasons sur le genou droit et l'hydrothérapie.

(4). Examen clinique après rééducation

La chienne présente une amélioration. Elle est moins douloureuse à la manipulation de la hanche, et a retrouvé un peu plus d'amplitude articulaire.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



(5). Conclusion sur ce chien

L'amplitude articulaire de la hanche est toujours diminuée, mais on observe une amélioration de la mobilité du genou. La chienne bouge toujours assez peu le postérieur droit. Une masse est apparue au lieu du traitement par l'hyperthermie. (cf. Partie 2, IV, B.2) La répartition des séances est présentée dans le tableau XXXVI ci-dessous.

Tableau XXXV : Répartition des séances pour Alia

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 5 | 83% | 6 | 100% |

1) MALCOLM, Golden retriever, arthrose des hanches

(1). Présentation

Malcom est un golden retriever male, né le 09/01/96. Il présente une arthrose sur une dysplasie des hanches. Depuis septembre 2008, date de sa première visite à l'UMES, 51 séances d'hydrothérapie ont été réalisées. Il est sous précicox®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3,5

Le chien présente d'importantes difficultés locomotrices, avec notamment un lever très difficile (une aide au relever nécessaire). A la manipulation du postérieur gauche, le chien présente une gêne en fin d'extension et d'abduction de la hanche. À droite, le chien manifeste une vive gêne à l'abduction et surtout à l'extension. Mesure des masses musculaires : 37 cm à droite, 39 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XXXVI ci-dessous :

Tableau XXXVI : Protocole d'hyperthermie de Malcom

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J1 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J2 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J8 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J9 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |

| | | | | | |
|-----|-----------|---------|------------|-------|-----|
| J12 | Continues | Hanches | 20 minutes | 40 °C | Non |
|-----|-----------|---------|------------|-------|-----|

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien présente toujours des difficultés locomotrices, mais se lève sans aide. On peut également noter une amélioration de sa démarche.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



(5). Conclusion sur ce chien :

Le chien marche mieux et plus longtemps. Il se lève plus facilement (ne nécessite plus d'aide pour se relever). La répartition des séances est présentée dans le tableau XXXVII ci-dessous.

Tableau XXXVII : Répartition des séances pour Malcom

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 6 | 100% | 6 | 100% |

m) SPIKE, Labrador, arthrose des hanches

(1). Présentation

Spike est un labrador mâle, né le 03/08/01. Il présente une arthrose des hanches sur dysplasie et une arthrose des coudes. Le traitement d'hyperthermie a été proposé en première intention, simultanément à un traitement à base d'ultrasons pour les coudes. Il est sous prévicox®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3,5

Le chien présente une difficulté locomotrice, il marche mais ne court plus. Il présente parfois des difficultés à se lever. À la manipulation, il présente des craquements importants, une douleur vive à l'hyperextension et à l'abduction, mais pas d'ankylose, de façon bilatérale. Mesure des masses musculaires : 41 cm à droite et à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XXXVIII ci-dessous :

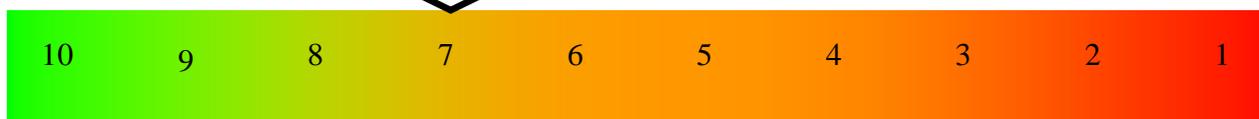
Tableau XXXVIII : Protocole d'hyperthermie de Spike

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J1 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J5 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J7 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J8 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien présente une nette amélioration de sa motricité.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



(5). Conclusion sur ce chien

Nette amélioration de la motricité du chien. Les propriétaires sont ravis. La répartition des séances est présentée dans le tableau XXXIX ci-dessous.

Tableau XXXIX : Répartition des séances pour Spike

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 5 | 5 | 100% | 5 | 100% |

n) PRINCE, Labrador, arthrose des hanches

(1). Présentation

Prince est un labrador male, né le 21/10/99. Il présente une arthrose des hanches. Le traitement d'hyperthermie a été proposé en première intention, simultanément à l'hydrothérapie. Il est sous prévicox®.

(2). Examen clinique avant rééducation:

Note d'état corporel : 3,5

Le chien présente une boiterie sans appui du postérieur gauche. À la manipulation, la hanche gauche présente des craquements majeurs et une douleur importante à la mobilisation. L'hyperextension est limitée. La hanche droite présente les mêmes symptômes mais légèrement moindre. Mesure des masses musculaires : 40 cm à droite, 37 cm à gauche

(3). Rééducation :

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XL ci-dessous :

Tableau XL : Protocole d'hyperthermie de Prince

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 7 minutes |
| J2 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 8 minutes |
| J4 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 10 minutes |
| J7 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 10 minutes |
| J10 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 11 minutes |
| J15 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 11 minutes |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien présente des progrès. Il marche mieux, en posant et en mettant plus de poids sur son membre postérieur gauche. Mesure des masses musculaires : 46 cm à droite, 37 cm à gauche. Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



(5). Conclusion sur ce chien

Le chien présente une nette amélioration de la motricité.. La répartition des séances est présentée dans le tableau XLI ci-dessous.

Tableau XLI : Répartition des séances pour Prince

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 5 | 83,33% | 6 | 100,00% |

o) PORTHOS, Terre neuve, arthrose des hanches

(1). Présentation

Porthos est un terre neuve mâle, né le 30/04/99. Il présente une arthrose des hanches. Il a été opéré de RLCA sur les deux genoux, et a bien récupéré, même s'il boite parfois légèrement du postérieur droit. Depuis mars 2008, 33 séances d'hydrothérapie avaient été réalisées. Il est sous rimadyl®.

(2). Examen clinique avant rééducation :

Note d'état corporel : 4,5

Le chien présente une gêne marquée à l'extension des hanches et à l'abduction. Il présente également une diminution de l'amplitude à l'extension du genou mais pas de gêne. Le chien présente également de grosses difficultés pour se lever. Sa démarche est chaloupée, mais ne présente pas de boiterie franche.

Les mesures de masse musculaire sont de 39 cm à droite, et 39,5 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XLII ci-dessous :

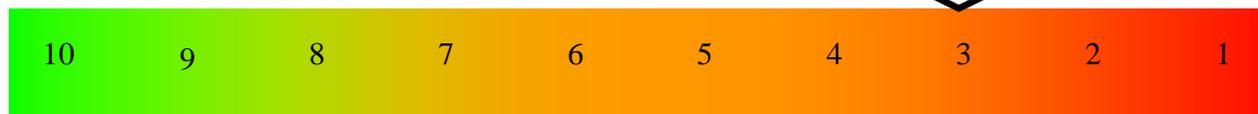
Tableau XLII : Protocole d'hyperthermie de Portos

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J8 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J13 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J15 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J18 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J20 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J25 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J35 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

A l'arrêt de l'hyperthermie, le chien a repris l'hydrothérapie. Il nage un peu mieux après les séances d'hyperthermie qu'avant. Néanmoins, il n'y a pas eu réellement d'amélioration après traitement. Une deuxième cession d'hyperthermie a eu lieu 4 mois après, toujours sans amélioration clinique. L'état général de l'animal se détériore.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 3



(5). Conclusion sur ce cas

Lors du traitement, il a été relativement difficile de maintenir une température de 42°C sur la hanche. En effet, le chien ayant un pelage très long et très dense, la température de surface retombe vite à 40°C. On peut supposer qu'une couche d'air se glisse dans les poils et joue le rôle d'isolant. Le chien n'a pas présenté de franche amélioration suite au traitement. La répartition des séances est présentée dans le tableau XLIII ci-dessous.

Tableau XLIII : Répartition des séances pour Porthos

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 8 | 3 | 37% | 6 | 75 % |

p) CHICO, Labrador, arthrose des hanches

(1). Présentation

Chico est un labrador mâle, né le 17/12/99. Il présente une arthrose sévère généralisée. L'hyperthermie a été proposée en première intention, simultanément à de l'hydrothérapie. Il est sous prévicox®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 4,5

Le chien présente un fort report de poids sur le postérieur droit et sur les antérieurs. Il présente une difficulté locomotrice à froid. Le chien présente une arthrose des coudes, avec des craquements bilatéraux à la manipulation. Au niveau de la manipulation des hanches, le chien présente des craquements majeurs, une gêne à l'abduction et à l'hyperextension. Mesure des masses musculaires : 43 cm à droite, 40 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XLIV ci-dessous :

Tableau XLIV : Protocole d'hyperthermie de Chico

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J2 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 7 minutes |
| J5 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 10 minutes |
| J7 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 10 minutes |
| J9 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J12 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J14 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 14 minutes |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien présente moins de difficultés locomotrices. Bien qu'il soit toujours raide et douloureux lors de la manipulation des hanches, il boite moins et se promène plus longtemps. Les levers sont néanmoins toujours difficiles.

Note subjective de réussite du traitement : 6



(5). Conclusion sur ce chien

L'hyperthermie moléculaire semble avoir apporté une amélioration de la démarche de ce chien. La répartition des séances est présentée dans le tableau XLV ci-dessous.

Tableau XLV : Répartition des séances pour Chico

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 7 | 7 | 100% | 7 | 100% |

q) UBERT, Golden retriever, arthrose des hanches

(1). Présentation

Ubert est un golden retriever, né le 17/09/03. Il présente une dysplasie des hanches (d/d), et présente depuis deux ans des difficultés locomotrices, surtout à froid. L'hyperthermie moléculaire a été proposée en première intention associée à de l'hydrothérapie. Cinq séances d'hydrothérapie ont été réalisées avant le début de l'hyperthermie. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 4

Le chien présente un léger report de poids sur le postérieur droit, et marqué sur les antérieurs. Il ne présente pas de boiterie à chaud, mais présente des difficultés locomotrices le matin à froid. À la palpation, il manifeste une légère gêne à l'hyperextension de la hanche droite. Les articulations du grasset sont hypertrophiées, l'articulation présente des craquements, et l'amplitude articulaire est diminuée de façon bilatérale. Mesure des masses musculaires : 40 cm à gauche comme à droite.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XLVI ci-dessous :

Tableau XLVI : Protocole d'hyperthermie de Ubert

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J2 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J5 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J14 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J16 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J19 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien présente une nette amélioration clinique. Il marche mieux, s'est remis à courir, est beaucoup plus en forme. Il présente toujours une légère gêne à la manipulation de la hanche. Mesure des masses musculaires : 43 cm à droite, et 42 cm à gauche. Le chien a arrêté la rééducation après l'arrêt de l'hyperthermie.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 8



(5). Conclusion sur ce chien

Le traitement a été efficace sur ce chien. La répartition des séances est présentée dans le tableau XLVII ci-dessous.

Tableau XLVII : Répartition des séances pour Ubert

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 4 | 67% | 6 | 100% |

r) OPIUM, Labrador, arthrose des hanches

(1). Présentation

Opium est un labrador mâle, né le 12/03/1998. Il présente une arthrose des hanches sur une dysplasie. Le chien a déjà fait des séances d'hydrothérapie et d'ultrason au niveau de l'épaule lors d'une précédente cession de rééducation un an auparavant. Cette fois ci, l'hyperthermie a été proposée en première intention. Il est sous prévicox®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

Le chien présente un report de poids sur le postérieur droit. Il présente une démarche chaloupée mais pas de boiterie. À la manipulation, il présente une douleur importante à l'hyperextension de la hanche et à l'abduction, plus marqué à gauche qu'à droite. Mesure des masses musculaires : 42 cm à droite, 41 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau XLVIII ci-dessous :

Tableau XLVIII : Protocole d'hyperthermie d'Opium

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J2 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |

| | | | | | |
|-----|-----------|---------|-----------------------|-------|-----|
| J4 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J11 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J13 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J15 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien présente une nette amélioration. Les promenades sont passées de 15 à 45 minutes, le chien trotte beaucoup plus, et il est plus dynamique. Mais ne monte toujours pas dans la voiture seul. Mesure des masses musculaires : 42 cm à gauche comme à droite.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 9



(5). Conclusion sur ce chien

Très bonne efficacité du traitement. La rééducation a été arrêtée après le seul traitement par hyperthermie moléculaire. La répartition des séances est présentée dans le tableau XLIX ci-dessous.

Tableau XLIX : Répartition des séances pour Opium

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 5 | 83% | 6 | 100% |

s) SUSY, Berger belge tervueren, arthrose des hanches

(1). Présentation

Susy est une berger belge tervueren femelle, née le 01/01/00. Elle présente une arthrose des hanches modéré. L'hyperthermie a été proposée en première intention. Elle n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

La chienne présente un très léger report de poids sur le postérieur droit. Elle a une démarche légèrement chaloupée, mais ne présente pas de boiterie. Elle présente des difficultés à se lever quand elle est restée couchée longtemps. Elle n'a pas de difficulté majeure à monter ou à descendre les escaliers, ainsi qu'à monter ou à descendre de voiture.

La chienne présente une douleur à l'abduction et à l'hyperextension des deux hanches. Les mesures de masse musculaire sont de 39 cm à droite, et 39,5 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau L ci-dessous :

Tableau L : Protocole d'hyperthermie de Susy

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J2 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J4 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J9 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J11 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J16 | Continues | Hanches | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

La chienne présente une nette amélioration clinique. Elle se remet à jouer, à se mettre en position de jeu, et à « faire la toupie ». Les promenades sont plus longues qu'avant traitement. Mesures des masses musculaires après traitement : 43 cm à gauche, et 42 cm à droite.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 10



(5). Conclusion sur ce chien

Le traitement a été très efficace sur ce chien. La répartition des séances est présentée dans le tableau LI ci-dessous.

Tableau LI : Répartition des séances pour Susy

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 5 | 83% | 6 | 100% |

3. Traitement de l'arthrose du coude (4 cas)

a) SPIKE, Labrador, arthrose des coudes

(1). Présentation

Spike est un labrador mâle, né le 03/08/01. Il présente une arthrose des hanches sur dysplasie et une arthrose des coudes. Le traitement d'hyperthermie a été proposé en première intention, simultanément à un traitement à base d'ultrasons pour les coudes. Ce chien a d'abord été traité par hyperthermie pour l'arthrose des hanches. Devant les bons résultats, il a été décidé de le traiter également par hyperthermie pour son arthrose des coudes. Il est sous prévicox®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3,5

Le chien présente une difficulté locomotrice, avec une boiterie avec appui de l'antérieur gauche qui s'aggrave au cours de la promenade. Il présente parfois des difficultés à se lever. À la manipulation, il présente des craquements importants au niveau des coudes, ainsi qu'une douleur et une gêne à la manipulation de façon bilatérale. De plus, il y a une légère diminution de l'amplitude articulaire.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau LII ci-dessous :

Tableau LII : Protocole d'hyperthermie de Spike

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Coudes | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J4 | Continues | Coudes | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J9 | Continues | Coudes | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien boite toujours autant, voir plus qu'avant traitement. De plus, il manifeste une gêne marquée lors du traitement.

Evaluation subjective de l'efficacité du traitement : 1



(5). Conclusion sur ce cas

Le chien manifeste vivement une gêne lors du traitement du coude gauche, celui dont la boiterie est la plus marquée. De plus, le chien est moins bien cliniquement avec le traitement par hyperthermie que lors du traitement par ultrasons. Il est donc décidé d'arrêter le traitement par hyperthermie. La répartition des séances est présentée dans le tableau LIII ci-dessous.

Tableau LIII : Répartition des séances pour Spike

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 3 | 3 | 100% | 3 | 100% |

b) ULNA, berger allemand, arthrose coudes

(1). Présentation

Ulna est un berger allemand femelle, née le 07/02/03. Elle présente une arthrose sévère généralisée. Elle a une prothèse de hanche à gauche, opéré en Avril 2008. L'hyperthermie sur les coudes a été proposée suite à 40 séances d'hydrothérapie depuis Mai 2008. Elle est sous métacam®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 2,5

La chienne présente une raideur majeure au niveau des coudes, avec une diminution de l'amplitude articulaire, une gêne, et des craquements à la manipulation. Au niveau des hanches, elle présente une gêne et une diminution bilatérale de l'abduction et de l'extension. Mesure des masses musculaires aux antérieurs : 29cm de chaque coté.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau LIV ci-dessous :

Tableau LIV : Protocole d'hyperthermie d'Ulna

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| J0 | Continues | Coudes | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J6 | Continues | Coudes | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 13 minutes |
| J13 | Continues | Coudes | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 13 minutes |
| J21 | Continues | Coudes | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 13 minutes |

(4). Examen clinique après rééducation

La chienne présente une légère amélioration : sa dose de métacam® a été réduite. La chienne présente néanmoins toujours une gêne majeure liée à l'arthrose. Mesure des masses musculaires : 29 cm pour chaque antérieur.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 5



(5). Conclusion sur ce cas

L'hyperthermie moléculaire semble plus efficace que les ultrasons chez cette chienne. La répartition des séances est présentée dans le tableau LVI ci-dessous.

Tableau LV : Répartition des séances pour Ulna

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 4 | 3 | 75% | 4 | 100% |

c) CLEMENTINE, Golden retriever, arthrose du coude

(1). Présentation

Clémentine est une golden retriever, née le 01/07/98. Elle présente une arthrose des coudes, avec une boiterie marquée de l'antérieur gauche. L'hyperthermie moléculaire a été proposée en première intention seule. Elle n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 4

Le chien présente un léger report de poids sur l'antérieur droit. Elle présente une boiterie de l'antérieur gauche, plus marqué à froid. Elle manifeste une douleur à la palpation/pression de la face radiale du carpe gauche. Elle présente également des craquements et une gêne à l'hyperextension du coude.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau LVI ci-dessous :

Tableau LVI : Protocole d'hyperthermie de Clémentine

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| J0 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J1 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 13 minutes |
| J2 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 13 minutes |
| J8 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 13 minutes |
| J12 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 13 minutes |
| J15 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Hydrothérapie : 13 minutes |

(4). Examen clinique après rééducation

La chienne présente une nette amélioration clinique. La boiterie a disparu au pas, et elle est moins marquée au trot, surtout à froid. La chienne n'a pas continué de rééducation après l'hyperthermie.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



(5). Conclusion sur ce chien

Le traitement a été efficace sur ce chien. La répartition des séances est présentée dans le tableau LVII ci-dessous.

Tableau LVII : Répartition des séances pour Clémentine

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 5 | 83% | 6 | 100% |

d) SWEETI, labrador, arthrose du coude

(1). Présentation

Sweeti est un labrador mâle, né le 04/07/2001. Il présente une ostéochondrite disséquante de l'épaule droite, avec une synovite villoproliférative très sévère et généralisée. Il présente une arthrose très sévère de l'épaule, avec des lésions ligamentaires et tendineuses majeures. Le chien a déjà fait des séances d'hydrothérapie et d'ultrasons au niveau de l'épaule lors d'une précédente cession de rééducation un an auparavant. Cette fois ci, l'hyperthermie a été proposée en première intention. Il est sous prévicox®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

Le chien ne présente pas de report de poids. Il présente une boiterie de l'antérieur droit à froid intermittente. À la manipulation, il ne présente pas de douleur à la mobilisation du membre droit. Il présente par contre une douleur à la flexion du coude et de l'épaule gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau LVIII ci-dessous :

Tableau LVIII : Protocole d'hyperthermie de Sweeti

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J2 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J7 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J9 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J11 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |
| J15 | Continues | Coude G | 10 minutes effectives | 42 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien ne présente aucune amélioration clinique, au contraire. Il présente au terme de la rééducation une boiterie continue pendant la promenade, et un démarrage toujours difficile.

Evaluation subjective de l'efficacité du traitement : 1



(5). Conclusion sur ce chien

Pas d'efficacité du traitement sur ce chien. La répartition des séances est présentée dans le tableau LIX ci-dessous.

Tableau LIX : Répartition des séances pour Sweeti

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 5 | 5 | 100% | 5 | 100% |

4. Traitement des autres formes d'arthroses (2 cas)

a) REX, Colley, arthrose sacro-lombaire

(1). Présentation

Rex est un colley mâle, né le 01/08/97. Il présente une arthrose sévère au niveau des hanches. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 1,5

Le chien présente d'importantes difficultés locomotrices. Il présente une douleur à l'extension de la hanche et à l'abduction de façon bilatérale.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a été présenté dans le tableau LX ci-dessous :

Tableau LX : Protocole d'hyperthermie de Rex

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-----------------------|------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Jonction lombo-sacrée | 20 minutes | 40 °C | Non |
| J13 | Continues | Jonction lombo-sacrée | 20 minutes | 40 °C | Non |

Rééducation après le traitement d'hyperthermie

Rex a continué l'hydrothérapie après les deux séances d'hyperthermie.

(4). Examen clinique après rééducation

L'état clinique n'a pas été modifié par le traitement.

L'efficacité subjective du traitement n'a pas été notée car seulement deux séances ont été effectuées.

(5). Conclusion sur ce chien

Le protocole n'a pas pu être mené à terme, car le propriétaire souhaitait arrêter. Il préférerait l'hydrothérapie, il ne voyait pas l'efficacité du traitement par hyperthermie.

b) DIANE, Chien croisé, arthrose des genoux

(1). Présentation

Diane est une chienne croisée, née le 20/10/99. La chienne présente de l'arthrose au niveau du genou. Elle a eu une hernie discale en T13-L1, et a très bien récupéré suite à l'opération. Elle présente également une arthrose des hanches, visible radiologiquement mais sans signes cliniques associés. 16 séances d'hydrothérapie ont été réalisées avant l'hyperthermie. Elle n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 4

La chienne présente des craquements à la flexion des genoux, une ankylose et un épaissement de l'articulation de façon bilatérale. La chienne présente un net report de poids sur le postérieur droit et essentiellement sur les antérieurs. Elle présente une difficulté locomotrice importante. Mesure des angles articulaires (fémur/tibia) : à gauche : 75° en flexion, 140° en extension. À droite : 75° en flexion, 150° en extension. Mesure des masses musculaires : 38 cm à gauche, 39 cm à droite.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau LXI ci-dessous :

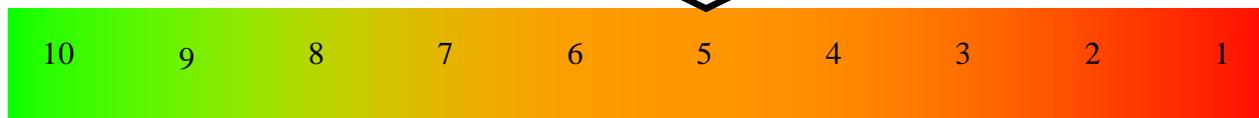
Tableau LXI : Protocole d'hyperthermie de Diane

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| J0 | Continues | Genoux | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J7 | Continues | Genoux | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J14 | Continues | Genoux | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J19 | Continues | Genoux | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J21 | Continues | Genoux | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |
| J25 | Continues | Genoux | 10 minutes effectives | 40 °C | Non |

(4). Examen clinique après rééducation

Les articulations du genou présentent moins de craquements, la propriétaire est satisfaite du résultat. La chienne se lève plus facilement, et se promène plus longtemps. La chienne présente toujours néanmoins une démarche chaloupée. Mesure des masses musculaires : 38 à droite comme à gauche. Mesure des angles articulaires : à gauche : 60° en flexion, 155° en extension. À droite : 65° en flexion, 150° en extension.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement: 5



(5). Conclusion sur ce cas

L'amélioration clinique de ce chien n'est pas flagrante, mais la propriétaire est satisfaite du résultat. La chienne se lève en effet plus facilement, et se promène plus longtemps. La répartition des séances est présentée dans le tableau LXII ci-dessous.

Tableau LXII : Répartition des séances pour Diane

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 3 | 50% | 5 | 83% |

5. Traitement post chirurgical de RLCA (2 cas)

a) BERLIOZ, Terre neuve, rupture du ligament croisé antérieur

(1). Présentation

Berlioz est un terre neuve mâle, né le 06/10/06. Il a été opéré d'une RLCA à droite le 9/03/09 par la technique de flo (ligamentoplastie extracapsulaire). Il a été présenté en consultation un mois après l'opération. 12 séances d'hydrothérapie et d'ultrasons ont été effectuées avant le début de l'hyperthermie. Il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

Le chien présente un report de poids majeur sur le postérieur gauche. Il présente une boiterie sans appui. À la manipulation, le chien présente une douleur à l'extension du genou, une articulation gonflée, et des craquements lors de la manipulation. Il présente également une douleur à la manipulation des hanches. Mesure des masses musculaires : 39,5 cm à droite, 48 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau LXIII ci-dessous :

Tableau LXIII : Protocole d'hyperthermie de Berlioz

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|-------------------------------|
| J0 | Continues | Genou D | 20 minutes | 38 °C | Non |
| J1 | Continues | Genou D | 20 minutes | 39 °C | Non |
| J2 | Continues | Genou D | 20 minutes | 39 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J8 | Continues | Genou D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J13 | Continues | Genou D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J21 | Continues | Genou D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |

Rééducation après l'hyperthermie

Berlioz a encore fait de l'hydrothérapie après la fin du traitement d'hyperthermie.

(4). Examen clinique après rééducation

Le chien ne présente plus de boiterie à froid depuis le traitement par hyperthermie. Il marche mieux, se promène plus longtemps. À la manipulation du genou le chien ne présente plus de gêne, juste des craquements. Mesure des masses musculaires : 43 cm à droite, 47 cm à gauche.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement: 10



(5). Conclusion sur ce cas

Alors que le chien boitait encore avec le traitement aux ultrasons, la boiterie a disparu après 13 jours de traitement. Les propriétaires ont observé une nette amélioration à froid grâce au traitement par hyperthermie. La répartition des séances est présentée dans le tableau LXIV ci-dessous.

Tableau LXIV : Répartition des séances pour Berlioz

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 5 | 83% | 6 | 100% |

b) TINA, Dingo, rupture du ligament croisé antérieur

(1). Présentation

Tina est une chienne dingo, née le 01/03/03. Elle a été opérée d'une RLCA traumatique, par la technique de ligamentoplastie extra capsulaire. Elle a été présentée un mois après l'intervention chirurgicale. L'hyperthermie a été proposée en première intention, associée à l'hydrothérapie. Deux séances d'hydrothérapie ont été réalisées avant l'hyperthermie. Elle est sous métacam®.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3

La chienne présente un important report de poids sur le postérieur droit, et un léger report de poids sur les antérieurs. L'articulation du grasset gauche est œdémateuse, chaude et hypertrophiée. Il n'y a pas de diminution de l'amplitude articulaire. La chienne manifeste une gêne et une douleur à la fin de l'extension. Mesure des masses musculaires : 31,5 cm à droite, 29,5 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau LXV ci-dessous :

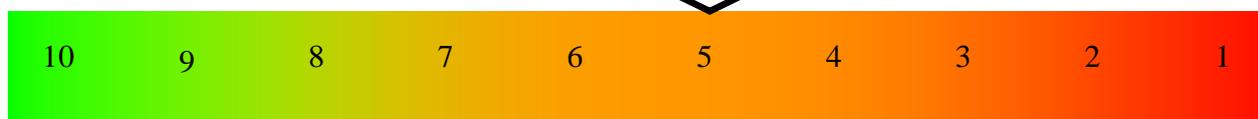
Tableau LXV : Protocole d'hyperthermie de Tina

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|----------------------------|
| J0 | Continues | Genou G | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 7 minutes |
| J10 | Continues | Genou G | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 9 minutes |
| J14 | Continues | Genou G | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 10 minutes |
| J17 | Continues | Genou G | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J21 | Continues | Genou G | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J23 | Continues | Genou G | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J35 | Continues | Genou G | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |

(4). Examen clinique après rééducation

La chienne présente une boiterie intermittente. La marche s'est améliorée, mais pas de façon flagrante. Mesure des masses musculaires : 32,5 cm à droite et 30 cm à gauche.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement: 5



(5). Conclusion sur ce cas

La chienne n'a pas présenté d'amélioration nette suite au traitement d'hyperthermie. La répartition des séances est présentée dans le tableau LXVI ci-dessous.

Tableau LXVI : Répartition des séances pour Tina

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 7 | 3 | 43% | 5 | 71% |

6. Traitement post chirurgical d'exérèse tête col (2 cas)

a) BUDDY, Chien croisé, exérèse tête col du fémur

(1). Présentation

Buddy est un chien croisé mâle, né le 01/05/01. Il a subi une exérèse tête col du fémur du postérieur droit, suite à une chute d'un étage. Le chien présente une boiterie sans appui du postérieur droit. L'hyperthermie a été proposée simultanément à l'hydrothérapie, le chien étant nettement amyotrophié à droite. Il n'est pas sous traitement AINS. Le traitement a débuté quelques semaines après la chirurgie.

(2). Examen clinique avant la rééducation

Note d'état corporelle : 2,5

Le chien présente une boiterie sans appui à droite, avec soustraction totale d'appui. Le chien présente une vive douleur à la palpation/pression de la hanche, ainsi qu'à l'abduction, l'extension, et la flexion de la hanche. L'amplitude articulaire est nettement diminuée. Mesure des masses musculaires : 40cm à gauche, 32 cm à droite.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau LXVII ci-dessous :

Tableau LXVII : Protocole d'hyperthermie pour Buddy

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|------------------|---------------------|---------------------------|
| J0 | Continues | Hanche D | 20 minutes | 39 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J2 | Continues | Hanche D | 20 minutes | 39 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J8 | Continues | Hanche D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J12 | Continues | Hanche D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J16 | Continues | Hanche D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J19 | Continues | Hanche D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J22 | Continues | Hanche D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 7 minutes |
| J32 | Continues | Hanche D | 20 minutes | 40 °C | Hydrothérapie : 7 minutes |

Rééducation après les séances d'hyperthermie :

Huit séances d'hydrothérapie seule ont été réalisées après la fin de l'hyperthermie.

(4). Examen clinique après rééducation

Les anti- inflammatoires ont pu être arrêtés suite au traitement par hyperthermie, sans qu'il y ait de dégradation de l'état de l'animal. Buddy présente toujours un léger report de poids à gauche, mais ne présente pas de boiterie : il s'appuie aux trois allures sur ses quatre membres. À la manipulation, il ne présente plus de douleur à la palpation/pression, et l'amplitude articulaire est nettement augmentée. Il présente toujours néanmoins une légère douleur à l'abduction et à l'hyperextension, et des craquements lors de la manipulation.

Évaluation subjective de l'efficacité du traitement: 10



(5). Conclusion sur ce cas

Buddy a présenté une bonne réponse au traitement, avec des progrès réguliers. La répartition des séances est présentée dans le tableau LXVIII ci-dessous.

Tableau LXVIII : Répartition des séances pour Buddy

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 8 | 4 | 50% | 6 | 75% |

b) ELTON, golden retriever, exérèse tête col du fémur

(1). Présentation

Elton est un labrador mâle non castré, né le 12/06/09. Il a été opéré d'une exérèse tête col du fémur suite à une dysplasie sévère. L'opération a eu lieu 22 jours avant la première séance d'hyperthermie moléculaire. L'hyperthermie a été proposée en première intention simultanément à l'hydrothérapie. Une séance d'hydrothérapie a été réalisée avant de débiter l'hyperthermie. il n'est pas sous traitement AINS.

(2). Examen clinique avant rééducation

Note d'état corporel : 3,5

Le chien présente un net report de poids sur les antérieurs ainsi que sur le postérieur droit. Il a une démarche légèrement chaloupée, et présente une boiterie avec appui du postérieur droit. Il

monte les escaliers sur 3 pattes, et court sur 3 pattes. Mesure des masses musculaires : 41,5 cm à droite, 35,5 cm à gauche.

(3). Rééducation

Le protocole d'hyperthermie a est présenté dans le tableau LXIXI ci-dessous :

Tableau LXIX : Protocole d'hyperthermie pour Elton

| Date | Type d'ondes | Site traité | Durée traitement | Température maximum | Autre thérapeutique |
|------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| J0 | Continues | Hanche G | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 5 minutes |
| J3 | Continues | Hanche G | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 6 minutes |
| J5 | Continues | Hanche G | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 8 minutes |
| J7 | Continues | Hanche G | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 10 minutes |
| J10 | Continues | Hanche G | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 12 minutes |
| J12 | Continues | Hanche G | 10 minutes effectives | 40 °C | Hydrothérapie : 14 minutes |

(4). Examen clinique après rééducation

Sur ce chien, une masse d'aspect tissulaire et d'environ 2 cm de long sur 1cm de large est apparu à la troisième séance. Ce gonflement a évolué jusqu'à la 4ème séance, puis a commencé à régresser. Il avait disparu à J14. La mesure des masses musculaires : 44 cm à droite, 39 cm à gauche.

Evaluation subjective de l'efficacité du traitement : 7



(5). Conclusion sur ce chien

Ce chien était tondu suite à la chirurgie. On peut supposer que la masse apparue lors du traitement aurait pu passer inaperçue si le chien n'avait pas été tondu.

La réponse au traitement est bonne, le chien soulage moins le postérieur droit, et ne présente plus de boiterie sans appui aux allures vives. Il présente néanmoins encore une boiterie avec appui. Le chirurgien ayant opéré le chien est très content du résultat de l'opération, et en

particulier de la position du fémur, qui est parfaitement positionné. La répartition des séances est présentée dans le tableau LXX ci-dessous.

Tableau LXX : Répartition des séances pour Elton

| Nombre de séances total | nombre de séances à J14 | pourcentage de séances réalisées à J14 | nombre de séances à J21 | pourcentage de séances réalisées à J21 |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 6 | 6 | 100% | 6 | 100,00% |

7. Bilan des différents protocoles utilisés

Lors de nos premières utilisations de l'appareil (cas de ROC, SHAN, BERLIOZ), les séances effectuées étaient de 20 minutes à 38°C, soit la température minimale efficace. Les premiers effets et les comportements des chiens face à un chauffage localisé ont pu alors être observés. L'utilisation des 2 électrodes simultanément, dans le cas de ROC, n'a pas été convaincante, dans la mesure où la position était difficile à tenir pour le chien, et qu'aucun gain de temps n'a été apporté.

La température de traitement a par la suite été progressivement augmentée, alors que la durée de la séance restait de 20 minutes. Enfin, nous avons fini par effectuer des séances à 40 °C et même 42 °C, en introduisant le concept de « minutes effectives », c'est-à-dire les minutes réellement passées à la température désirée. Pour atteindre plus rapidement cette température, des « hot pack » chauffés au four à micro-ondes sont utilisés lors du temps de chauffe de la machine, et retirés par la suite.

a) Arthrose des hanches

L'arthrose des hanches est l'indication qui a été le plus traitée au cours de cette étude. Ceci nous a donc permis d'établir les premiers protocoles de traitement.

Le cas de MAX a montré que **6 séances d'hyperthermie de 20 minutes à 40°C sur chaque hanche en l'espace de 10 jours** amélioreraient sensiblement la capacité du chien à se déplacer (arrête de trébucher, se roule, veut jouer). Ce cas est particulièrement intéressant car aucune autre technique de rééducation n'a été employée sur ce chien. C'est donc bien uniquement l'hyperthermie qui a produit ces améliorations. Celles-ci étaient encore visibles jusqu'à T+2 mois après la fin du traitement (à T+2 mois le chien est décédé).

D'autres chiens atteints d'arthrose ont été traité par hyperthermie moléculaires associée à d'autres techniques de rééducation, essentiellement l'hydrothérapie (par exemple, les cas de DAISY, PRINCE, CHICO) En effet, ces chiens présentaient une amyotrophie majeure, l'hydrothérapie semblait donc indispensable pour remuscler le chien, et l'association avec l'hyperthermie permet de mieux soulager la douleur que lors d'hydrothérapie seule.

Pour gagner du temps, les séances d'hyperthermie ont été réduites à 10 minutes effectives à 40°C. C'est le protocole qu'a suivi LARA, qui a eu **7 séances d'hyperthermie de 10 minutes effectives à 40°C sur chaque hanche en l'espace de 25 jours**. Dans ce cas là également, l'hyperthermie a été utilisée comme seule technique de rééducation sur les hanches. Les masses musculaires des postérieurs ont augmenté d'un 1 cm en un mois, la chienne joue plus dans le jardin, et recommence à monter les escaliers.

Enfin, des cas comme celui d'UBERT ou d'OPIUM nous ont permis de tester le protocole de 6 séances à 42°C pendant 10 minutes effectives, avec une rééducation passant uniquement par l'hyperthermie, et un arrêt de la rééducation après les 6 séances.

Le protocole retenu est donc de 6 séances, idéalement en 2 semaines, de 10 minutes effectives à 42°C, avec préchauffage au hot pack.

b) Tendinites

Pour ce qui est des tendinites, seulement 3 cas se sont présentés au service de l'UMES – Rééducation fonctionnelle (EROS, RICK, DEUX DE CŒUR).

Pour EROS et DEUX DE CŒUR, les séances ont été très rapprochées : les 6 séances ont eu lieu respectivement en 15 et 12 jours. Pour RICK, les 6 séances sont étalées sur 28 jours. Chez tous ces chiens, l'hyperthermie moléculaire a permis la résolution d'un traumatisme qui ne rétrocedait pas au repos ou aux traitements AINS. Ces chiens ont repris par la suite leur entraînement ou leurs activités normales progressivement, et sans qu'aucun ne présente de rechute.

Le protocole retenu est de 6 séances d'hyperthermie de 20 minutes à 40 °C en l'espace de 14 jours.

c) Ruptures musculaires

Les ruptures musculaires sont un motif de consultation relativement peu fréquent. Nous avons eu la possibilité au cours de la période d'essai d'avoir deux cas (HERCULE et LASSO).

Dans le cas d'HERCULE l'œdème présent en début de rééducation a disparu, mais l'hyperextension du carpe a seulement diminuée, sans pour autant revenir à la normale, ce qui pourrait indiquer une cicatrisation musculaire incomplète. HERCULE a suivi seulement 4 séances de 20 minutes à 39°C en 12 jours. L'arrêt des séances a eu lieu car la propriétaire partait en vacances.

Dans le cas de LASSO, qui a suivi 6 séances de 20 minutes à 40°C en 32 jours, la résolution de la boiterie n'est pas complète. Lors du contrôle échographique, une tumeur de type sarcome, sans métastase associée a été découverte, précisément sous la zone même de traitement. Ceci est détaillé dans la partie 2, IV, C.1.

Pour conclure, il faudrait recruter d'autres cas, à fin de tester cette indication, ainsi que l'innocuité de l'utilisation de l'hyperthermie.

d) Rupture du ligament croisé antérieur

Pour cette indication, nous n'avons pu suivre que deux cas. Un des deux chien traité, TINA, a beaucoup bougé lors des séances ce qui a peut être engendré une mauvaise application de l'hyperthermie. Ce chien n'a pas manifesté de nette amélioration clinique.

Toutefois, dans le cas de BERLIOZ l'hyperthermie semble plus efficace que les ultrasons. En effet, **6 séances d'hyperthermie de 20 minutes à 40 °C en l'espace de 21 jours**, ont permis d'arrêter la boiterie qui était encore présente après le traitement aux ultrasons. Ceci est donc une piste à explorer pour le futur mais le peu d'animaux suivis ne nous permet pas de tirer des protocoles.

e) Arthrose du genou

Un seul cas d'arthrose du genou a été traité par l'hyperthermie moléculaire, il s'agit de DIANE. La chienne présentait des craquements à la manipulation des genou, ainsi qu'une diminution de l'amplitude articulaire sur l'un d'entre eux. Le protocole utilisé a été de **6 séances d'hyperthermie de 10 minutes à 40 °C en l'espace de 25 jours**. Les résultats sont

mitigés. Bien que l'amplitude articulaire ait augmenté, la chienne présente toujours une démarche chaloupée et des craquements à la manipulation. Cette indication demande encore à être testée.

f) Arthrose du coude

Cette indication a été utilisée sur plusieurs cas (ULNA, SPIKE, SWEETI, et CLEMENTINE). Les résultats quant à cette indication sont mitigés : CLEMENTINE a présenté une nette amélioration, alors que SPIKE et SWEETI n'en ont présentée aucune. ULNA, quant à elle, n'a présenté qu'une amélioration moyenne. SPIKE manifestait même de la douleur lors du traitement. On peut supposer que la douleur pourrait provenir des enthésophytes, car la gêne de SPIKE était plus vive du côté où les enthésophytes sont les plus nombreuses.

Cette indication demande encore à être testée, elle n'a pas fait ses preuves d'efficacité, même pour une première approche.

g) Exérèse tête col du fémur

Seulement deux cas ont été traités dans cette indication, BUDDY et ELTON. Tous deux ont très bien répondu au traitement, ce qui est encourageant. Les deux chiens ont suivi deux protocoles très différents : BUDDY a subi 8 séances de 20 minutes à 39°C puis 40°C, réparties en 32 jours, alors que ELTON a subi 6 séances pendant 10 minutes effectives à 40°C en 12 jours. Dans les deux cas, le traitement était couplé à de l'hydrothérapie.

Le protocole retenu est de 6 séances d'hyperthermie de 10 minutes effectives à 40°C en l'espace de 14 jours.

C. Synthèse de l'efficacité du traitement des différents cas traités

Le nombre de cas étudiés étant limité, on ne peut retirer que des tendances de l'analyse des données. Dans cette partie, nous allons donc souligner les conditions où l'hyperthermie semble la plus efficace. De plus, il ne faut pas oublier que la note d'efficacité donnée est subjective.

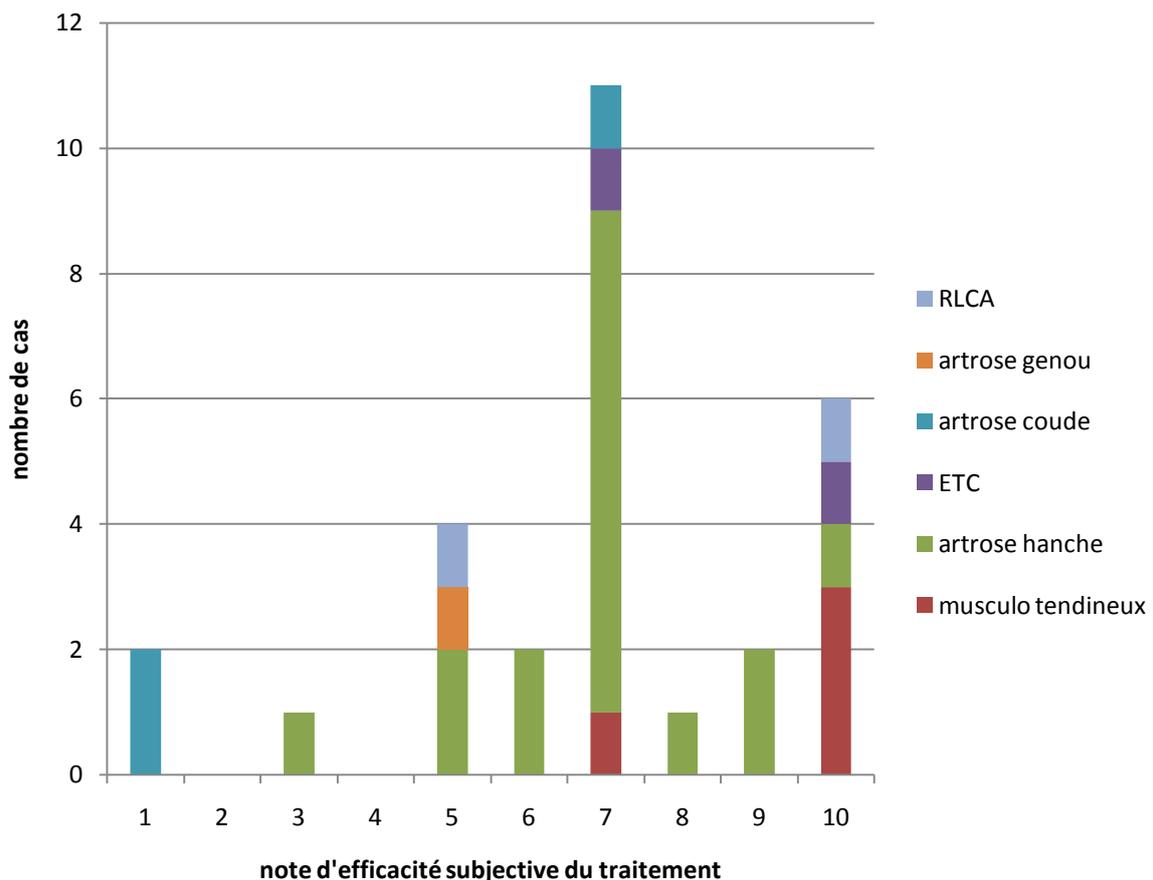
a) En fonction de la pathologie

Toutes pathologies confondues

La figure 16 ci-dessous représente, pour une note d'efficacité du traitement donné, le nombre de chien présentant une certaine pathologie.

On observe donc que les meilleurs résultats sont obtenus pour les affections musculo-tendineuses, l'arthrose des hanches, et le post opératoire d'une exérèse tête col. Les résultats sur le coude sont plutôt mauvais, et sont mitigés lors du traitement du genou (que ce soit un post opératoire de RLCA ou de l'arthrose).

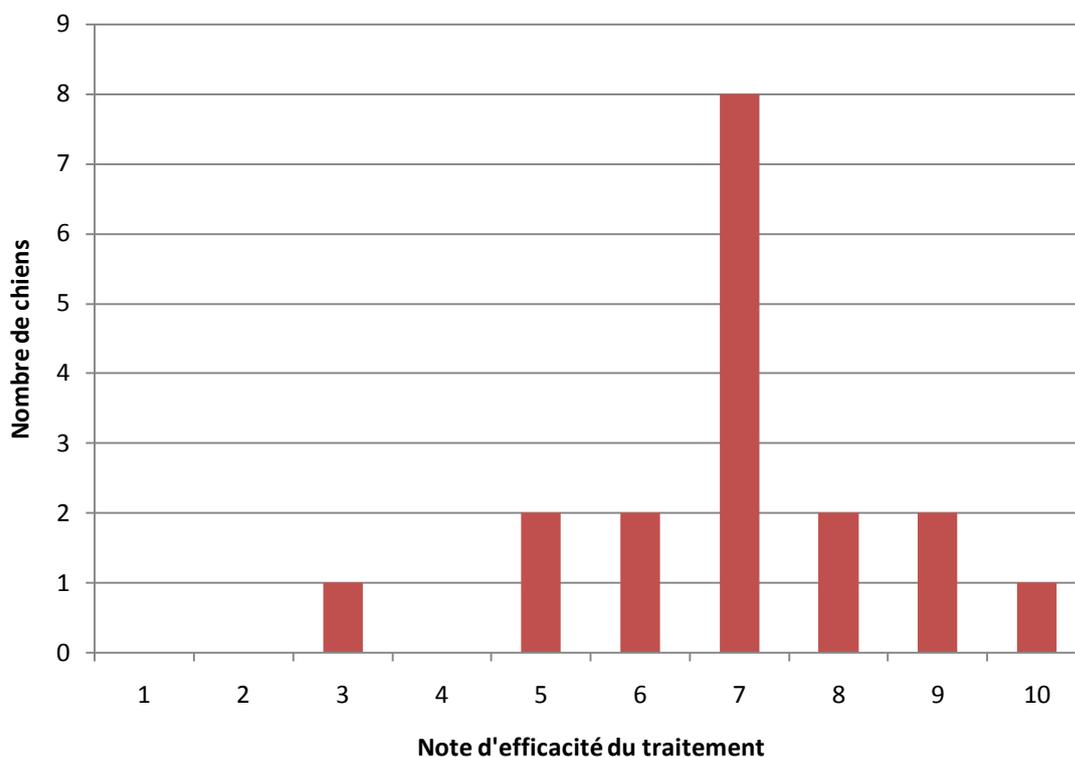
Figure 16 : Répartition de l'efficacité subjective du traitement selon la pathologie



Dans le cas de l'arthrose des hanches

La figure 17 ci-dessous représente la note d'efficacité du traitement lors de l'arthrose des hanches. Le traitement est globalement efficace dans cette indication.

Figure 17 : Répartition des notes d'efficacité du traitement de l'arthrose des hanches

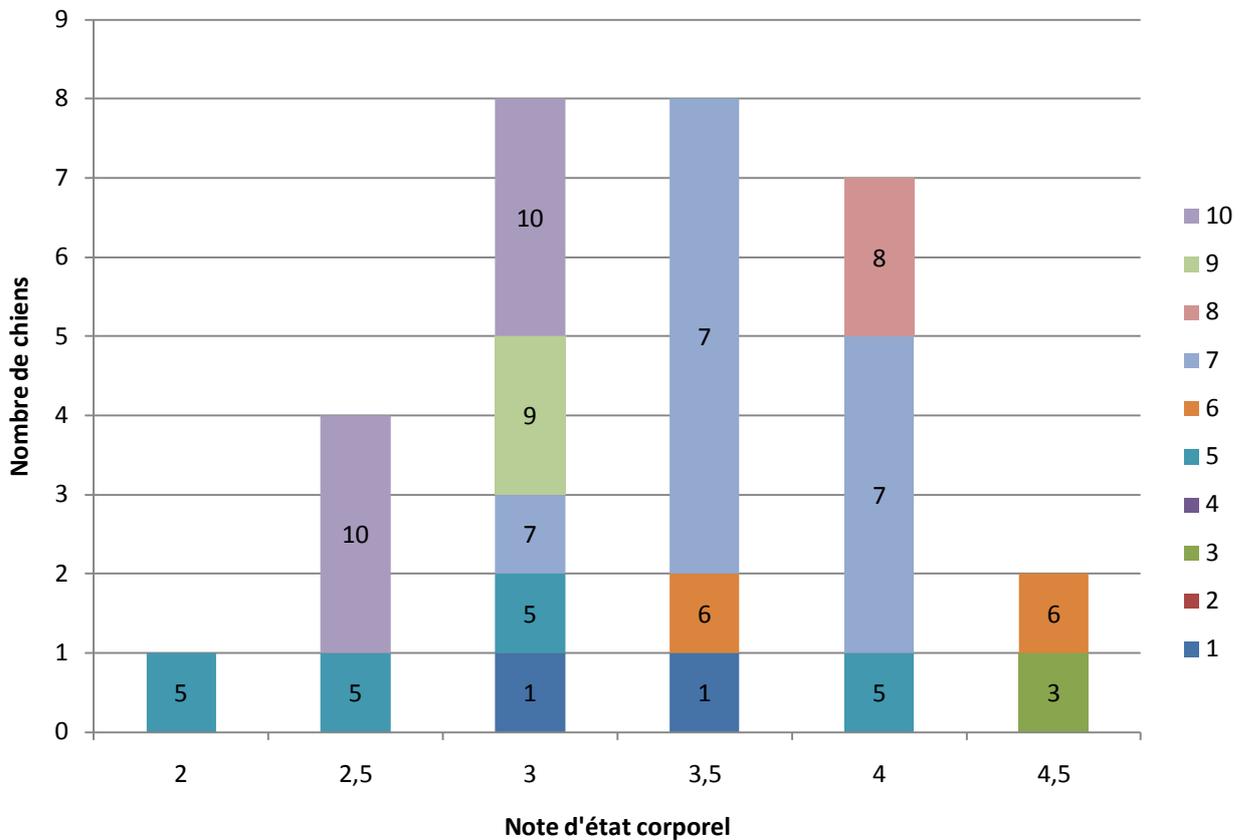


b) En fonction de l'état corporel

Toutes pathologies confondues

D'après l'étude bibliographique, on pourrait penser qu'il existe un lien entre l'état corporel et la réussite du traitement. En effet, comme cela a été vu précédemment, les micro-ondes ne pénètrent pas de la même manière dans le tissu musculaire et dans le tissu adipeux. La profondeur de pénétration et l'intensité des micro-ondes reçues dépendent donc la quantité de tissu adipeux. Dans cette étude, nous n'avons pas pu mettre en évidence de lien entre la réussite au traitement et l'état corporel du chien, de nombreux facteurs entrant en jeu, comme le montre la figure 18.

Figure 18 : Note d'efficacité du traitement en fonction de l'état corporel.

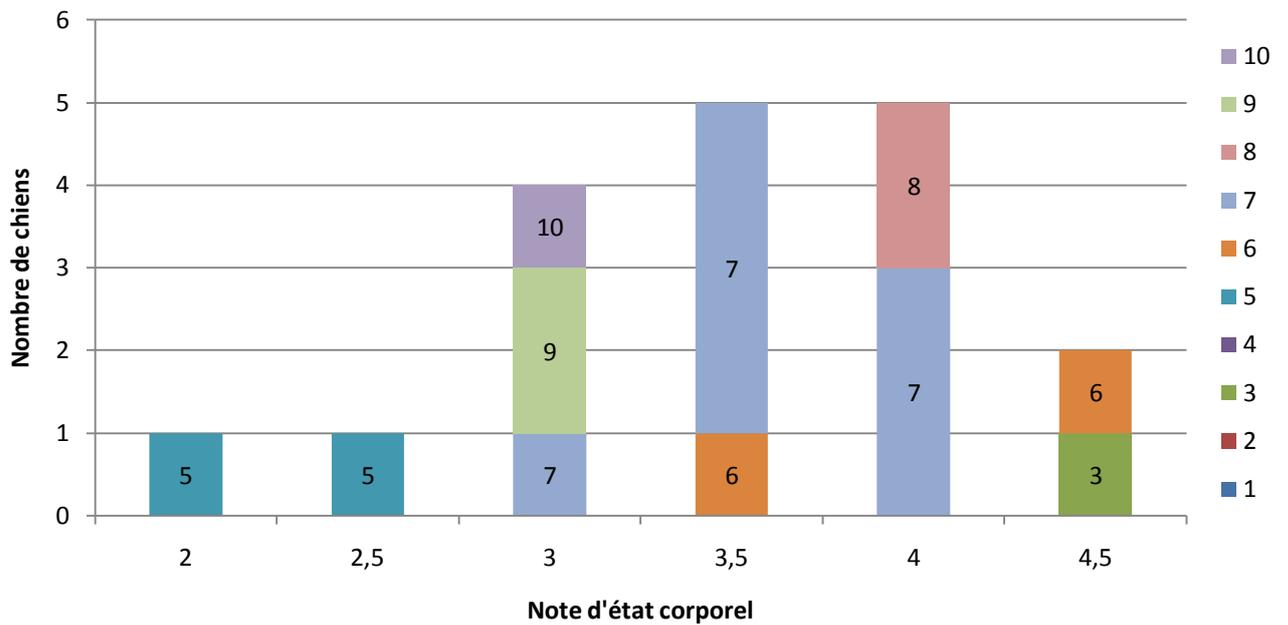


Attention, il existe néanmoins un biais : en effet, plus l'animal est atteint dans sa pathologie, moins il se déplace, et plus il a tendance à l'embonpoint, et réciproquement.

Dans le cas de l'arthrose des hanches

La figure 19 présente les différentes notes d'état corporel, uniquement dans le cas du traitement d'arthrose des hanches. On ne peut pas mettre en évidence de tendance majoritaire quant à une relation entre l'état corporel et la note d'efficacité du traitement.

Figure 19 : Proportion des différentes notes d'état corporel selon la note d'efficacité du traitement, dans le cas d'arthrose des hanches.



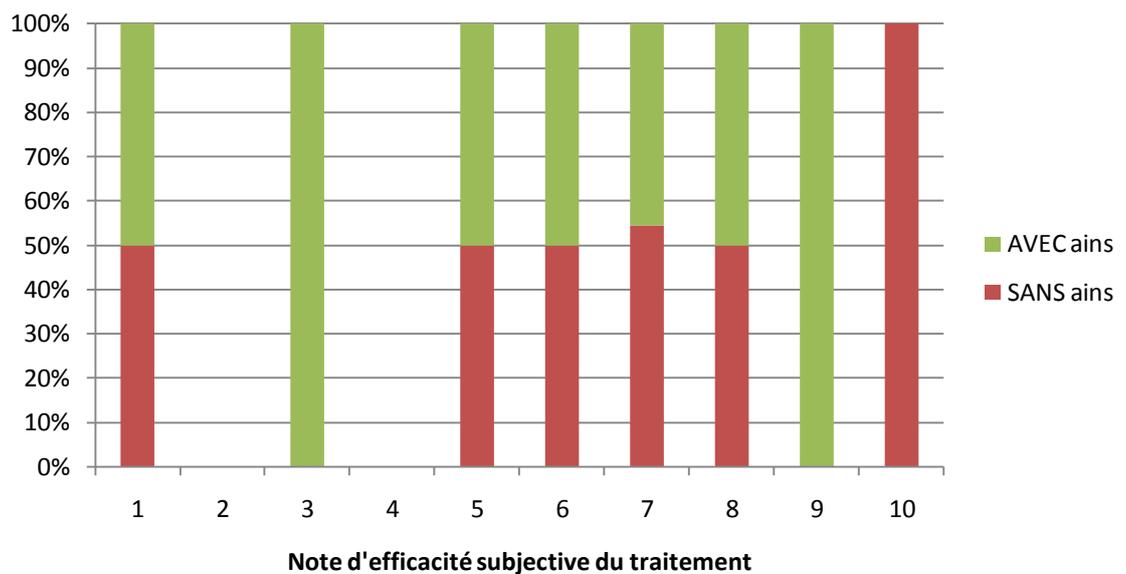
c) En fonction de l'utilisation d'anti-inflammatoires.

L'hyperthermie moléculaire induit une vasodilatation, qui implique une distribution différente des molécules anti inflammatoires. On pourrait donc penser que l'hyperthermie va potentialiser l'action anti inflammatoire, et donc avoir une très bonne réponse au traitement.

Toutes pathologies confondues

Le figure 20 ci-dessous montre la proportion de chiens sous AINS ou sans traitement en fonction de la note d'efficacité du traitement. Toutes pathologies confondues, la note moyenne d'efficacité est de 7,47 sans traitement anti-inflammatoire, et de 6,23 lors de traitement anti-inflammatoire. La différence n'est pas significative. Attention néanmoins à l'existence d'un biais, dans la mesure où ce sont les animaux les plus atteints qui sont sous anti-inflammatoire.

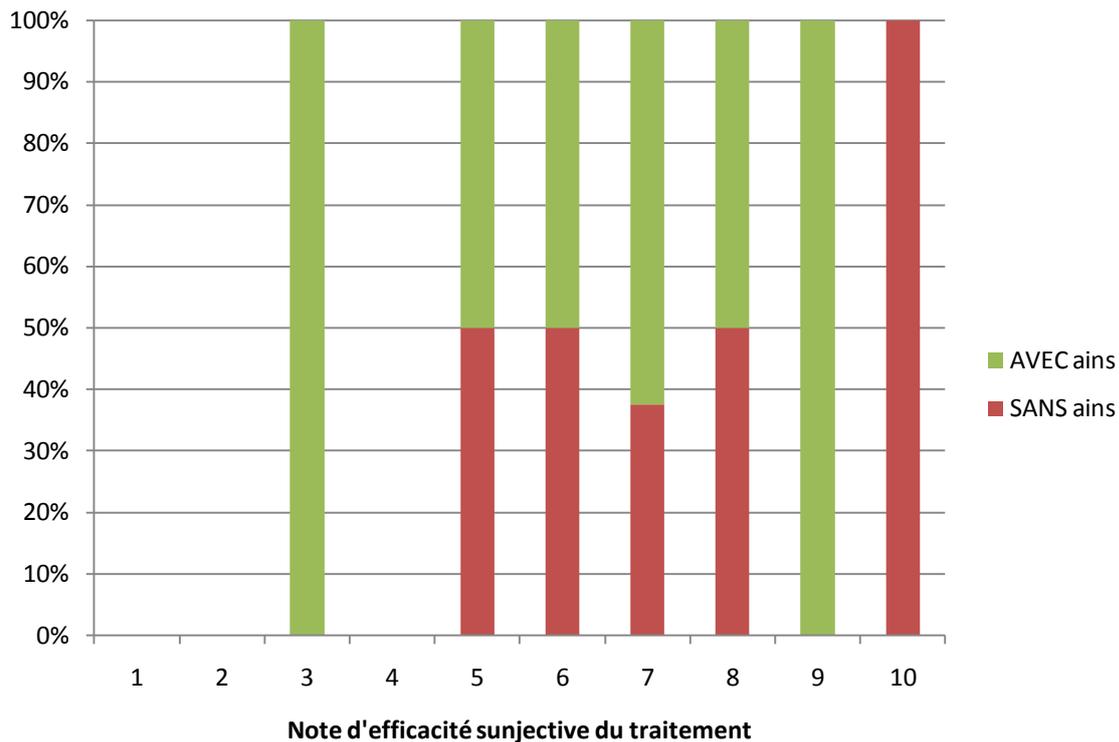
Figure 20 : Proportion de chiens sous AINS en fonction de la note d'efficacité du traitement.



Dans le cas de l'arthrose des hanches

La figure 21 montre la proportion de chiens sous AINS ou non, selon la note d'efficacité du traitement, uniquement pour les cas d'arthrose des hanches. On observe alors ici que la répartition des animaux sous AINS est équitable, avec des moyennes de réponse au traitement très proches, de 6,81 lors d'un traitement anti-inflammatoire, et de 7,14 sans traitement anti-inflammatoire. La présence d'un traitement anti inflammatoire ne semble donc pas avoir d'incidence sur l'efficacité du traitement.

Figure 21 : Proportion de chiens sous AINS en fonction de la note d'efficacité du traitement, pour les cas d'arthrose des hanches



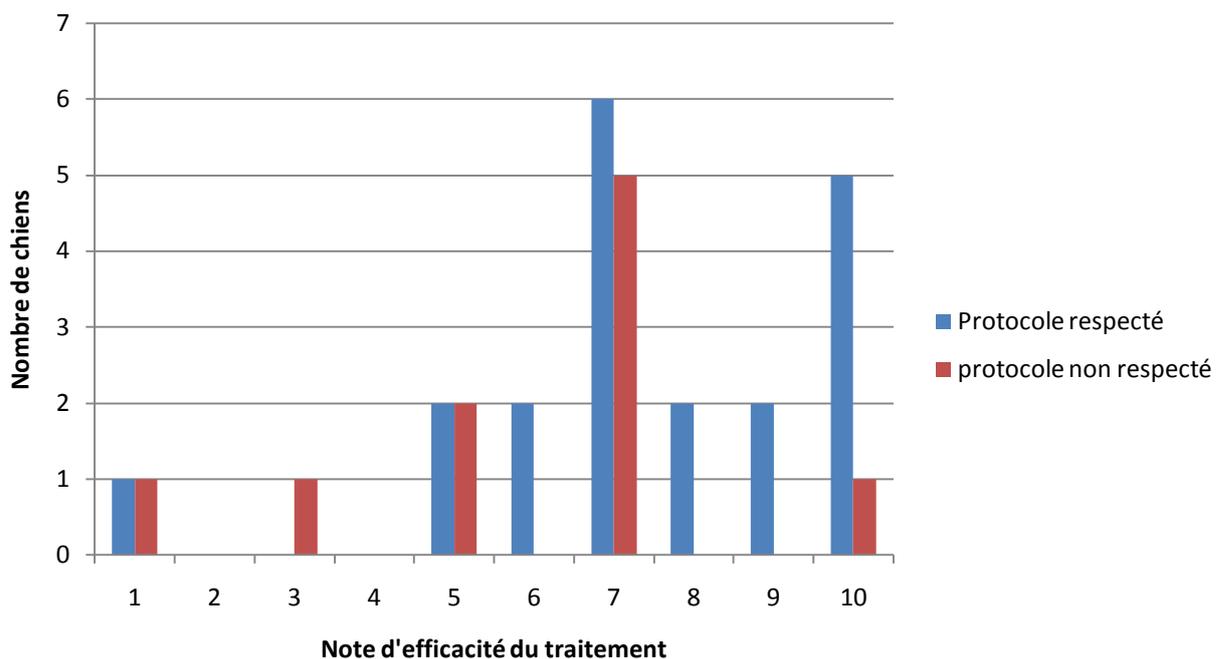
d) Délais d'apparition d'une efficacité

Les propriétaires rapportent une amélioration de l'état clinique de leur chien après avoir effectué en moyenne 2,8 séances. Cette moyenne est la même pour les chiens atteints d'arthrose et pour toutes les pathologies confondues.

e) Répartition selon la fréquence des séances

On peut se demander si l'efficacité du traitement est liée à la fréquence des séances. La figure 22 ci-dessous représente, pour chaque note finale de réussite au traitement, le nombre de chien ayant respecté le protocole ou non. Le protocole est considéré comme respecté si entre 5 et 8 séances sont réalisées, si au moins 50% des séances ont été réalisées à J14 et au moins 83% des séances à J21. La moyenne des efficacités du traitement est de 7,45 lorsque le protocole est suivi correctement, et de 5,9 lorsque ça n'est pas le cas, mais la différence n'est pas significative.

Figure 22 : Note de réussite du traitement en fonction du respect du protocole



f) Durée de l'efficacité du traitement

On peut se demander combien de temps dure l'efficacité du traitement par hyperthermie moléculaire. Plusieurs éléments de réponse peuvent déjà être apportés à ce stade.

La durée de l'efficacité du traitement dépend tout d'abord de la pathologie. Lors d'une affection post traumatique, on peut espérer sa résolution définitive. Lors du traitement d'une pathologie complexe comme l'arthrose, la durée de l'efficacité du traitement est très variable. LARA, par exemple, a repris l'hyperthermie 10 jours après l'avoir arrêté, car elle avait présenté une nette dégradation à l'arrêt du traitement. Max, quant à lui, était toujours mieux qu'avant traitement lors de son décès deux mois après la fin du traitement.

IV. Discussion

A. Comparabilité des résultats

Dans cette étude clinique, tous les protocoles réalisés sont différents. D'une part, il est très difficile de faire venir un propriétaire trois fois par semaine au sein du service, et il était impossible d'hospitaliser systématiquement les animaux à traiter, comme cela se fait parfois aux Etats-Unis. En effet, les propriétaires tout comme les infra structures ne permettent pas l'hospitalisation d'animaux en bonne santé à des fins de physiothérapie. D'autre part, les protocoles ont évolué au fur et à mesure des essais cliniques. Enfin, la température et le mode de traitement (ondes pulsées ou continues) ont du s'adapter aux réactions de l'animal traité.

Aucune évaluation objective des résultats n'a été mise en place. Les résultats se basent uniquement sur le ressenti du propriétaire, et sur l'évaluation clinique du chien. Ces données sont donc subjectives, elles peuvent varier selon le clinicien et la sensibilité du propriétaire. Cette étude correspond donc à une première approche des effets de l'hyperthermie moléculaire.

Enfin, les données recueillies sont incomplètes, dans la mesure où il manque souvent la date d'apparition des premiers symptômes. De plus, l'apparition des premiers symptômes peut être difficile à dater dans le cas des affections chroniques comme l'arthrose. Enfin, dans le cas de l'arthrose, les signes cliniques fluctuent. Il est donc difficile de savoir si les effets observés sont liés à l'hyperthermie ou à une résolution spontanée. De même, le traitement principal des affections tendineuses est le repos, et il existe une amélioration spontanée. Il aurait été intéressant de comparer des lots de chiens traités et non traités, ce qui n'a pas pu être réalisé ici.

B. Développement de masses en regard de la région traitée

1. Développement d'une tumeur maligne sur le chien LASSO

Le cas de LASSO est un cas particulièrement intéressant. Il a d'abord été présenté pour une rupture du triceps brachial droit diagnostiqué par échographie. Après un traitement de 6 séances d'hyperthermie en 32 jours plus une autre par la suite, l'examen de contrôle échographique pour évaluer la cicatrisation musculaire a révélé la présence d'une tumeur. Celle-ci s'est trouvée être maligne et de type sarcome à la biopsie. Ceci a contraint les chirurgiens à amputer LASSO de son antérieur droit. L'analyse histopathologique complète après exérèse a conclu à un sarcome de morphologie équivoque ayant pour hypothèse une tumeur maligne de la gaine des nerfs périphériques ou hémangiopéricytome. Les marges de la tumeur sont saines. Il est noté une présence d'effraction vasculaire avec pseudo-embolies mais absence d'embolie vasculaire visible. Le nœud lymphatique est libre d'infiltration métastatique.

On peut se demander si le diagnostic posé par échographie n'a pas été erroné, et si la tumeur n'était pas l'origine de la boiterie. De plus, la boiterie présentée n'était pas totalement typique d'une rupture du triceps brachial. Il se pose donc la question de savoir si cette tumeur a un lien ou pas avec le traitement d'hyperthermie effectué. Si c'est le cas, on peut soit imaginer que la tumeur a été provoquée par l'élévation de température d'une zone, soit que l'hyperthermie ait favorisée son développement en améliorant le métabolisme cellulaire.

Cependant on peut tout aussi bien imaginer que cette tumeur était présente dès le départ, non visible à l'échographie car trop petite, et qu'elle ait été responsable de cette boiterie. Néanmoins, alors qu'on parle de l'hyperthermie comme thérapeutique adjuvante au traitement anti tumoral, on peut se poser la question quant à sa réelle action sur cette tumeur, qui s'est développée de façon très rapide.

Epidémiologie de l' hémangiopéricytome

Les facteurs prédisposants aux tumeurs cutanées, dont font partie les hémangiopéricytomes, sont des anomalies cellulaires comme des mutations, des dérégulations ou des surexpressions de gènes. La surexpression des HSP (heat shock proteins) en fait partie. (39) Or, nous avons vu précédemment que l'hyperthermie moléculaire permettait une augmentation de la concentration cellulaire en HSP. Il est alors envisageable de penser que chez un chien prédisposé, l'hyperthermie puisse aggraver le processus. En l'état actuel des connaissances, aucune donnée bibliographique n'est disponible.

2. Développement d'une tumeur bénigne chez la chienne ALIA

Le cas d'ALIA mérite également notre attention. Elle a été traitée pour arthrose des hanches. Elle a reçu 6 séances d'hyperthermie en 16 jours. Quatre mois après le traitement d'hyperthermie, la chienne présente une masse d'environ 5 cm de diamètre en regard de la face latérale du grasset droit. Une biopsie de la masse est réalisée. Celle-ci conclut qu'il s'agit d'un tissu fibreux cicatriciel, sans lésion tumorale. Bien que le lieu d'apparition de la tumeur ne soit pas exactement le lieu traité, il semblait néanmoins important de relever ce cas.

3. Développement d'une masse rétrocedant spontanément dans le cas du chien ELTON.

Lors du traitement d'ELTON, une masse d'environ 2 cm de long sur 1 cm de large est apparue en regard de la cicatrice, exactement au lieu du traitement. Cette masse, d'aspect tissulaire, a d'abord continué d'évoluer, puis a rétrocedé, pour disparaître environ dix jours après son apparition.

4. Hypothèses concernant les masses apparues

L'hyperthermie, par l'augmentation du métabolisme qu'elle induit, active la multiplication cellulaire. Celle-ci pourrait-elle, dans certains cas, être mal régulée, et induire des tumeurs, bénignes ou malignes ?

C. Limites d'utilisation de l'hyperthermie moléculaire

1. Disponibilité des propriétaires

La première limite de l'utilisation de l'hyperthermie moléculaire consiste en la fréquence des séances. En effet, il est actuellement impossible et trop cher pour les propriétaires d'hospitaliser les animaux au sein de l'ENVA pour faire des séances d'hyperthermie.

Dans le protocole idéal, les séances sont espacées de 48 h, ce qui correspond pour 6 séances à 3 séances par semaine pendant 2 semaines. Certains propriétaires ont pu se plier à ce protocole, ou à défaut réaliser 6 séances en 3 semaines.

Néanmoins, il n'a pas été prouvé lors de cette étude que les animaux ayant une fréquence de traitement élevée avaient de meilleurs résultats.
Les figures 23 et 24 présentent sur l'ensemble des cas, le pourcentage de séances qui a pu être fait à J 14 et à J21 par rapport au total des séances.

Figure 23 : Proportion moyenne des séances réalisées à J14

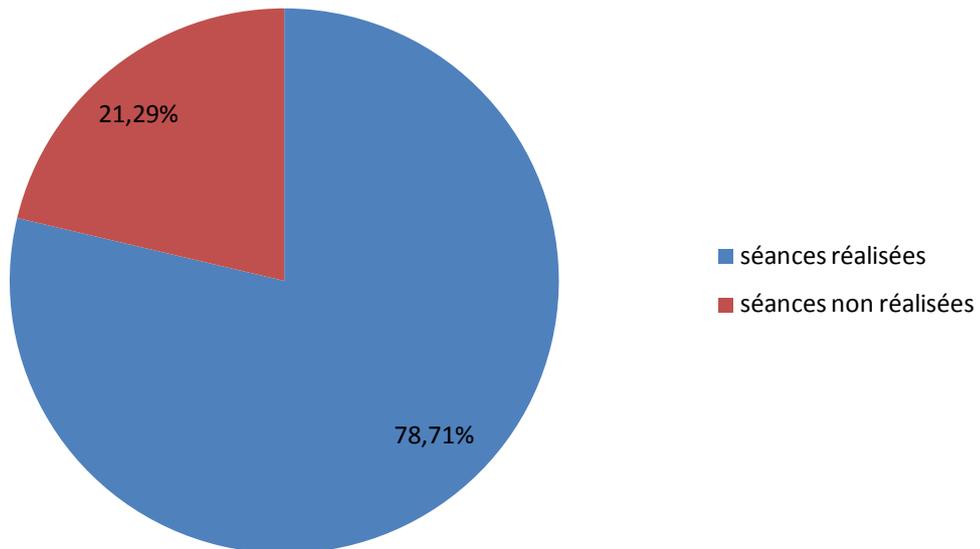
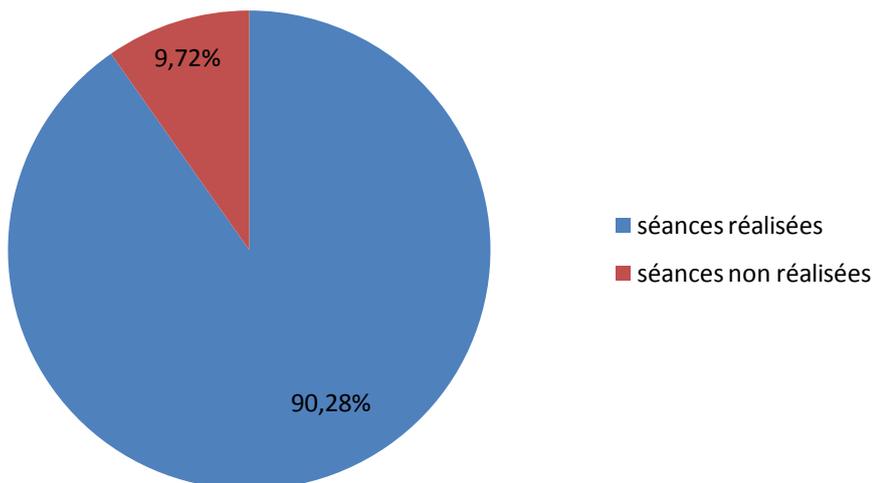


Figure 24 : Proportion moyenne des séances réalisées à J21



Ainsi 79 % des séances a pu être réalisé en deux semaines, et 90% en 3 semaines. Dans les autres cas, les séances ont été relativement espacées.

2. Durée globale de la séance

Une séance d'hyperthermie pour le traitement d'arthrose des hanches peut durer entre 30 et 45 minutes. Lorsque d'autres techniques de rééducation fonctionnelle sont employées en complément, la séance peut atteindre une heure, ce qui est excessif.

3. Calme du chien

Pour toute séance d'hyperthermie, la durée d'application de la plaque va varier de 10 minutes (au minimum) à 20 minutes la plupart des cas. Ceci implique donc de traiter des chiens capables de rester relativement immobiles pendant toute la durée de la séance. D'autant plus que lors du traitement de l'arthrose des hanches, le temps est doublé, et les séances peuvent durer de 30 à 45 minutes. Certains chiens restent très calmes, mais pour d'autres, plusieurs séances sont nécessaires avant qu'il ne s'habitue à ce traitement et tolère d'être contraint à rester coucher. Cela est un frein à l'utilisation de cette thérapeutique, le propriétaire acceptant mal de devoir contraindre son animal à subir un traitement pendant vingt à quarante minutes. De plus, si le chien bouge beaucoup, l'application du guide d'onde est mal réalisée, et le traitement est par conséquent moins efficace.

Toutes ces limites ne sont pas prises en compte aux Etats-Unis, où la plupart des chiens sont tranquilisés lors du traitement, et hospitalisés pendant la durée du traitement. Cependant, il nous paraît inenvisageable et difficile de proposer aux propriétaires de tranquilliser de manière plus ou moins forte un chien pour une séance de rééducation fonctionnelle, et parfois plusieurs fois par semaine. De plus, cela impliquerait aussi en fin de séance toute une gestion du réveil et de l'hospitalisation qui est actuellement impossible au sein du service de l'UMES – Rééducation Fonctionnelle.

CONCLUSION

L'hyperthermie moléculaire se présente donc comme une nouvelle option thérapeutique dans le domaine de la rééducation fonctionnelle. Bien que son utilisation soit plus courante aux Etats-Unis, il s'agit dans cette thèse de sa première utilisation chez l'animal en France.

L'utilisation de l'hyperthermie dans le domaine de la rééducation fonctionnelle s'avère être donc au vu des premiers résultats tout à fait intéressante. Le traitement de la douleur dans le cas de l'arthrose est celui qui a été le plus documenté, et l'hyperthermie semble une thérapeutique adaptée au traitement de l'arthrose. Quant aux ruptures musculaires et tendineuses, le traitement par hyperthermie semble intéressant, mais peu de cas ont été traités. En ce qui concerne les traitements d'arthrose du coude, du genou, des RLCA ou des exérèses tête col du fémur, certains résultats semblent encourageants, mais des études complémentaires doivent être réalisées.

L'utilisation de l'hyperthermie moléculaire chez le chien de sport est à développer. En effet, c'est sur les traumatismes musculotendineux que les meilleurs résultats sont obtenus. Son utilisation reste à tester après des contractures, ou lors de la préparation à l'effort

Certaines limites sont déjà apparues lors de cette étude : ce type de thérapeutique nécessite beaucoup de temps, et donc un propriétaire disponible, et un chien suffisamment calme pour accepter le traitement.

Outre le domaine de la rééducation fonctionnelle, l'hyperthermie moléculaire est un outil thérapeutique qui peut être utilisé dans de très nombreux domaines, comme la cancérologie et l'ophtalmologie.

L'hyperthermie moléculaire est donc une thérapeutique nouvelle et prometteuse. Nous avons vu ici son intérêt en rééducation fonctionnelle. Il ne faut pas oublier néanmoins son efficacité en tant que thérapeutique adjuvante à la chimiothérapie dans la lutte contre de nombreux cancers. La recherche doit être poursuivie, pour élucider complètement tous les mécanismes d'actions, ainsi que tous les usages possibles de ce nouvel outil thérapeutique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Andres BM, Murrell GA Treatment of tendinopathy. *Clin. Orthop. Relat Res.*, 2008, **466**, 1539-1554.
2. Bécamel C. *La douleur Régulation de la nociception*. Montpellier : Institut de Génomique Fonctionnelle, 2010.
3. Boisaubert B. Cicatrisation des lésions musculaires *La lettre, Médecine Physique et de Réadaptation*, 1995, Association Nationale des Médecins Spécialistes de Rééducation.
4. Brugère H. *Physiologie des systèmes intégrateurs - Système nerveux.(Fascicule 1)* Polycopié.: Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Physiologie, 2000, 128p.
5. Buzzard BM., Pratt RK., Briggs PJ., Siddique MS., Tasker A., Robinson S Is pulsed shortwave diathermy better than ice therapy for reduction of oedema following calcaneal fracture ? *Physiotherapy*, 2003., **89**,12, 734-742
6. Callaghan MJ., Whittaker PE., Grimes S., Smith L. Evaluation par la syntigraphie aux leucocytes marquée de l'efficacité des ondes courtes pulsées dans le traitement de l'arthrose du genou : étude randomisé, en double insu *Revue du rhumatisme*, 2005, **72**, 231-237
7. Cheung A.Y. , Neyzari A., Deep local hyperthermia for cancer therapy : external electromagnetic and ultrasound techniques *Cancer research*, 1984, **44**, 4736s-4744s
8. Draper DO., Miner L., Knight LK., Ricard MD. The carry-over effects of diathermy and stretching in developing hamstring flexibility , *Journal of Athletic training.*, 2002, **37**,37-42
9. Finger PT., Perry HD., Shakin JL., Bisciotti DR., Nattis RJ. Microwave cyclodestruction : evaluation on human eyes *Br. J. of Ophthalmology*,1995, **79**, 678-682
10. Fouriez-Lablée V. *Les affections musculaires chez le chien de sport*, : Thèse Méd. Vét., Alfort, 2004, n°48, 73p
11. Garrett CL., Draper DO., Knight KL. Heat Distribution in the Lower Leg from Pulsed Short Wave Diathermy and Ultrasound Treatment *Journal of Athletic Training*, 2000, **35**, 50-55
12. Giombini A., Giovannini V., Di Cesare A., Pacetti P., Ichinoseki-Sekine N., Shiraishi M., et al Hyperthermia induced by microwave diathermy in the management of muscle and tendon injuries ,*British Medical Bulletin*, 2007, **83**, 379-396
13. Goats CG Continuous short wave (radio-fréquence) diathermy *Br.J.Sp.Med*, 1989, **23**, 2, 123-127
14. Goats GC. Microwave diathermy *BR.J.Sp.Med*, 1990, **24**,4,212-218
15. Goats GC. Pulsed electromagnetic (short wave) energy therapy *Br. J. Sp. Med.*,1989, **23**, 4, 213-216
16. Gong Y. , Wang G. ,Superficial tumor hyperthermia with flat left handed metamaterial lens *Progress In Electromagnetics Research.*,2009. **98.**, 389-405
17. Haure D. *L'hyperthermie locale modérée provoquée : bases biologiques, technologiques et procédurales pour une application rationnelle en thérapeutique anticancéreuse*, Thèse Méd. Vét., Toulouse, 1998, n°98, 461p.
18. Hecht E., T. Becherrawy,J. Martin *Physique* , Bruxelles : De Boeck université, 1999. 1304p.
19. INRS *Les champs électromagnétiques* [Enline]. - (modifié le 16 Avril 2009) [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/Dossier%20Champs%20Electromagnetiques/\\$File/print.html#savoirplus](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/Dossier%20Champs%20Electromagnetiques/$File/print.html#savoirplus).

20. Lassalle J.L. *L'hyperthermie en thérapeutique anticancéreuse* Thèse Méd. Vét., Toulouse, 1995, n°52, 127p.
21. Lehmann JF, Dundore DE, Esselmann PC Microwave diathermy : effects on a experimental muscle hematoma resolution *Arch Phys Med Rehabil*, 1983,**64**, 127-129
22. Leung M., Cheing G. Effects of deep and superficial heating in the management of frozen shoulder *J. Rehabil. Med*, 2008, **40**, 145-146
23. Ma Y., Li J., Liu Y. Short wave diathermy for small spontaneous pneumothorax *Thorax*, 1997, **52**, 561-562
24. Marks R., Ghassemi M., Duarte R., Ven Nguyen JP. A review of the litterature on shortwave diathermy as applied on osteo-arthritis of the knee *Physiotherapy*, 1999.**85**, 304-316
25. Menard J. *Rééducation fonctionnelle et analgésie chez le chien après une chirurgie orthopédique* , Thèse Méd. Vet., Alfort, 2006. - n°90, 229p.
26. Monfleur A. *Elaboration d'une grille multiparamétrique de la douleur articulaire chronique chez le chien*, Thèse Méd. Vét., Nantes, 2009, n°84. 189p
27. Nitz AJ. Physical therapy management of the shoulder *Physical therapy*,1986, **66**, 1912-1919
28. Overgaard J. Simultaneous and sequential hyperthermia and radiation treatment of an experimental tumor and its surrounding normal tissue *Int J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*6, 1980, **15** , 07-17.
29. Peres SE., Draper DO., Knight KL., Ricard MDI Pulsed shortwave diathermy and prolonged long duration stretching increase dorsiflection range of motion more than identical stretching without diathermy *Journal of athletic training*, 2002, **37** , 43-50
30. Puddu G., Giombini A., Selvanetti A. *Rehabilitation of Sports Injuries: Current Concepts*, 1st ed. ; Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K, 2001, 240p
31. Rivière S. *La physiothérapie chez les carnivores domestiques : étude bibliographique et élaboration de protocoles de rééducation fonctionnelle.*, Thèse Méd. Vét. , Alfort, 2002, n°112, 195p.
32. Sahin F. ,Yilmaz F., Kotevoglou N., Kuran B. The efficacy of physical therapy and physical therapy plus calcitonin in the treatment of lumbar spinal stenosis. *Yonsei medecine journal*, 2009, **50**, 683-688
33. Shields N., O'Hare N., Gormley J. Contra-indications to shortwave diathermy : survey of Irish physiotherapists *Physiotherapy*, 2004, **90**, 42–53
34. Siauve N. *Modélisation par des éléments finis des phénomènes électromagnétiques en hyperthermie et optimisation des applicateurs*, Thèse doctorale, Ecole centrale de Lyon, 2002, n°32, 123p.
35. Steeve RA. Hyperthermia in cancer therapy : where are we today and were are we going? *Bull. N.Y. Acad. Med*, 1992, **68**, 2, 341-350
36. Sweetman BJ., Heinrich I., Anderson JAD. A randomized controlled trial of exercice, short wave diathermie, and traction for low back pain, with evidence of diagnosis-related response to treatment. *Journal of Orthopedic rheumatology*, 1993, **6**, 159-166
37. Tangner C. H. Physical therapy in small animal patients : basic principles and applications *Compend. Cont. Educ. Pract. Vet.*, 1984, **6**, 933-936
38. Vezzosi C. *Utilisation de l'hyperthermie en cancerologie vétérinaire - revue bibliographique-*, Thèse Méd. Vét., Toulouse, 1997, n°52, 104p.
39. Withrow S.J. ,Vail D.M. *Small animal clinical oncology* . 4th ed., Saunders, 2006., 737p.

INTÉRÊTS ET UTILISATION PRATIQUE DE L'HYPERTHERMIE MOLÉCULAIRE À MICRO-ONDES EN RÉÉDUCATION FONCTIONNELLE CHEZ LE CHIEN

NOM et Prénom : PETIT Marie - Claire

Résumé

Dans un premier temps, l'auteur revient sur les différentes méthodes de thermothérapie, le fonctionnement d'un appareil d'hyperthermie moléculaire à micro-ondes, ainsi que sur les effets décrits dans la littérature des micro-ondes, en tant qu'agents thérapeutiques utilisés en rééducation fonctionnelle. Dans un second volet, une étude sur 32 chiens présentés à l'UMES est décrite. L'équipement d'hyperthermie moléculaire utilisé est un appareil ALgitherm MHT-System, produit par la société Biothermatics et délivrant des micro-ondes de 434 MHz. Parmi les 32 chiens traités, 23 présentent de l'arthrose, 5 des affections musculo-tendineuses, et 4 sont présentés en post opératoire. Le protocole suivi est de 6 séances réparties sur 2 à 3 semaines. Les résultats dans le traitement de l'arthrose des hanches et des affections musculo-tendineuses semblent intéressants. Un des chiens traité pour une rupture musculaire a développé sur le site du traitement un hémangiopéricytome, sans qu'un lien avec le traitement ne puisse toutefois être clairement mis en évidence.

Mots clés : REEDUCATION FONCTIONNELLE, HYPERTHERMIE MOLECULAIRE, MICRO-ONDES, CARNIVORE, CHIEN.

Jury :

Président : Pr.

Directeur : Pr. D. GRANDJEAN

Assesseur : Pr. P. MOISSONNIER

MICROWAVE HYPERTHERMIA NEED AND PRACTICAL USE IN DOG'S FUNCTIONAL REHABILITATION

SURNAME : PETIT

Given name : Marie-Claire

Summary :

Firstly, different kind of thermotherapy have been studied. The microwave diathermy machine and the effect of microwave has been described. The microwaves effects as a medicin way for functional rehabilitation comming from litterature has been compiled. Secondly, a study about 32 dogs brought to U.M.E.S. is described. Hyperthermy machine is a ALgitherm MHT-System, produced by Biothermatics. It delivers waves at 434 MHz. Among the 32 treated dogs, 23 suffer from osteoarthritis, 5 put up with muscular or tendinous disease, and 4 were treated after a surgery. The therapeutic scheme consists in 6 sessions, within 2 or 3 weeks. It seems that for osteoarthritis, and muscular or tendinous disease results are pretty good. One of the subjects which put up with muscular tear, developed an hemagiopericytoma, but no direct link between the treatment and the tumor has been clearly established.

Keywords : FUNCTIONAL REHABILITATION, MICROWAVE DIATHERMY, SMALL ANIMAL, DOG.

Jury :

President : Pr.

Director : Pr. D. GRANDJEAN

Assessor : Pr. P. MOISSONNIER